



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E GEOQUÍMICA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 583

**TAXONOMIA DE BRACHIOPODA (FAMÍLIA DISCINIDAE
GRAY, 1840) DA FORMAÇÃO MANACAPURU (SILURO-
DEVONIANO), BACIA DO AMAZONAS, SUDOESTE DO
PARÁ**

Dissertação apresentada por:

LUIZ FELIPE AQUINO CORRÊA

Orientador: Prof.^a Dr.^a Maria Inês Feijó Ramos (MPEG)

**BELÉM
2020**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecido pelo autor**

C824T Corrêa, Luiz Felipe Aquino
Taxonomia de brachiopoda (Família Discinidae Gray, 1840) da
Formação Manacapuru (Siluro-Devoniano), Bacia do Amazonas,
sudoeste do Pará / Luiz Felipe Aquino Corrêa. — 2020.
xiv, 108 f. : il. color.

Orientador (a): Prof^a. Dra. Maria Inês Feijó Ramos
Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geologia
e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará,
Belém, 2020.

1. Orbiculoidea. 2. Gigadiscina. 3. Lochkoviano. 4. Ambiente
marinho. 5. Gondwana. I. Título.

CDD 558.1



Universidade Federal do Pará
Instituto de Geociências
Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica

**TAXONOMIA DE BRACHIOPODA (FAMÍLIA DISCINIDAE
GRAY, 1840) DA FORMAÇÃO MANACAPURU (SILURO-
DEVONIANO), BACIA DO AMAZONAS, SUDOESTE DO
PARÁ**

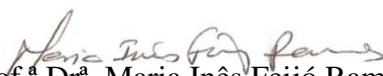
DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR:

LUIZ FELIPE AQUINO CORRÊA

**Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área de
GEOLOGIA, linha de pesquisa ANÁLISE DE BACIA SEDIMENTAR**

Data de Aprovação: 29 / 05 / 2020

Banca Examinadora:


Prof.^a Dr.^a. Maria Inês Feijó Ramos
Orientadora – MPEG


Prof.^a Dr.^a. Carolina Zabini
Membro – UNICAMP


Prof. Dr. Vladimir de Araújo Távora
Membro – UFPA

Dedico esse trabalho à minha mãe

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar queria agradecer à Deus por sempre me proteger.

À Universidade Federal do Pará (UFPA), ao Instituto de Geociências, ao Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, por toda a infraestrutura disponível e apoio de todos os seus colaboradores: professores, técnicos e alunos, em especial a Cleida.

Aos funcionários da biblioteca do Instituto de Geociências, com ênfase ao trabalho da Lucia Imbiriba, a qual me passou as devidas instruções para a finalização da formatação deste manuscrito.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

Ao Campus de Pesquisa do Museu Emílio Goeldi (MPEG), à Coordenação de Ciências da Terra e Ecologia (COCTE), por toda a infraestrutura e apoio de todos funcionários. Sou muito grato por terem me acolhido tão bem durante esses 2 anos.

À minha orientadora Prof^a Dr^a Maria Inês Feijó Ramos, pela oportunidade, confiança, paciência, ensinamentos, apoio e incentivo. Serei eternamente grato por tudo!

Aos amigos que ganhei ao ingressar no PPGG (“Alex”, Amanda, Bettina, Belinha, Claudia, João, Nayan e Renan). Ao meu amigo Sergio que me acompanha desde a graduação e ingressou nesse desafio que é a Pós-Graduação junto comigo. Aos amigos que o MPEG me presenteou (Adriana, Katiane, Lorena e Renato) obrigado por tudo. Á minha amiga Fabrícia a qual foi a pessoa que mais convivi durante esses dois anos, foram muitos momentos de aflição, medo, seguidos de alívio e felicidades, obrigado por me aturar. Aos meus amigos de longa data Bruno, Bianca, Dayane, Kassio, Laura, Paulo e Wesley.

À minha mãe (Liliam Corrêa) que apesar de todas as dificuldades sempre me apoiou e me incentivou, sem dúvida nenhuma, é minha principal professora, conselheira e amiga, a você dedico todas as minhas vitórias. Aos meus irmãos (Lucian Corrêa e Fernanda Corrêa) por sempre acreditarem em mim. As minhas avós Nair e Cléa, que desde quando eu nasci participam da minha educação e formação como pessoa. À minha namorada Raiana Grandal por todo amor, carinho, compreensão e motivação.

Ao meu pai Fernando Corrêa (*in memoriam*), meu principal exemplo de ser humano, meu herói preferido, minha inspiração e motivação diária.

A minha eterna gratidão a todos!

Se não puder voar, corra. Se não puder correr,
ande. Se não puder andar, rasteje, mas continue
em frente de qualquer jeito.

Martin Luther King Jr

RESUMO

Os discinídeos são braquiópodes inarticulados, formados por duas valvas de composição organofosfática, exclusivamente marinhos, que surgiram no Ordoviciano, e atualmente contam com quatro gêneros vivos. Na transição do Siluro-Devoniano ocorreram as grandes transgressões marinhas no noroeste de Gondwana, o que colaboraram para que os discinídeos fossem tão abundantes durante o Devoniano na América do Sul. Apesar dessa grande radiação durante o Devoniano, os registros deste grupo são raros e pouco estudados nas bacias do Amazonas e Parnaíba, apenas ocorrências são citadas sem nenhum detalhamento taxonômico em estratos da Formação Manacapuru (Siluro-Devoniano da Bacia do Amazonas), Formação Ererê (Meso-Devoniano da Bacia do Amazonas) e Formação Pimenteiras (Eifeliano-Frasniano da Bacia do Parnaíba). Em contrapartida, na Bacia do Paraná estes são facilmente encontrados nos depósitos devonianos, principalmente nas formações Ponta Grossa e São Domingos, cujos estudos encontram-se bem avançados. Desta forma, este trabalho, visa o estudo taxonômico dos braquiópodes (família Discinidae) da Formação Manacapuru, borda Sul da Bacia do Amazonas, coletados durante o “Programa de Salvamento do Patrimônio Paleontológico” da Usina Hidrelétrica de Belo Monte, no município de Vitória do Xingu-Pará. As amostras analisadas são provenientes de quatro pontos de coletas (C3P1, C9P1, C13P1 e C14P1), que compõem o perfil estratigráfico da área de estudo, formado da base para o topo, por um embasamento cristalino seguido de uma camada de aproximadamente 0,5 metros de arenito maciço de granulometria fina, intercalado por lentes de argila, onde os discinídeos ocorrem somente nas porções de arenito; acima, uma camada de arenito de granulometria fina com uma laminação incipiente com discinídeos dispostos em quase toda a camada; por fim, um pacote de siltito laminado com aproximadamente 2,1 metros, onde os discinídeos estão concentrados na base, sempre associados a Rhynchonelliformes; no topo da camada ocorrem os lingulídeos de forma isolada. Foram analisadas um total de 272 amostras de Braquiópodes, sendo 205 de Discinidae, 57 Rhynchonelliformes e 10 Lingulídeos. O foco da pesquisa foram os braquiópodes Linguliformes, pertencentes à família Discinidae. Os estudos taxonômicos realizados nas 205 amostras de discinídeos proporcionaram o reconhecimento três espécies de *Orbiculoidea* d’Orbigny, 1847, sendo *O. baini* Sharpe, 1856, (10 espécimes), *O. bodenbenderi* Clarke, 1913 (5 espécimes) e *O. excentrica* Lange, 1943 (34 espécimes); além disto, *O. sp. 1* (18 espécimes) e *O. sp. 2* (19 espécimes) foram preliminarmente identificados como pertencentes ao gênero, sendo mantidos em nomenclatura aberta; outras 99 amostras de *Orbiculoidea* ficaram com classificação em

aberto devido à má preservação das mesmas. Os espécimes referentes ao gênero *Gigadiscina* Mergl & Massa, 2005 (20 espécimes) também ficaram com nomenclatura em aberto. Apesar do gênero *Orbiculoidea* já ter sido mencionado na literatura em camadas da Formação Manacapuru, estes são os primeiros registros das espécies *O. baini*, *O. bodenbenderi*, *O. excentrica* e do gênero *Gigadiscina* para a referida unidade, sendo também as primeiras ocorrências para o Norte do Brasil. O fato da associação de discinídeos estudada no presente trabalho (*Gigadiscina?* sp., *O. baini*, *O. bodenbenderi*, *O. excentrica*, *O. sp. 1* e *O. sp. 2*) ser mais antiga (Lochkoviano) que os demais registros na América do Sul (e.g. Bacia do Paraná / Praguiano-Givetiano; Sub-bacia Alto das Garças / Givetiano; Bacia de Parecis / Praguiano; Bacia Chacoparanense / Praguiano; Pré-Cordilheira argentina / Praguiano) pode ser explicado por dois principais motivos: os principais blocos continentais (Laurásia e Gondwana) estavam aparentemente próximos o suficiente para permitir que as larvas cosmopolitas de invertebrados (e.g. *Orbiculoidea*) cruzassem os oceanos mais facilmente, assim, durante o Eodevoniano a Bacia do Amazonas estava mais próxima de Laurásia, o que facilitaria que esses organismos se instalassem primeiramente na referida bacia; o outro fato, é que o nível global do mar eustático aumentou durante o Eodevoniano, levando as grandes transgressões, que alcançaram boa parte de Gondwana, desta forma, proporcionando o surgimento os mares rasos, no noroeste de Gondwana, condição ambiental favorável para a colonização dos braquiópodes inarticulados, os quais são representados pelos discinídeos aqui identificados nos sedimentos marinhos da porção superior da Formação Manacapuru na Bacia do Amazonas. O gênero *Orbiculoidea* tem como habitat dominante ambientes marinhos costeiros rasos; tal afirmativa é sustentada, dadas devidas proporções, por conta da distribuição de discinídeos atuais em quase sua totalidade ocorrerem em profundidades menores que 30 metros; 92,7% dos registrosossilíferos de *Orbiculoidea* estão atrelados a condições marinhas rasas. Portanto, a presença de *O. baini*, *O. bodenbenderi*, *O. excentrica*, e *Gigadiscina?* sp. em estratos da Formação Manacapuru sugerem um ambiente marinho raso, corroborando com o que já é proposto para a porção superior da referida formação.

Palavras-chave: *Orbiculoidea*. *Gigadiscina*. Lochkoviano. Ambiente marinho. Gondwana.

ABSTRACT

Discinoids are inarticulate brachiopod exclusively marine with two organophosphate valves that arise during Ordovician and can be divided into four living genera. The remarkable marine transgressions at northwest Gondwana during Silurian-Devonian transition collaborated to make discinoids so abundant in South America during Devonian. Despite this big radiation during Devonian, rare records of this group are studied in Amazon and Parnaíba basins. In layers of Manacapuru Formation (Amazon Basin Siluro-Devonian), Ererê Formation (Amazon Basin Meso-Devonian) and Pimenteiras Formation (Parnaíba Basin Eifelian-Frasnian) there are occurrences with no taxonomic detailing. On the other hand, discinoids are easily found in Devonian deposits of Paraná Basin, especially in Ponta Grossa and São Domingos formations, as pointed by well advanced studies. This work aims the taxonomic study of brachiopods (Family Discinidae) of Manacapuru Formation, at the south border of the Amazon Basin, collected during “Paleontological Patrimony Rescue Program” of Belo Monte Hydroelectric Plant, at Vitória do Xingu city, Pará state. Four sampling points (C3P1, C9P1, C13P1 e C14P1) compose the stratigraphic profile of the study area, that consists, from bottom to top, of crystalline basement followed by a nearly 0.5 meters layer of massive fine grained sandstone, interlayered with clay lenses, but discinoids occur only in sandstone portions. Above that, a fine-grained sandstone layer display incipient lamination with disseminated discinoids. Finally, there is a nearly 2.1 meters layer of laminated siltstones where discinoids are concentrated at the bottom, associated with Rhynchonelliformeas; at the top of the layer, isolated lingulids occur. 272 brachiopods samples were analyzed: 205 Discinidae, 57 Rhynchonelliformea and 10 Lingulids. The focus of this research lies in Linguliformeas brachiopods that belongs to Family Discinidae. Taxonomic studies in 205 discinoids samples pointed to three species of *Orbiculoidea* d’Orbigny, 1847: *O. baini* Sharpe, 1856, (10 specimens), *O. bodenbenderi* Clarke, 1913 (5 specimens) and *O. excentrica* Lange, 1943 (34 specimens). In addition, *O. sp. 1* (18 specimens) and *O. sp. 2* (19 specimens) were preliminarily identified as *Orbiculoidea*, but the nomenclature was kept open; another 99 *Orbiculoidea* samples classification remained undefined due to poorly preserved samples. 20 specimens of *Gigadiscina* Mergl & Massa, 2005 also remained with open classification. Although some papers mention *Orbiculoidea* genera in Manacapuru Formation, this is the first record of *O. baini*, *O. bodenbenderi*, *O. excentrica* and *Gigadiscina* genera in this formation, as well as the first documented occurrences of these species and genera in North of Brazil. The discinoids association studied in this paper (*Gigadiscina?* sp., *O. baini*, *O.*

bodenbenderi, *O. excentrica*, *O. sp. 1* and *O. sp. 2*) is the oldest (Lochkovian) record in South America (e.g. Paraná Basin / Pragian-Givetian; Alto das Garças sub-Basin / Givetian; Parecis Basin / Pragian; Chacoparanense Basin / Pragian; Pre-Argentinian Range / Pragian) and this can be explained by two main reasons: Laurasia and Gondwana (the main continental blocks) were apparently close enough to allow the cosmopolite invertebrate larvae (e.g. *Orbiculoidea*) to cross the oceans more easily. So, Amazon Basin was closer to Laurasia during Eodevonian, what made easier for these organisms to firstly accommodate in this basin. The other reason is that the global eustatic sea level increased during Eodevonian, leading to the great marine transgressions that reached many portions of Gondwana, favoring the emergence of shallow seas at northwest Gondwana, which is a favorable environmental condition for inarticulate brachiopods colonization, represented by the discinoids in marine sediments of Manacapuru Formation described in this paper. Shallow marine coast environments are the main habitat of *Orbiculoidea* genera. This affirmation relies, in a certain proportion, in the current distribution of discinoids in less than 30 meters depths: 92,7% of *Orbiculoidea* fossil records are associated to shallow marine conditions. Therefore, the presence of *O. baini*, *O. bodenbenderi*, *O. excentrica*, and *Gigadiscina?* sp. in Manacapuru Formation layers suggest a shallow marine environment, in agreement with what is already proposed for the upper portion of this formation.

Keywords: *Orbiculoidea*. *Gigadiscina*. Lochkovian. Marine environment. Gondwana.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Mapa de localização e acesso da área estudada.....	4
Figura 2- Localização da Bacia sedimentar do Amazonas. Fonte: Cunha (2000).	5
Figura 3- Carta estratigráfica da Bacia do Amazonas, recortada o intervalo entre Pré-Cambriano ao Paleozóico. Fonte: Modificado de Cunha <i>et al.</i> (2007).	8
Figura 4- A) Morfologia interna; B) Pedículo simulando fixação no substrato; C) Morfologia das valvas. Fonte: Modificado Clarkson (1992).....	9
Figura 5- A), B) e C) formatos das conchas levando em consideração o posicionamento do protegulum. D) Características morfológicas da concha. Fonte: A), B) e C) Adaptado de Williams & Rowell 1965; D) Autor.	11
Figura 6- Sistema muscular discinídeos. Fonte: Adaptado de Williams & Rowell (1965).....	13
Figura 7- Formato da concha e sua relação de fixação com o substrato. Fonte: Mergl (2001)	15
Figura 8- Fluxograma simplificando as etapas metodológicas para o desenvolvimento do trabalho. Fonte: Autor.....	26
Figura 9- Medidas mensuradas das valvas, largura e comprimento. Fonte: Autor.	28
Figura 10- Representação quantitativa e qualitativa dos braquiópodes identificados nas amostras analisadas.....	29
Figura 11- Perfil estratigráfico composto dos pontos de coleta C3P1, C9P1, C13P1 e C14P1.	31
Figura 12- A – D: <i>Gigadiscina?</i> sp. - A) MPEG-C14P1-5.9B (valva dorsal, molde externo), B) MPEG-C14P1-2.1B (valva dorsal, molde externo), C) MPEG-C14P1-8.8A (valva dorsal, molde externo) e D) MPEG-C13P1-3.5 (valva ventral, molde interno); E – H: <i>Orbiculoidea baini</i> - E) MPEG-C14P1-5.13B (valva ventral, molde interno), F) MPEG-C14P1-5.7 (valva ventral, molde interno), G) MPEG-C14P1-5.8B (valva ventral, molde interno) e H) MPEG-C14P1-5.20A (valva ventral, molde interno); I – J: <i>Orbiculoidea bodenbenderi</i> - I) MPEG-C14P1-6.26A (valva ventral, molde externo) e J) MPEG-C14P1-6.26B (valva ventral,	

contramolde de MPEG-C14P1-6.26A); **K – O: *Orbiculoidea excentrica*** - K) MPEG-C9P1-4A (valva dorsal, molde externo), L) MPEG-C9P1-4B (valva dorsal, contramolde de MPEG-C9P1-4A) M) MPEG-C3P1-1.204 (valva dorsal, molde interno), N) MPEG-C13P1-3.10B (valva dorsal, molde interno) e O) MPEG-C14P1-6.13 (valva ventral, molde interno). Escala: 2 mm.41

Figura 13- **A – D: *Orbiculoidea sp. 1*** - A) MPEG-C14P1-4.3B (valva dorsal, molde interno), B) MPEG-C14P1-11.2 (valva ventral, molde interno), C) MPEG-C14P1-15 (valva ventral, molde externo) e D) MPEG-C14P1-14B (valva dorsal, molde externo); **E – I: *Orbiculoidea sp. 2*** - E) MPEG-C3P1-1.32B (valva dorsal, molde interno), F) MPEG-C13P1-3.12A (valva dorsal, molde interno), G) MPEG-C13P1-1.22A (valva dorsal, molde interno) e H) MPEG-C13P1-1.9A (valva ventral, molde interno), e I) MPEG-C13P1-3.7A (valva ventral, molde interno). Escala: 2 mm..45

Figura 14- Perfil estratigráfico composto dos pontos de coleta (C3P1, C9P1, C13P1 e C14P1), individualizado em três intervalos, levando em consideração as características litológicas e a distribuição da fauna identificada.....48

Figura 15- *O. excentrica* associado as grandes quantidades de valvas de rhynchonelliformes em níveis de siltitos da base do intervalo III.50

Figura 16- Distribuição geográfica de *O. baini*, *O. bodenbenderi* e *O. excentrica* e do gênero *Gigadiscina* Fonte: Autor52

Figura 17- A) Arranjo paleogeográfico de Gondwana 445 Ma. I) Bacia do Amazonas; II) Bacia do Parnaíba; III) Bacia do Paraná. B) Distribuição do gênero *Orbiculoidea* durante o Siluriano (430 Ma); os números e círculos pretos representam a quantidade de ocorrências. Fonte: A) Modificado de Torsvik & Cocks (2013); B) Modificado de Zhang *et al.* (2018).54

Figura 18- A) Arranjo paleogeográfico de Gondwana 400 Ma. I) Bacia do Amazonas; II) Bacia do Parnaíba; III) Bacia do Paraná. B) Distribuição do gênero *Orbiculoidea* durante o Devoniano Inferior (400 Ma); os números e círculos pretos representam a quantidade de ocorrências. Fonte: A) Modificado de Torsvik & Cocks (2013); B) Modificado de Zhang *et al.* (2018).55

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	iv
AGRADECIMENTOS	v
EPÍGRAFRE	vi
RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	xi
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 APRESENTAÇÃO.....	1
1.2 OBJETIVOS.....	3
2 ÁREA DE ESTUDO	4
2.1 GEOLOGIA REGIONAL	4
2.1.1 Sequência Ordovício-Devoniana	5
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
3.1 PHYLUM BRACHIOPODA	9
3.1.1 Inarticulados	10
3.2 INFERÊNCIAS PALEOECOLÓGICAS	14
3.3 BRAQUIOPÓDES NO PALEOZOICO DA BACIA DO AMAZONAS.....	17
3.4 BRAQUIOPÓDES NO PALEOZOICO DA BACIA DO PARANÁ.....	19
3.5 BRAQUIOPÓDES NO PALEOZOICO DA BACIA DO PARNAÍBA.....	23
4 MATERIAIS E MÉTODOS	26
4.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	27
4.2 TRIAGEM DO MATERIAL.....	27
4.4 INTERPRETAÇÕES DOS DADOS.....	28
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	29
5.1 SISTEMÁTICA PALEONTOLÓGICA	31
5.2 ASPECTOS PALEOECOLÓGICOS	45
5.3 DISTRIBUIÇÃO ESTRATIGRÁFICA E PALEOBIOGEOGRÁFICA	50
6 CONCLUSÕES	57

REFERÊNCIAS	59
APÊNDICE A - MEDIDAS DE COMPRIMENTO E LARGURA DOS ESPÉCIMES ENCONTRADOS NO INTERVALO I.....	70
APÊNDICE B - MEDIDAS DE COMPRIMENTO E LARGURA DOS ESPÉCIMES ENCONTRADOS NO INTERVALO II.	71
APÊNDICE C - MEDIDAS DE COMPRIMENTO E LARGURA DOS ESPÉCIMES ENCONTRADOS NO INTERVALO III.	72
APÊNDICE D – ARTIGO - DISCINOIDS FROM THE MANACAPURU FORMATION (SILURO-DEVONIAN), SOUTH BORDER OF AMAZON BASIN, BRAZIL.	73

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

Os discinídeos são braquiópodes inarticulados, formados por duas valvas de composição organofosfática, exclusivamente marinhos, que surgiram no Ordoviciano, e atualmente contam com quatro gêneros vivos (Emig 1997, Williams & Rowell 1965). Durante o Ordoviciano ocorreram mudanças na configuração das massas continentais (Gondwana estava centrado sobre o Polo Sul) e alteração nas condições climáticas, de tal forma, colaborando para a Glaciação Hirnantiana (Ordovício-Siluriano) que persistiu por quase 35 milhões de anos (Finnegan *et al.* 2011); as condições climáticas foram bastante severas em Gondwana, com a persistência de apenas alguns discinídeos, como é o caso de *Kosoidea australis*, das formações Iapó e Vila Maria (Bacia do Paraná), registrado por Zabini *et al.* (2019). No decorrer do Siluriano houveram derretimentos de parte das calotas polares do Norte da África e na América do Sul, resultando em transgressões marinhas que alcançaram grande parte do território do supercontinente Gondwana (Caputo 1984, Caputo & Crowell 1985, Carozzi *et al.* 1973, Cunha *et al.* 1994, Grahn & Caputo 1992, Ludiwg 1964); desta forma surgiram os mares rasos, durante a transição do Siluro-Devoniano, no noroeste de Gondwana (Bolívia, Brasil, Ilhas Malvinas, África do Sul e Austrália) com temperaturas amenas; tais condições foram fundamentais para que os braquiópodes fossem abundantes durante o Devoniano.

Apesar dessa grande radiação durante o Devoniano, os registros deste grupo são raros e pouco estudados nas bacias do Amazonas e Parnaíba; Granh & Melo (1990) e Wanderley Filho *et al.* (2005) citam a presença de discinídeos em estratos da Formação Manacapuru (Pridoli-Lochkoviano) sem nenhum detalhamento taxonômico. Fonseca & Ponciano (2011) chamam atenção para a grande concentração de braquiópodes referentes a estratos das formações Maecuru (Neo-Emsiano / Eo-Eifeliana) e Ererê (Neo-Eifeliana / Eo-Givetiana), sendo que os braquiópodes inarticulados (no caso discinídeos e lingulídeos), registrados apenas nas camadas da Formação Ererê, ficaram com sua classificação em aberto. Na Bacia do Parnaíba, Ponciano *et al.* (2012) relatam de forma breve a presença de *Orbiculoidea* sp. e lingulídeos em camadas da Formação Pimenteiras.

Em contrapartida, na Bacia do Paraná estes são facilmente encontrados nos depósitos marinhos devonianos, principalmente nas formações Ponta Grossa e São Domingos, onde foram registrados, até o momento, cinco espécies: *Orbiculoidea baini* Sharpe, 1856, *Orbiculoidea bodenbenderi* Clarke, 1913, *Orbiculoidea excentrica* Lange, 1943, *Gigadiscina*

collis Clarke, 1913 e *Rugadiscina stagona* Comniskey & Bosetti, 2017 (Clarke 1913, Comniskey *et al.* 2016, Comniskey & Bosetti 2017, Lange 1943, Zabini *et al.* 2013). Os estudos da família Discinidae Gray, 1840 no Devoniano da Bacia do Paraná encontram-se bem avançados (Carbonaro *et al.* 2018, Comniskey 2011, Comniskey *et al.* 2016, Comniskey & Bosetti 2017, Zabini *et al.* 2013) e vem contribuindo principalmente no âmbito paleoecológico e paleobioestratigráfico através de análises taxonômicas e tafonômicas. A ausência de registros e pesquisas aprofundados de discinídeos nas demais bacias Paleozoicas do Brasil (Bacia do Amazonas e Bacia do Parnaíba) inviabilizam uma possível correlação dessa fauna que é bem definida na Bacia do Paraná, impossibilitando também, o entendimento evolutivo desses organismos durante o Devoniano no Brasil.

Recentemente, diversos fósseis foram recuperados durante o Programa de Salvamento do Patrimônio Paleontológico da Usina Hidrelétrica de Belo Monte, no município de Vitória do Xingu, estado do Pará, dentre estes os braquiópodes (articulados e inarticulados) em estratos da Formação Manacapuru, que encontram-se depositados no Acervo Paleontológico da Coordenação de Ciências da Terra e Ecologia do Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, Pará (Tomassi *et al.* 2015).

A Formação Manacapuru compreende o intervalo Siluro-Devoniano da Bacia do Amazonas e é constituída por arenitos de granulometria fina a média, pelitos neríticos e litorâneos, folhelhos e siltitos laminados depositados sob influência deltaica e marinho rasa (Carrozi *et al.* 1973, Cunha *et al.* 2007, Rocha *et al.* 2019, Souza & Nogueira 2009); é atribuída idade Pridoli para a porção inferior, e Lochkoviano para a porção superior, proposto por Grahn (2005) através de estudos palinológicos realizados na região de Belo Monte, município de Vitória do Xingu. O conteúdo fossilífero registrado nesta unidade abrange braquiópodes, conulárias, fragmentos de euripterídeos, icnofósseis, palinomorfos e peixes, (Grahn 2005, Grahn & Melo 1990, Grahn & Paris 1992, Janvier & Melo 1988, Lange 1967, Quadros 1985, , Rocha *et al.* 2019, Steemans *et al.* 2008, Wanderley Filho *et al.* 2005).

Apesar de já terem sido mencionadas ocorrências de braquiópodes inarticulados para a Formação Manacapuru (Grahn & Melo 1990, Wanderley Filho *et al.* 2005), são estudos sem nenhum aprofundamento, sendo assim, o desenvolvimento de pesquisas taxonômicas dos discinídeos desta unidade são importantes para o entendimento evolutivo do grupo durante o Siluro-Devoniano em Gondwana.

Desta forma, este trabalho, visa o estudo taxonômico dos braquiópodes da família Discinidae em estratos da Formação Manacapuru (município de Vitória do Xingu), borda Sul da Bacia do Amazonas, contribuindo com o conhecimento deste grupo, até então pouco

estudado, e conseqüentemente para os modelos paleoecológicos e para os padrões de distribuição estratigráfica e paleobiogeográfica relacionadas a evolução da configuração dos continentes e dos mares, permitindo, desta forma, maior correlação entre as bacias Paleozoicas brasileiras.

1.2 OBJETIVOS

Geral:

O estudo tem como objetivo realizar a identificação dos braquiópodes (Família Discinidae) da Formação Manacapuru, borda Sul da Bacia do Amazonas (Município de Vitória do Xingu-PA), visando contribuir com informações paleobiogeográficas e paleoecológicas.

Específicos:

- i. Identificar os gêneros e espécies de braquiópodes Discinidae da Formação Manacapuru, Bacia do Amazonas;
- ii. Realizar o levantamento da distribuição paleobiogeográfica e estratigráfica da fauna identificada;
- iii. Verificar a similaridade da fauna identificada com as demais bacias sedimentares Paleozoicas do Brasil;
- iv. Descrever e interpretar as interações paleoecológicas da fauna identificada e suas implicações.

2 ÁREA DE ESTUDO

A área estudada está situada sobre a região de influência da Usina Hidrelétrica de Belo Monte, nas proximidades da bacia do rio Xingu, município de Vitória do Xingu, Sudoeste do Estado do Pará, Norte do Brasil (Figura 1), à aproximadamente 62,5 Km, pela rodovia Br-230, do aeroporto de Altamira. É limitada pelo município de Porto de Moz ao Norte, a Leste por Anapu, ao Sul pela cidade de Senador José Porfírio e a Oeste pelo município de Altamira.

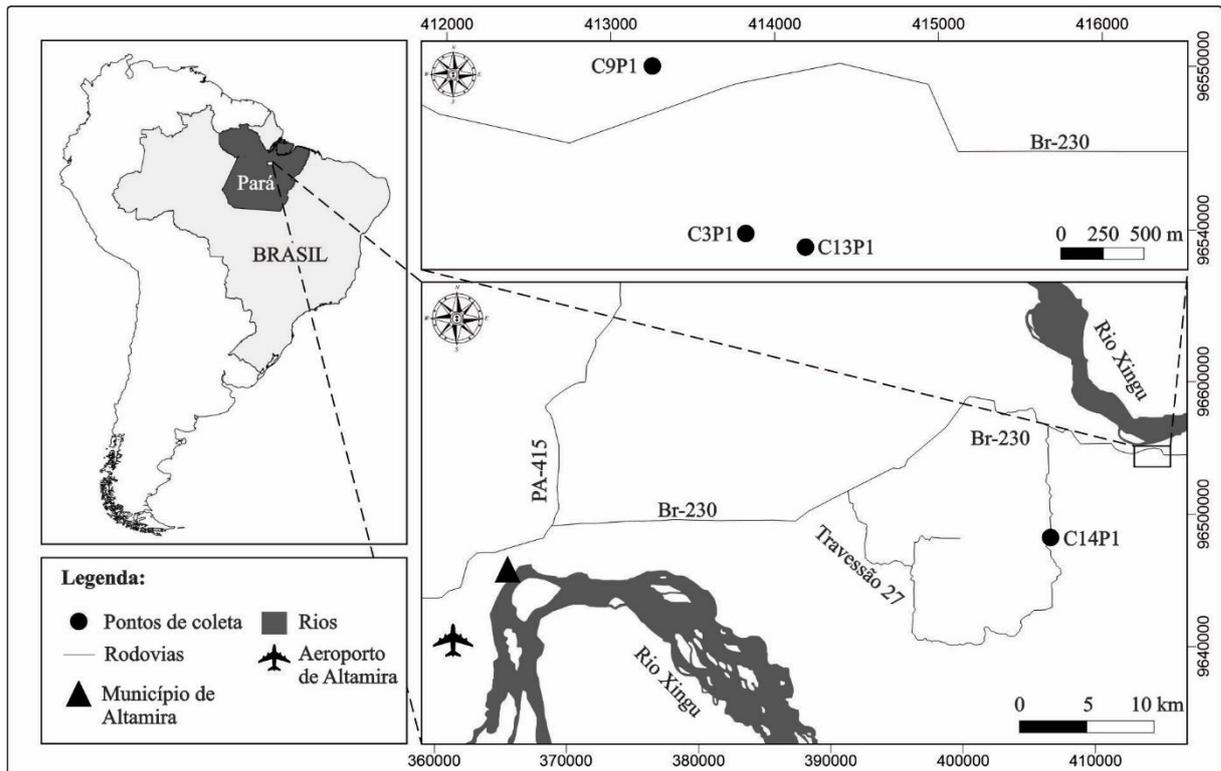


Figura 1- Mapa de localização e acesso da área estudada.

2.1 GEOLOGIA REGIONAL

A Bacia do Amazonas está separada das bacias do Solimões e do Marajó pelos arcos de Purus e Gurupá respectivamente, e localizada na plataforma sul-americana, ao norte do Brasil, abrangendo os Estados do Amapá, Amazonas e Pará (Figura 2), com uma área de cerca de 500.000 Km² (Cunha *et al.* 1994); é classificada como intracratônica do “Tipo I – Interior Simples” (Klemme 1980). Uma das explicações para sua origem é de que a mesma estaria associada à dispersão de esforços de direção Norte-Sul, referente ao processo de fechamento do Ciclo Brasileiro (Cunha *et al.* 2007). Posteriormente aos processos distensivos, ocorreu o resfriamento dos corpos magmáticos, dando início à subsidência térmica regional e surgimento de uma sinéclise intracontinental (Almeida 1967, Cunha *et al.* 2007), formando uma bacia de geometria alongada e de preenchimento predominante de

rochas siliciclásticas, essencialmente Paleozoicas, intrudidas no Mesozóico por diques e soleiras de diabásio, onde suas rochas podem atingir espessura máxima de 5.000 m (Caputo 1984).



Figura 2- Localização da Bacia sedimentar do Amazonas. Fonte: Cunha (2000).

A formação do seu embasamento sucedeu-se durante o Pré-Cambriano, relacionado principalmente a dois eventos: o primeiro, responsável pela ordenação dos terrenos granito-*greenstones* e dos cinturões de alto grau metamórfico; e o segundo, que ocasionou a formação de diversos baixios deposicionais, como o Gráben do Cachimbo (Cunha *et al.* 2007).

O acarbouço estratigráfico (Figura 3) é representado por duas megassequências de primeira ordem, uma Paleozoica e outra Meso-Cenozóica (Cunha *et al.* 2007, Matsuda *et al.* 2010). A megassequência Paleozoica é composta por rochas sedimentares oriundas de diversas naturezas e ligadas a grandes intrusões de diques e soleiras de diabásio, que é dividida em outras três sequências de segunda ordem, sendo elas, Sequência Ordovício-Devoniana, Sequência Devoniana-Tournasiana, e Sequência Pensilvaniano-Permiana, sendo todas são separadas por discontinuidades formadas por eventos tectônicos atuantes na borda oeste da placa Gondwânica (Cunha *et al.* 2007, Matsuda *et al.* 2010).

2.1.1 Sequência Ordovício-Devoniana

A sequência Ordovício-Devoniana é representada pelas rochas que compõem o Grupo Trombetas e registram a fase inicial de deposição na sinéclise intracontinental da Bacia do Amazonas com características de pulsações transgressiva-regressiva (T-R) (Cunha *et al.* 1994,

Ludwig 1964); possui sedimentação proveniente da alternância entre ambientes glaciais e marinhos, situados em *onlap* sobre o Arco de Purus na região mais oeste da bacia; o topo do grupo é marcado por uma intensa erosão resultante da Orogenia Famatiniana (Zalán 1991), ou Caledoniana, e vasto rebaixamento do nível do mar (Cunha 1994); já na porção a leste, a sedimentação ultrapassou o Arco de Gurupá (não existente nesse período) favorecendo a ligação com as bacias do noroeste da África (Cunha *et al.* 2007).

O Grupo Trombetas (Ludwig 1964) é composto pelas Formações Autás-Mirim, Nhamundá, Pitinga e Manacapuru (Cunha *et al.* 1994). Posteriormente, Cunha *et al.* (2007) propuseram a entrada de mais uma formação no Grupo Trombetas, a Formação Jatapu, antigo Membro Jatapu, pertencente à Formação Maecuru (Grupo Urupadi).

A Formação Autás-Mirim, situada na parte basal do Grupo Trombetas, é composta de arenitos intercalados por siltitos flúvio-estuarino que não afloram na bacia (Caputo 1984, Caputo *et al.* 1971). Através de quitinozoários foi proposto idade Ordoviciano superior para esta unidade (Daemon & Contreiras 1971); Grahn (2005) posicionou a formação no Neo-Ordoviciano (Caradoc? -Ashgill).

A Formação Nhamundá representa uma sequência transgressiva-regressiva (Caputo 1984, Cunha *et al.* 1994), composta por quartzo-arenitos, folhelhos e diamictitos (Nogueira *et al.* 1999); Caputo (1984) propôs um ambiente deposicional marinho raso, que ora teve interferências por tempestades e geleiras. De forma indireta, Grahn (2005) propôs uma idade Llandovery ao Wenlock para sua parte superior.

A Formação Pitinga é constituída por folhelhos, arenitos, siltitos e diamictitos (Caputo 1984, Carozzi *et al.* 1973, Cunha *et al.* 2007). Sua deposição está relacionada a uma transgressão marinha pós-glaciação siluriana (Carozzi *et al.* 1973, Gonçalves *et al.* 2017). A partir de estudos de graptólitos, Caputo & Andrade (1968) propuseram idade Eo-Siluriana para essa sequência sedimentar; os estudos realizados com quitinozoários por Grahn (2005) indicam uma idade entre o Llandovery-Wenlock para parte inferior da formação, e Ludlow a Pridoli para sua porção superior.

A Formação Manacapuru, de onde provém o material de estudo, foi primeiramente proposta como membro Manacapuru representando a porção superior da antiga “Formação Trombetas” (Caputo *et al.* 1971). Posteriormente foi elevada hierarquicamente à formação (Caputo 1984); é caracterizada por arenitos de granulometria fina a média, pelitos neríticos e litorâneos, folhelhos e siltitos laminados, compondo uma sequência transgressiva-regressiva, depositados em ambientes deltaicos e de plataforma rasa (Caputo 1984, Carozzi *et al.* 1973, Cunha *et al.* 1994, Cunha *et al.* 2007, Rocha *et al.* 2019, Souza & Nogueira 2009). Análises

bioestratigráficas efetuadas por Grahn (2005) estabeleceram idade Pridoli–Lochkoviano para a referida formação. Litologicamente, a Formação Manacapuru é correlata às formações Jaicós (Bacia do Parnaíba), Furnas (Bacia do Paraná), Nardouw (África do Sul) e Atafaiata (Bacia do Saara argeliano) (Bennacef *et al.* 1971, Caputo & Lima 1984). O conteúdo fóssilífero da Formação Manacapuru abrange braquiópodes, conulárias, fragmentos de euripterídeos, icnofósseis, palinórfos e peixes (Grahn 2005, Grahn & Melo 1990, Grahn & Paris 1992, Janvier & Melo 1988, Lange 1967, Quadros 1985, Rocha *et al.* 2019, Steemans *et al.* 2008, Wanderley Filho *et al.* 2005).

A Formação Jatapu, incluída no Grupo Trombetas por Cunha *et al.* (2007), antigo Membro Jatapu da Formação Maecuru (Grupo Urupadi) (Lange 1967), é constituída por arenitos finos a médios, siltitos e folhelhos micáceos bioturbados, pobre de conteúdo fóssilífero, depositados sobre influência marinho raso/transgressivo na base, e depósitos progradacionais deltaicos dominados por marés, na sua parte superior (Cunha *et al.* 2007). Dados palinológicos sugerem idade Lochkoviano a Eo-Emsiano (Melo & Loboziak 2003). Não ocorre descontinuidade temporal significativa entre a base da Formação Jatapu e a parte superior da Formação Manacapuru (que está subjacente a Formação Jatapu); porém, entre o topo da Formação Jatapu e a base da formação sobreposta, Maecuru, ocorre um hiato temporal / deposicional, evidenciado pela ausência regional das biozonas emsianas AB e FD (Cunha *et al.* 2007). Localmente, na porção basal, ocorrem folhelhos ferruginosos e leitos de hematita e siderita (Cunha 2000).

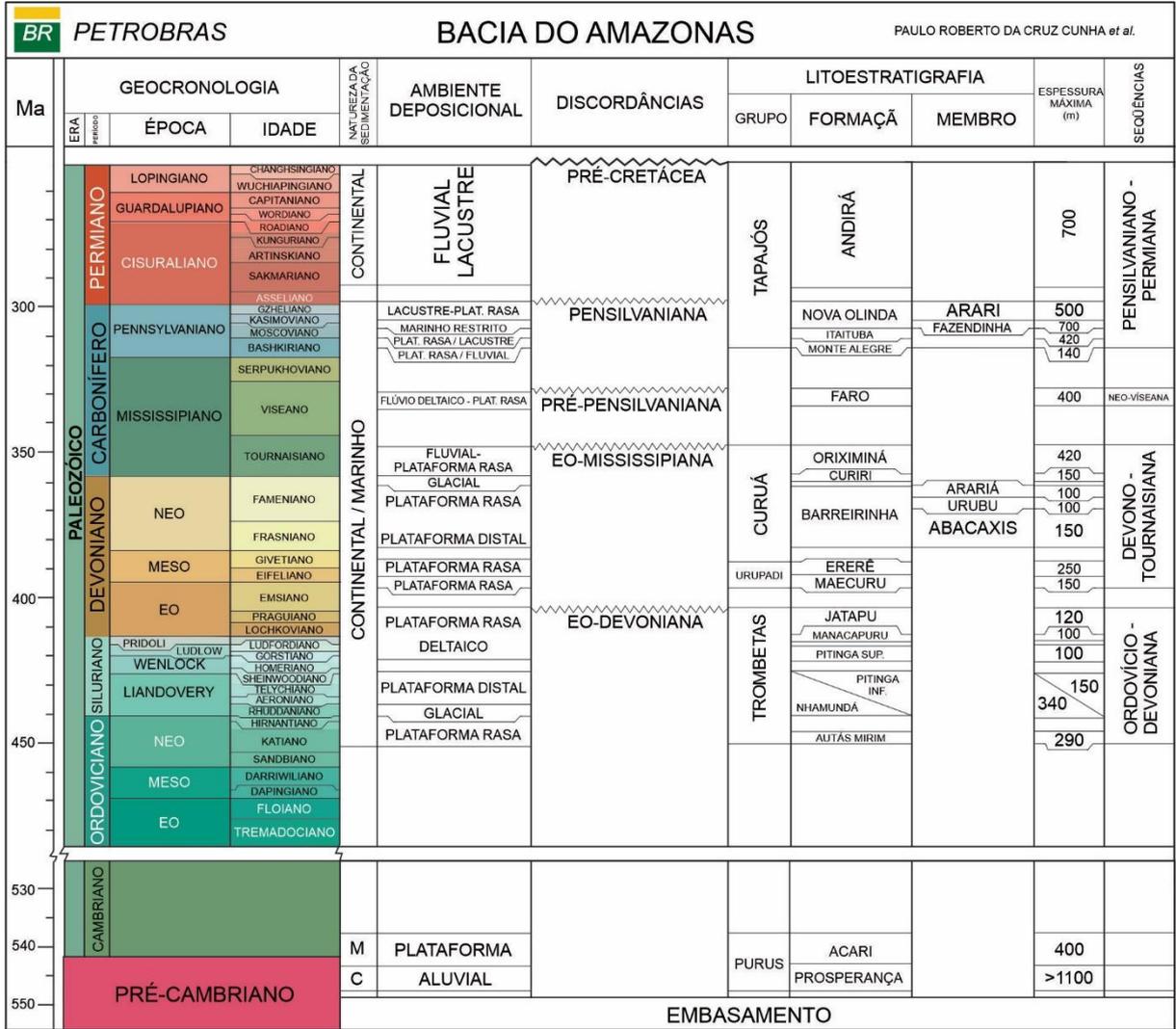


Figura 3- Carta estratigráfica da Bacia do Amazonas, recortada o intervalo entre Pré-Cambriano ao Paleozóico. Fonte: Modificado de Cunha *et al.* (2007).

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 PHYLUM BRACHIOPODA

O filo Brachiopoda Duméril, 1806 é representado por macroinvertebrados bentônicos, que tiveram sua primeira ocorrência no Cambriano, estendendo-se até os dias atuais, e apresentam grande abundância nos depósitos marinhos do Paleozoico Inferior (Clarkson 1992); mais de 95% dos gêneros de braquiópodes descritos são extintos.

Durante muito tempo foram divididos em duas classes, Inarticulata e Articulata, este último representando mais de 95% dos organismos fósseis e viventes (Clarkson 1992); porém, com o avanço das pesquisas morfológicas, anatômicas e ontogenéticas, foi proposta uma nova classificação para o filo, subdividindo-o em três subfilos: Linguliformea, Craniiformea e Rhynchonelliformea, sendo os dois primeiros referem-se aos inarticulados e o último aos articulados (Williams & Rowell 1965).

Morfológicamente possuem seu corpo protegido por duas valvas, a ventral / pedicular e a dorsal / braquial, de composição organofosfática ou organocarbonática (Figura 4). Uma das características que diferem dos bivalves é por conta das valvas possuírem tamanhos e características morfológicas diferentes, onde a ventral geralmente é maior e mais convexa que a dorsal; o pedículo, o órgão responsável pela fixação dos braquiópodes ao substrato, emerge por uma saída presente na valva ventral; já o lofóforo é o órgão encarregado de realizar a captura de alimento, possui sua estrutura de sustentação localizada principalmente na valva braquial (Clarkson 1992, Williams & Rowell 1965).

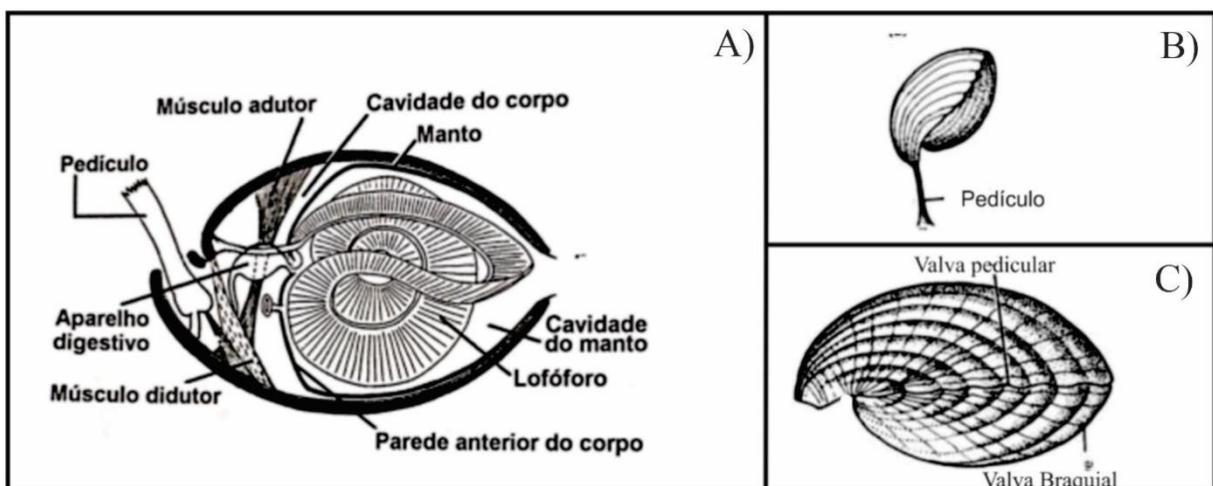


Figura 4- A) Morfologia interna; B) Pedículo simulando fixação no substrato; C) Morfologia das valvas. Fonte: Adaptado Clarkson (1992).

3.1.1 Inarticulados

3.1.1.1 Concha

O *protegulum* é a primeira parte a se formar da concha de um braquiópode, localizado sobre o ápice das valvas; sua formação é decorrente de secreções expelidas pelo manto e é partindo do *protegulum* que o crescimento da concha ocorre; área situada entre o *protegulum* e a região onde geralmente o pedículo emerge é denominada como posterior; as extremidades opostas são chamadas de anterior (Figura 5- D) (Williams & Rowell 1965). A posição do *protegulum* é determinante para a morfologia que a concha irá desenvolver (Figura 5- A, B e C) (Williams & Rowell 1965); nos inarticulados, como os discinídeos, o *protegulum* está localizado na parte central ou próximo à margem posterior da concha, cujo crescimento ocorre partindo dele, de forma contínua, em direção às margens posterior e anterior; esse tipo de crescimento é chamado de holoperiférico; já nos lingulidas o *protegulum* fica situado sobre a margem posterior; a concha se desenvolve em sentido às margens laterais e a região anterior, sendo chamado de crescimento hemiperiférico (Williams & Rowell 1965).

Levando em conta a morfologia vista do perfil lateral da valva, pode apresentar formas côncava, convexa ou plana. Uma modificação comum do perfil de algumas famílias de braquiópodes inarticulados é o desenvolvimento de uma valva cônica; ambas as valvas de *Orbiculoidea* podem ser subcônicas; é mais comum que apenas uma valva (geralmente a valva braquial) torne-se cônica enquanto a outra valva tende a ser mais plana (valva pedicular); já o contorno das valvas podem variar de circular a subtriangular (Williams & Rowell 1965).

Outra característica morfológica importante da concha são as ornamentações, que podem ser costelas, lamelas, carenas, espinhos e/ou espículas; caso não possua ornamentação é denominada lisa (Williams & Rowell 1965). Nos discinídeos geralmente ocorrem linhas de crescimento concêntricas (Williams & Rowell 1965). O termo linha de crescimento é utilizado de forma geral para designar qualquer tipo de ornamentação concêntrica não especificada, relacionado ao crescimento periódico (Holmer 1989).

Os braquiópodes articulados possuem um mecanismo de articulação composto por dentes e fossetas dentárias que, em conjunto com os músculos, são responsáveis pela abertura e fechamento das conchas; já nos inarticulados, a movimentação das conchas se dá única e exclusivamente pelos músculos (Clarkson 1992, Williams & Rowell 1965). De acordo com Südkamp (1997), o fato dos braquiópodes inarticulados possuírem ambas as valvas

conectadas apenas pelos músculos, explicam o motivo das conchas se preservarem separadas uma da outra, caso não ocorra alguma perturbação.

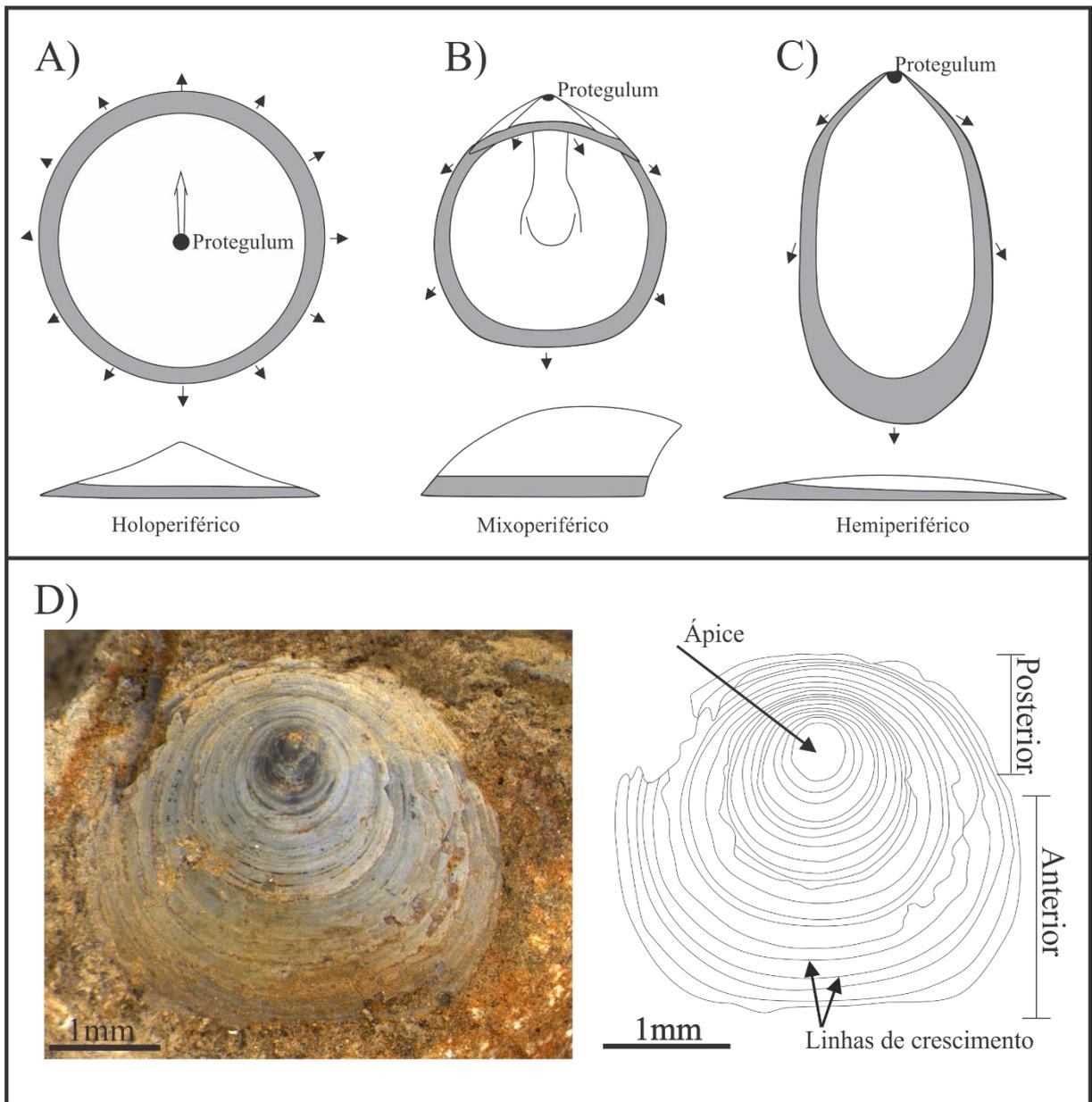


Figura 5- A), B) e C) formatos das conchas levando em consideração o posicionamento do protegulum. D) Características morfológicas da concha. Fonte: A), B) e C) Adaptado de Williams & Rowell 1965; D) Autor.

3.1.1.2 Pedículo

De forma geral, o pedículo é um órgão comum a quase todos os braquiópodes, com exceção dos *Craniidae*, onde sua fixação ao substrato ocorre via cimentação da valva pedicular (Williams & Rowell 1965). A função do pedículo é sustentar o peso da concha e fixar o organismo ao substrato (Clarkson 1992). Nos *Orbiculoidea*, o pedículo é curto e a valva pedicular é projetada em direção ao substrato.

Características como valvas ventrais mais planas indicam uma melhor fixação ao substrato, não interferindo na boa flexibilidade e movimentação do pedículo (Mergl 2001). Eles são fixados a diversos tipos de substratos, seja ele composto por sedimentos finos até sedimentos mais grossos, ou em alguns casos, em fragmentos de outros organismos (Mergl 2010). O pedículo emerge por uma abertura situada na valva ventral, chamada de forâmen (Williams & Rowell 1965).

É quase improvável que ocorra a preservação do pedículo em fósseis de braquiópodes, haja vista que o mesmo é tido como parte mole, o que facilita sua rápida decomposição. Entretanto, Südkamp (1997) publicou o que “seria” o primeiro registro de fossilização do pedículo, presente em uma amostra de ? *Orbiculoidea mediorhenana*, do Devoniano Inferior da Alemanha.

Otto (2000) fez vários questionamentos quanto ao suposto pedículo; o primeiro foi que Südkamp não disponibilizou os exemplares para uma reavaliação; foi observado que as valvas braquiaais são menos convexas que as valvas pediculares, o que coloca em dúvida se os exemplares eram *Orbiculoidea* ou até mesmo discinídeos; o suposto pedículo apresenta um diâmetro grande e estaria ligado à porção anterior da valva, haja vista que abertura do pedículo nos braquiópodes é situada na parte posterior. Portanto, fora o que foi publicado por Südkamp (1997) não se teve mais nenhum registro de uma possível fossilização do pedículo, o que dificulta a sustentação de tal hipótese.

3.1.1.3 Musculatura

O principal movimento das valvas nos braquiópodes é sua abertura e fechamento em torno do plano de simetria bilateral (Williams & Rowell 1965). Porém o conjunto de músculos nos braquiópodes articulados, que possuem um sistema articulatório composto por dentes e fossetas dentarias, são bem distintos quando comparados com os inarticulados, que não possuem sistema articulatório (Clarkson 1992). Os inarticulados possuem músculos mais complexos e desenvolvidos por serem os únicos a atuar na movimentação das valvas; por exemplo, nos discinídeos o sistema muscular é composto por dois pares de músculos adutores e três pares de músculos oblíquos (Figura 6) (Williams & Rowell 1965); dificilmente se tem a preservação destes músculos, devido a sua composição orgânica; apenas algumas impressões musculares são vistas em fósseis de inarticulados (Williams & Rowell 1965).

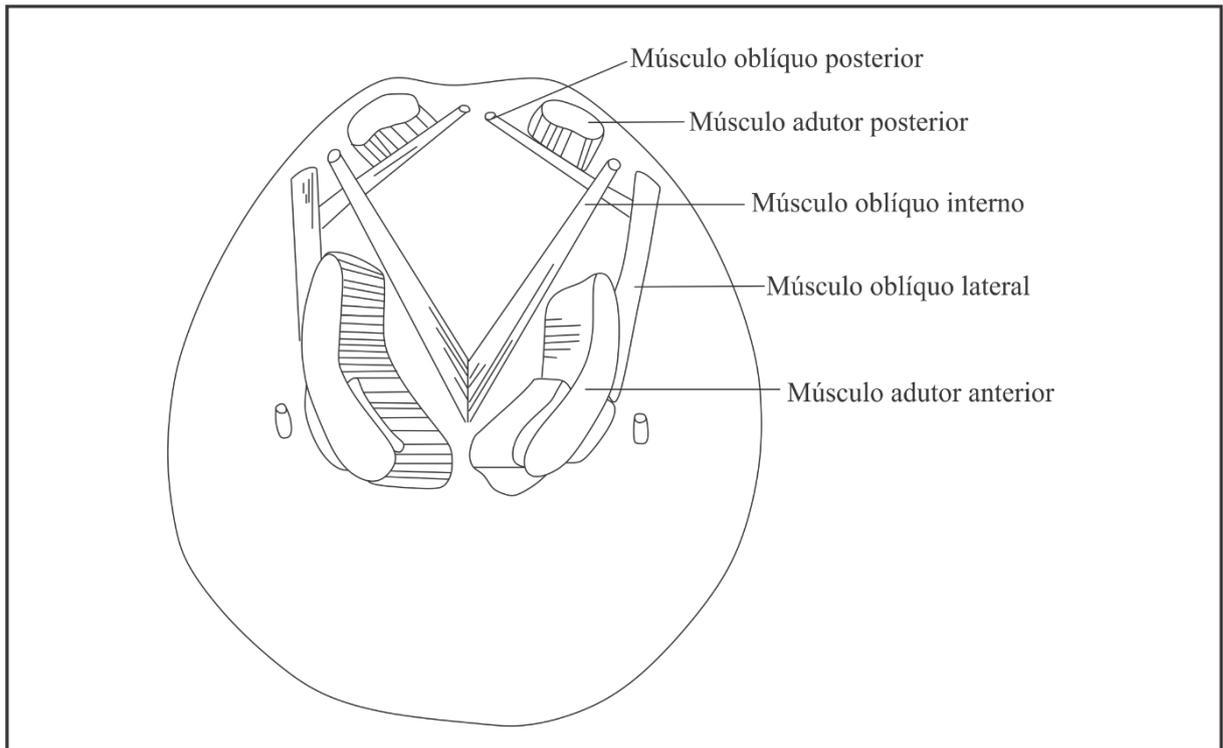


Figura 6- Sistema muscular discinídeos. Fonte: Adaptado de Williams & Rowell (1965).

3.1.1.4 Lofóforo

Esse tópico foi desenvolvido com base unicamente nas informações retiradas de Williams & Rowell (1965).

Nos braquiópodes, o lofóforo é o órgão designado à captura de alimentos, além de auxiliar no processo respiratório do organismo. Grande parte de sua estrutura está situada na valva braquial; morfológicamente, quando totalmente desenvolvido, possui forma de um tubo, assentado de formas variáveis. Os movimentos do lofóforo são limitados, no caso dos inarticulados o suporte esquelético é bem restrito, o que obriga a musculatura que auxilia o órgão a ser melhor desenvolvida. Alguns inarticulados possuem músculos extras ligados ao lofóforo, os quais são responsáveis por controlar a posição do órgão em função à valva braquial e à parede anterior do corpo; no caso dos discinídeos e craniídeos, estes são representados por um par pequeno de músculos retratores braquiais, localizados na parte lateral da valva braquial.

3.1.1.5 Cavidade do celoma

O conjunto de músculos, canal alimentar, órgãos excretores e todos ou grande parte dos órgãos sexuais que constituem o “corpo” do braquiópodes, situam-se na porção posterior interna da concha, dentro do celoma, que contém fluidos constituídos por um líquido

coagulável contendo uma diversidade de células livres (Williams & Rowell 1965). Grande parte dos estudos a respeito da cavidade do celoma se deram a partir de lingulas vivos, nos quais permitiram observar outros espaços celômicos presentes na porção interna dos lobos do lofóforo, do manto e no pedículo de braquiópodes inarticulados. Nos lingulídeos, o celoma possui uma divisão arquimérica, sendo: a) proceloma, que representa a cavidade periesofageana do epistoma; b) mesoceloma, que representa a cavidade onde se localiza o lofóforo e c) metaceloma, que representa a cavidade do corpo, e que abrange o sinus paleal (manto) e a cavidade do pedículo (Zabini *et al.* 2007).

3.2 INFERÊNCIAS PALEOECOLÓGICAS

O estudo paleoecológico investiga a relação dos organismos no passado (fósseis) com as condições ambientais do meio em que eles viveram. A resposta dos seres vivos às mudanças ambientais ao longo do tempo proporcionou diferentes padrões de vida (Bateson 1988). O instinto de sobrevivência das espécies faz com que elas se modifiquem morfológicamente, adaptando-se às condições do meio; quando não ocorre essa adaptação, a tendência é que elas migrem para outros nichos ou extinguem-se (Bateson 1988).

A paleoecologia é uma ferramenta importante nas análises das bacias sedimentares, amplamente utilizada nas interpretações paleoambientais. Dois princípios são importantes para tais interpretações: uniformitarismo taxonômico e analogia. Tendo como base o uniformitarismo, pode-se comparar grupos fósseis com características de taxa viventes semelhantes, considerando as adaptações dos organismos ocorridos ao longo do tempo. A analogia torna possível comparar morfo-funcionalmente as estruturas de organismos vivos com fósseis semelhantes (Anelli 1999).

De forma geral, quase todos os braquiópodes vivos são marinhos, bentônicos, epifaunais e sésseis; estas características prevaleceram durante toda a história desse filo, porém alguns braquiópodes teriam modificado algumas dessas condições. A família Discinidae possui um hábito de vida que já levou a diversas discussões; já foram propostos hábitos como bentônico livre, bentônico fixo, suspensívoros, nectônicos, planctônicos e até fixos a outros organismos; pesquisas mais recentes sugerem hábito epibentônico (Mergl 2001, Südkamp 1997).

Mergl (2001) observou que a morfologia das conchas dos braquiópodes refletia no seu modo de vida; três morfologias distintas de *Orbiculoidea* foram analisadas (Figura 7): a primeira, onde a valva ventral é levemente cônica ou cônica e a valva dorsal é deprimida,

sugerindo fixação em substratos rígidos, porém com certa flexibilidade. A estabilidade do organismo em relação ao substrato ocorre devido à uma suave clivagem da valva ventral em conjunto com um pedículo relativamente longo, que penetra nos sedimentos. Na segunda morfologia analisada, ambas as valvas (ventral e dorsal) são cônicas, o que sugere uma fixação em substratos mais duros quando comparado com a morfologia anterior. A terceira morfologia onde valva dorsal é cônica e valva ventral é plana a fixação ao substrato se dá principalmente em função do pedículo, este que geralmente são mais robustos em espécies cuja valva ventral possui caráter plano.

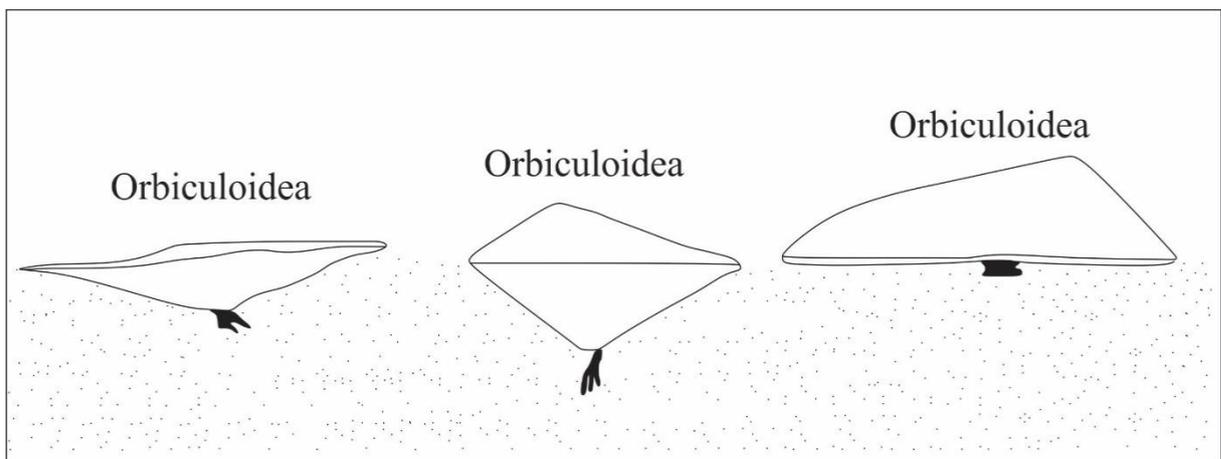


Figura 7- Formato da concha e sua relação de fixação com o substrato. Fonte: Mergl (2001).

Mergl & Massa (2005) propôs a criação de um novo gênero, o *Gigadiscina*, dentre suas particularidades morfológicas; a que mais chamou a atenção foi o seu considerável tamanho, fugindo de um padrão quando comparado com outros gêneros pertencentes à família Discinidae, como os *Orbiculoidea* e *Rugadiscina*. Mergl observou que a morfologia desses discinídeos “gigantes” dizia muito a respeito de seu hábito de vida; sua valva ventral plana e valva dorsal altamente arqueada permitiam que o pedículo (grande e discoide) realizasse uma forte fixação a substratos duros. Assim, o tamanho das valvas associadas a um pedículo igualmente grande e mais eficiente teria melhorado sua estabilidade, o que estaria associado a uma adaptação para um ambiente marinho de alta energia.

Os discinídeos estão distribuídos desde o litoral à zona batial (Willians & Rowel 1997), cuja paleobatimetria é inferida a partir da análise integrada de estruturas litológicas e sedimentares do local que o material foi retirado (Walker & Plint 1992). Os discinídeos do Devoniano da Bacia do Paraná ocorrem comumente em camadas de arenitos médios de *shoreface* e nos siltitos de *offshore* transicional (Zabini *et al.* 2013). Mergl (2001) observou que em ambientes de alta energia, como os recifes, são escassas as ocorrências de lingulídeos; já em ambientes mais calmos e profundos, são típicas as ocorrências de pequenos discinídeos

e esporádicos obolídeos. Holmer (1989) chama atenção em seu trabalho para as poucas informações que se tem a respeito da distribuição e composição de assembleias de braquiópodes inarticulados fosfáticos e suas relações com as litofácies e profundidade. Até aquele momento, apenas os trabalhos de Krause & Rowell (1975), Rowell & Brady (1976) e Rowell & Krause (1973), abordavam a respeito do tema.

Outro ponto importante da ecologia dos braquiópodes são suas relações de predação. Primeiro, vale lembrar que os primeiros organismos a secretarem esqueleto (morfologicamente formados por carapaças biomineralizadas) surgiram no final do Pré-Cambriano, sendo eles *Cloudina* e *Corumbella*, onde alguns autores alegam que o surgimento dessas carapaças estaria ligado a uma forma de responder a atividades predatórias (Bengtson & Zhao 1992, Brain 2001). Os discinídeos do Ordoviciano, Siluriano e início do Devoniano possuem grandes diferenças morfológicas entre si, o que seria um reflexo de seus habitats e comportamentos alimentares bem diversificados (Cooper 1956, Mergl 2001, 2006, 2008, Mergl & Ferrová 2009, Valentine *et al.* 2003). Porém, ao longo do Devoniano ocorreu uma diminuição na disparidade morfológica, sendo uma das hipóteses para essa diminuição a maior pressão de predação por parte dos moluscos (Mergl 2010).

As bordas do manto são bastantes sensíveis; geralmente, em condições normais, o fechamento preventivo da valva ocorre, por exemplo, como resposta a uma sombra que cai na casca ou a um organismo em movimento tocando-a, funcionando como um mecanismo de proteção contra predadores em potencial ou outros organismos que venham a interferir em seus mecanismos de alimentação (Williams & Rowell 1965). Tal mecanismo do manto é capaz de perceber águas altamente turvas, salobras ou poucas oxigenadas (Williams & Rowell 1965).

São poucas as informações a respeito de predadores de braquiópodes vivos. Estima-se, por analogia a predadores conhecidos de moluscos sésseis, que peixes, crustáceos, estrelas-do-mar e gastrópodes apresentam potencial para serem possíveis predadores que ameacem os braquiópodes; é mais provável que tais “potenciais predadores” se tornem uma ameaça durante os estágios iniciais de crescimento dos braquiópodes, quando a concha ainda é pequena, fina e não camuflada por organismos incrustantes (Williams & Rowell 1965). A intensa disputa por um espaço, principalmente em águas rasas, cria situações onde a incrustação de outros organismos sésseis ocorre nas conchas de braquiópodes vivos como, esponjas, pequenos corais, vermes tubulares, briozoários e até mesmo outros braquiópodes (Mergl 2010, Williams & Rowell 1965).

Os discinídeos podem ocorrer como animais solitários ou em assembleias (Mergl 2010). Já foram registrados discinídeos ocorrendo com outros braquiópodes (Bassett *et al.* 2009, Cooper 1956), cefalópodes (Gabbott 1999, Havlíček 1972, Lockley & Antia 1980), conulariidas (Mergl 2006) e restos vegetais (Thomson 1971).

3.3 BRAQUIÓPÓDES NO PALEOZOICO DA BACIA DO AMAZONAS

Grande parte dos estudos de braquiópodes na Bacia do Amazonas são limitados à materiais procedentes das expedições chefiadas por Charles Frederick Hart e Orville Adelbert Derby, que ocorreram há mais de 100 anos, o que dificulta o avanço das pesquisas em torno deste grupo na referida bacia. Os trabalhos realizados na Bacia do Paraná vêm avançando e mostrando bons resultados (Bosetti *et al.* 2010 a, b, Carbonaro & Guilhardi 2016, Carbonaro *et al.* 2018, Comniskey 2011, Comniskey *et al.* 2016, Comniskey & Bosetti 2017, Zabini *et al.* 2010, Zabini & Bosetti 2011, Zabini *et al.* 2012 a, b, Zabini *et al.* 2013), enquanto que nas demais bacias Paleozoicas (Bacia do Amazonas e Bacia do Parnaíba) os estudos pararam no tempo. Aqui cabe citar também os poucos trabalhos desenvolvidos na Bacia do Amazonas (Carvalho 1975, Chen *et al.* 2005, Fonseca 2004, Fonseca & Ponciano 2011, Katzer 1897, Ponciano *et al.* 2007, Rathbun 1878).

Rathbun (1878) descreveu os braquiópodes *Lingula spatulata?*, *Lingula ererensis*, *Lingula rodriguezii*, *Lingula stauntonianna*, *Lingula gracana*, *Discina lodensis*, *Productella mecuruensis*, *Chonetes comstockii*, *Chonetes freitasii*, *Chonetes onettiana*, *Chonetes herbert-smithii*, *Chonetes curuaensis*, *Chonetes*, *Orthis nettoana*, *Orthis harttii*, *Streptorhynchus agassizii*, *Strophodonta perplana*, *Spirifera duodenaria*, *Spirifera derbyii*, *Spirifera pedroana*, *Spirifera elizae*, *Spirifera buarquiana*, *Spirifera*, *Spirifera valenteana*, *Spirifera harttii*, *Spirifera maecuruensis*, *Ambocoelia*, *Cyrtina? curupira*; *Retzia jamesiana*, *Retzia wardiana*, *Rhynchonella ererensis*, *Rhynchonella (stenocisma) dotis?*, *Amphigenia elongata*, *Terebratula derbyana*, *Tropidoleptus carinatus* e *Vitulina pustulosa*; todos provenientes da “Expedição Morgan” e da “Comissão Geológica do Império do Brasil”. Com a identificação desses braquiópodes, o autor correlacionou a fauna identificada com o Grupo Hamilton, do Devoniano Médio da América do Norte.

Katzer (1897) reúne os trabalhos de Rathbun (1878) e Clarke (1890) e, com base neles, constata que a fauna do Devoniano apresenta 107 espécies, dentre as quais 35 são de braquiópodes, 25 são de lamelibrânquios, 20 de gastrópodes, 16 de artrópodes, uma ou duas

(?) espécies de peixes, três espécies de antozoários, duas espécies de briozoários, uma espécie de crinóide e quatro de pterópodes.

Carvalho (1975) fez um estudo de revisão e atualização dos táxons dominantes da Formação Maecuru (Spiriferida, Strophomenida, Orthida, Terebratulida e Rynchonellida) e Formação Ererê (Spiriferida, Strophomenida, Terebratulida) e comparou as ocorrências das espécies estudadas com as já catalogadas para as províncias paleobiogeográficas do Devoniano (Província Apalachiana, Malvinokaffrica e Velho mundo).

Fonseca (2004) analisou exemplares que ainda não haviam sido estudados e que compunham material-tipo da Bacia do Amazonas, depositados na coleção de paleoinvertebrados do Departamento de Geologia e Paleontologia do Museu Nacional, no Rio de Janeiro. Através do estudo desse material foram designados os lectótipos e paralectótipos de “*Chonetes*” *freitasi* Rathbun, 1878 – 1874 e “*Chonetes*” *onettianus* Rathbun, 1874 – procedentes da Formação Ererê.

Chen *et al.* (2005) descreveram 19 espécies de braquiópodes encontrados na Pedreira de Caima, na cidade de Itaituba, Formação Itaituba, Bacia do Amazonas. Eles correlacionaram a fauna descrita com as rochas do Mississippiano Superior da Bacia do Amazonas.

Ponciano *et al.* (2007) estudaram braquiópodes da Formação Maecuru da coleção do Museu Nacional, coletados pela comissão geológica do Império e pela Expedição Orville A Derby. Por meio de análises morfológicas e semi-quantitativa dos espécimes foi possível verificar que braquiópodes apresentavam hábito suspensívoro epibentônico reclinante ou fixo por pedículo, assim, indicando um ambiente marinho raso de águas agitadas, temperadas, bem oxigenadas e com salinidade normal.

Fonseca & Ponciano (2011), relatam a grande concentração de braquiópodes no Mesodevoniano da Bacia do Amazonas, referentes a estratos marinhos rasos das formações Maecuru e Ererê, sendo que os braquiópodes inarticulados (no caso discinídeos e lingulídeos) foram registro apenas em estratos da Formação Ererê e ficaram com sua classificação em aberto. Abaixo segue os táxons listados pelas autoras:

- Formação Maecuru: *Protoleptostrophia* sp.; *Megastrophia* (*Megastrophia*) sp.; *Strophomena hoeferi* Katzer, 1903; *Montsenetes carolinae* Fonseca, 2004; *Chonetes freitasi* Rathbun, 1878; *Patriaspirifer?* cf. *P. duodenarius* Hall, 1843; *Mucrospirifer katzeri* Clarke, 1913; *Pustulatia?* *curupira* Rathbun, 1874; *Amphigenia elongata* Vanuxem, 1842; *Derbyina jamesiana* Rathbun, 1874; *Tropidoleptus carinatus* Conrad, 1857; *Podolella rathbuni* Clarke,

1899; *Discomyorsthis hartti* Rathbun, 1878; *Platyorthis nettoana* Rathbun, 1874; *Schuchertella agassizi* Rathbun, 1874; *Camaratoechia?* aff. *C. sappho* Hall, 1867.

- Formação Ererê: *Mucrospirifer pedroanus* Rathbun, 1874; *Pleurochonetes comstocki* Rathbun, 1874; *Chonetes freitasi* Rathbun, 1878; *Chonetes herbert-smithi* Rathbun, 1874; *Chonetes onettianus* Rathbun, 1874; *Tropidoleptus carinatus* Conrad, 1839; *Derbyina jamesiana* Rathbun, 1874; *Podolella derbyana* Rathbun, 1874; *Paranaia wardiana* Rathbun, 1874; *Plicoplasia curupira* Rathbun, 1874; *Schuchertella agassizi* Rathbun, 1874; *Platyorthis nettoana* Rathbun, 1874), *Orbiculoidea* sp. e lingúlídeos.

3.4 BRAQUIOPÓDES NO PALEOZOICO DA BACIA DO PARANÁ

Os trabalhos a respeito da fauna de braquiópodes na Bacia do Paraná tiveram início ao final do século XIX, visando apenas registrar a ocorrência de novos fósseis para os estratos Devonianos desta bacia (Clarke 1890, Clarke 1913, Derby 1877, Kozłowski 1913, Lange 1943).

Derby (1877) registrou a primeira ocorrência de discinídeos nos estratos devonianos da Bacia do Paraná; posteriormente Clarke (1890) descreveu uma assembleia, contendo diversos grupos fósseis, dentre eles, braquiópodes, coletados por Luiz Felipe Gonzaga de Campos, no ano de 1888, na região próxima ao município de Jaguariaíva. As primeiras descrições de braquiópodes da família Discinidae foram realizadas por Clarke (1913) e Kozłowski (1913). Clarke (1913) identificou a espécie *Orbiculoidea baini*, além de propor duas novas espécies, *Orbiculoidea bodenbenderi* e *Orbiculoidea Collis*. Em 1943, Frederico Lange, em seu trabalho intitulado “Novos Fósseis devonianos do Paraná”, propôs a criação da espécie *Orbiculoidea excentrica*.

Os estudos desses macroinvertebrados devonianos foram retornar com uma série de trabalhos já no século XXI (Bosetti *et al.* 2009, Bosetti *et al.* 2010 a, b, Carbonaro & Guilhardi 2016, Carbonaro *et al.* 2018, Comniskey 2011, Comniskey *et al.* 2016, Comniskey & Bosetti 2017, Zabini *et al.* 2007, Zabini *et al.* 2010, Zabini & Bosetti 2011, Zabini *et al.* 2012 a, b, Zabini *et al.* 2013, Zabini *et al.* 2019), os quais vem demonstrando excelentes resultados conforme apontado abaixo, além de se tornarem referências para o desenvolvimento de trabalhos nas demais bacias Paleozoicas do Brasil (Bacia do Amazonas e Parnaíba).

Zabini *et al.* (2007) realizaram estudos com fósseis de lingúlídeos devonianos da Bacia do Paraná, região de Campos Gerais, Brasil, focando em aspectos biológicos e

ecológicos de lingulídeos atuais, verificando possíveis parâmetros capazes de correlacioná-los com os registro fósseis, visando fornecer suporte teórico sobre o grupo, auxiliando assim na interpretação do registro fossilífero. Três tipos de preservação foram descritas: a primeira, as valvas de lingulídeos preservadas perpendicularmente ao plano de acamamento, indicam posição de vida; a segunda, possíveis bioturbação modificam a posição original dos lingulídeos previamente soterrados perpendicularmente, mediante a isso, as valvas são encontradas inclinadas em relação ao plano de acamamento; a terceira forma de preservação é quando as valvas são encontradas posicionadas de acordo com o plano de acamamento, o que indica exumação ou remoção do substrato por conta do aumento brusco de energia do meio.

Bosetti *et al.* (2009) fizeram considerações paleoambientais para a sequência basal da Formação Ponta Grossa (Devoniano), no município de Ponta Grossa, Paraná, Brasil. Os afloramentos estudados foram correlacionados de acordo com seus aspectos litológicos, ocorrências taxonômicas e suas respectivas assinaturas tafonômicas. Foram reconhecidos braquiópodes Rhynchonelliformea, *Orbiculoidea*, *Lingula*, trilobitas, icnofósseis, moluscos e conulários. Essa assembleia auxiliou nas interpretações paleoambientais, onde a ocorrência de *Orbiculoidea* no plano de acamamento, com a valva braquial voltada para cima, nas fácies de *offshore*, podem indicar condições *in situ*, se for considerado o hábito detritívoro para esse grupo. A presença de braquiópodes inarticulados de carapaça orgânica pode estar relacionada a ambientes otimizados para estes animais, enquanto a ausência de representantes de portadores de conchas carbonáticas poderia ser explicada devido o ambiente estar abaixo da linha de compensação de carbonato, dificultando assim o desenvolvimento desses organismos.

Bosetti *et al.* (2010a) registraram a ocorrência de fósseis de invertebrados marinhos (trilobitas, conulários, crustáceos e braquiópodes lingulídeos) com dimensões subnormais, na passagem do Weoiefeliano/Eogivetiano (Devoniano). Estes fósseis com tamanhos diminutos e características morfoanatômicas de estágio ontogenético avançado, ou seja, representantes de forma adulta estariam relacionados a uma crise biótica ocorrida no período.

Bosetti *et al.* (2010b) registraram uma nova espécie de braquiópode, *Lingulepis wagoneri* sp. nov. (Linguliformea – Lingulata – Obolidae - *Lingulepis*) em estratos das formações Ponta Grossa e São Domingos, sendo este o primeiro registro deste gênero no Brasil.

Zabini *et al.* (2010) realizaram análises tafonômicas e tafofácies de lingulídeos provenientes de 21 afloramentos devonianos da Bacia do Paraná; o ponto de partida, foi tentar entender o motivo de alguns afloramentos terem uma grande abundância de valvas de

lingulídeos, enquanto que outros não. Análises tafonômicas de alta resolução, integradas a uma abordagem realista sobre hábitos e habitats dos lingulídeos, demonstram que as assembleias estavam dispostas em fácies que variavam de *shoreface* à *offshore transition*; as assembleias autóctones estavam preservadas preferencialmente nas fácies de *shoreface*, já as assembleias parautóctones estavam associadas as fácies de *offshore transition*.

Zabini & Bosetti (2011) escreveram um capítulo do livro "Paleontologia: Cenários de vida", sendo abordada a seguinte temática "Paleoambientes revelados: Lingulídeos como paleoindicadores em mares paleozoicos". O texto mostra que os lingulídeos devonianos da Bacia do Paraná vêm há algumas décadas revelando informações sobre paleoambientes e sobre os habitats preferenciais de vida desses animais. Os estudos tafonômicos em conjunto de análise estratigráfica de 32 afloramentos das sucessões devonianas da Bacia do Paraná forneceram informações acerca dos seguintes aspectos: 1) Paleoambientes preferenciais de vida destes lingulídeos (*foreshore*), nos quais eles são preservados *in situ*, em posição de vida; 2) os paleoambientes em que são preservados desarticulados e com diferentes graus de fragmentação (*shoreface* e *offshore transition*); 3) paleoambientes que podem ser colonizados (pode-se encontrar valvas em posição de vida) após eventos de tempestade (sendo a parte distal do *offshore transition* e *offshore*).

Comniskey (2011) realizou estudos a respeito dos braquiópodes discinídeos devonianos da Bacia do Paraná, estado do Paraná, Brasil, focando na revisão sistemática, análise tafonômica básica e distribuição geográfica e estratigráfica. Foram registradas quatro espécies de discinídeos (*Orbiculoidea baini*, *Orbiculoidea bodenbenderi*, *Orbiculoidea excentrica* e *Gigadiscina collis*), que ocorrem desde o Neopraguiano até o Eogivetiano, onde a distribuição geográfica e estratigráfica varia de acordo com a espécie.

Zabini *et al.* (2012a) realizaram estudos de análises de fácies, tafofácies e suas assinaturas tafonômicas em estratos devonianos (Pragianos/Eifelianos) da Bacia do Paraná onde as tafofácies foram definidas principalmente pela ocorrência de lingulídeos. Os lingulídeos foram escolhidos devido sua abundância e suas propriedades intrínsecas, como carapaça organofosfática, concha bivalve e o hábito de vida infaunal, os tornam, provavelmente, um dos melhores grupos fósseis para inferir variações ambientais, pelo menos nos mares siliciclásticos paleozoicos. Este estudo detalhado de alta resolução permitiu inferir informações paleoambientais mais refinadas, como que o trato de sistema de mar alto representa maiores momentos de diversidade faunística, abundância de valvas desarticuladas e fragmentadas e taxas de sedimentação moderadas; já o trato de sistema de mar baixo

apresenta menor diversidade faunística com fósseis bastante fragmentados, indicando uma proximidade à linha de costa.

Zabini *et al.* (2012b) estudaram lingulídeos devonianos da Bacia do Paraná, as amostras foram coletadas em um único afloramento, localizado na Estrada de Ferro Transbrasiliana (Km 217), entre as cidades de Tibagi e Ponta Grossa, Estado do Paraná, Brasil. O material foi submetido a análises por meio do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) e Espectrometria de raios-x por dispersão de energia (EDS), com intuito de compreender melhor os aspectos tafonômicos dos fósseis. Através dos resultados obtidos, foi possível comparar a composição química dos fósseis devonianos com conchas de fósseis recentes, verificando similaridades e diferenças. Assim, notou-se que as espécies fósseis e as espécies atuais compartilham do mesmo gradiente de biomineralização ontogenética, onde as partes posteriores das valvas possuem uma proporção menor de matéria orgânica quando comparado com as partes anteriores. Entretanto, as valvas de lingulídeos devonianos do Paraná foram biomineralizadas em maior extensão que seus parentes atuais, o que pode ter contribuído para sua excelente preservação.

Zabini *et al.* (2013) retrataram o estado da arte dos discinídeos e lingulídeos infaunais, abordando seu histórico no devoniano da Bacia do Paraná, aspectos paleoecológicos, relações pretéritas com outros grupos e padrões tafonômicos. Foram observados incrustações de briozoários em espécimes de *Orbiculoidea baini*, única interação ecológica preservada de discinídeos com outro grupo. As análises tafonômicas demonstrou que os espécimes de *Gigadiscina collis*, *Orbiculoidea bodenbenderi* e *Rugadiscina* sp. possuem preferência por ambientes mais rasos, já *Orbiculoidea baini* e *Orbiculoidea excentrica* ocorrem tanto em ambientes rasos quanto em profundos. Em relação aos lingulídeos infaunais do Devoniano da Bacia do Paraná, estes necessitam de revisão taxonômica, haja vista que Emig (2003) delimitou que o gênero *Lingula* como não ocorrendo no Paleozoico.

Carbonaro & Guilhardi (2016) realizaram um levantamento bibliográfico que abordam a ocorrência fossilífera nos estratos devonianos da sub-bacia de Alto Garças, Bacia do Paraná, Estado de Goiás, Brasil. Dentre sua pesquisa, o que chama atenção é a grande quantidade de braquiópodes (*Australospirifer iheringi*, *Australospirifer kayserianus*, *Australocoelia flabellites*, *Chonetes* sp., *Derbyina* sp., *Lingula lepta*, *Lingula lamella*, *Lingula* sp., *Schuchertella* sp., *Orbiculoidea baini*, *Orbiculoidea* sp., *Orbiculoidea excentrica*). Além das ocorrências já catalogadas na literatura, os autores registraram novas ocorrências de braquiópodes e trilobita em afloramentos próximos a Caiapônia e Doverlândia.

Comniskey *et al.* (2016) estudaram aspectos tafonômicos e o Efeito *Lilliput* em discinídeos da Bacia do Paraná, sub-bacia Apucarana, Brasil. Os discinídeos foram separados em dois grupos distintos, “A” e “B”. A assinatura tafonômica do grupo A compreende bioclastos aglomerados ocorrendo em ambientes de *shoreface*, em depósitos interpretados situados acima da base de ondas de bom tempo. O grupo B representa bioclastos isolados ocorrendo entre o *offshore-transition* e *offshore*, situado entre a base de ondas de bom tempo e o nível de base de ondas de tempestades. *Orbiculoidea baini* e *Orbiculoidea excentrica* demonstraram tamanhos fenotípicos pequenos, sendo uma consequência do Efeito *Lilliput*. Esse efeito resultou de uma crise biótica registrada antes do colapso da fauna Malvinocáfrica, que causou uma extinção global.

Comniskey & Bosetti (2017) revisaram a sistemática dos discinídeos do Devoniano inferior-médio, das formações Ponta Grossa e São Domingos, Bacia do Paraná, Estado do Paraná, Brasil. Foram registradas cinco espécies de discinídeos: *Orbiculoidea bainii*, *Orbiculoide bodenbenderi*, *Orbiculoide excentrica*, *Gigadiscina collis* e *Rugadiscina stogona*. Foi adotada a realocação de *Gigadiscina collis* ao invés de *Orbiculoide collis* e também foi realizado o registro de *Rugadiscina stogona*, nova espécie de discinídeo para o Devoniano da Bacia do Paraná.

Carbonaro *et al.* (2018) registraram a ocorrência dos discinídeos *Orbiculoide bainii*, *Orbiculoidea excentrica* e *Orbiculoidea* sp., encontrados na cidade de Caiapônia, Goiás, Brasil, Devoniano médio da sub-bacia Alto Garças, Bacia do Paraná. Também foi notado um tamanho diminuto dos braquiópodes, associados ao Efeito *Lilliput*.

Zabini *et al.* (2019) descreveram uma nova espécie da família Discinidae, *Kosoidea australis* sp. nov. em estratos siliciclásticos das formações Iapó e Vila Maria, Ordoviciano/Siluriano da Bacia do Paraná. Sendo essa a primeira ocorrência do gênero *Kosoidea* em estratos paleozoicos no Brasil. Com base em estudos anteriores, dados sedimentológicos e a ocorrências de *Kosoidea* em estratos Hirnatiano no noroeste da Bacia do Paraná e no norte da Bacia do Cabo (*Cape Basin*) África do Sul, esse registro, é mais um indício de uma possível conexão entre as duas bacias durante o Hirnatiano.

3.5 BRAQUIÓPÓDES NO PALEOZOICO DA BACIA DO PARNAÍBA

Os registros de braquiópodes na Bacia do Parnaíba foram intensos durante os anos de 1961-2004; durante esse intervalo foram identificados 13 táxons de braquiópodes: *Montsenetes* cf. *M. boliviensis*, *Pleurochonetes comstocki*, *Chonetes* sp., *Eodevonaria* sp., *Amphigenia* sp., *Cranaena* sp., *Derbyina smithi*, *Lingula* sp., *Spirifer* sp., *Tropidoleptus*

carinatus, *Orbiculoidea* sp., *Derbyina* sp. e *Pustulatia* sp. (Barbosa *et al.* 1966, Brito & Santos 1965, Brito 1971, Campos 1985, Carvalho *et al.* 1997, Castro 1968, Fernandes 1985, Fonseca 2004, Fonseca & Melo 1987, Grahn 1992, Kegel 1953, 1966, Lima Filho & Caldas 1987, Melo 1985, Ramos & Barbosa 1967, Santos 1961). Os estudos a respeito deste grupo fóssil estão retornando nos últimos anos (Gama 2008, Ponciano *et al.* 2012, Querioz *et al.* 2013, Zabini *et al.* 2016), porém com uma intensidade baixa quando comparado com as pesquisas na Bacia do Paraná.

Gama (2008) trabalhou em sua dissertação com braquiópodes da Formação Pimenteiras (Devoniano Médio/Superior), na região Sudoeste da Bacia do Parnaíba, município de Palmas, Estado do Tocantins, Brasil. Foram identificadas seis espécies de braquiópodes: *Montsenetes carolinae*, *Australocoelia palmata*, *Gen. A* sp. 1, *Mucrospirifer pedroanus*, *Amphigenia* cf. *A. elongata* e *Tropidoleptus carinatus*. A fauna identificada sugere um paleoambiente marinho em plataforma interna distal.

Ponciano *et al.* (2012) realizaram a caracterização da composição e do modo de ocorrência das tafocenoses da Formação Pimenteiras, Devoniano da Bacia do Parnaíba, além de mostrarem os numerosos afloramentos fossilíferos desta formação, chamando atenção para que ocorra a preservação desses sítios. Foram descritos 18 afloramentos fossilíferos, com ocorrência de bivalvia, braquiópodes (*Australocoelia?* sp., Lingulida, *Orbiculoidea*, *Montsenetes* cf. *M. boliviensis* racheboeuf, *Orbiculoidea* sp., *Scaphiocoelia?* sp., *Schuchertella?* sp., Terebratulida, *Tropidoleptus carinatus*), espinhos de chondrichthyes, icnofósseis, tentaculitida, trilobita e vegetais. Porém foram apenas citadas as ocorrências desses fósseis, sem nenhum estudo mais aprofundado.

Queiroz *et al.* (2013) registraram a ocorrência de três espécies de braquiópodes (*Australocoelia palmata*, *Australospirifer iheringi* e *Tropidoleptus carinatus*) em afloramentos no Rio Balsas, Município de Santa Teresa, Estado do Tocantins, em estratos da Formação Pimenteira, Devoniano da Bacia do Parnaíba. Os autores associaram os fósseis com as fácies onde foram coletados, propondo as seguintes implicações paleoambientais: a ocorrência de *Australocoelia palmata* e *Australospirifer iheringi* em níveis de arenito fino no afloramento Chácara L 26, sugerem zona nerítica interna distal; já a presença de *Tropidoleptus carinatus* associado a níveis de arenito do afloramento Fazenda São Raimundo, indica condições de uma zona nerítica interna proximal.

Zabini *et al.* (2016) descreveram a primeira ocorrência de braquiópode Lingulidae no “Membro Esperança”, Formação Piauí, Carbonífero superior da Bacia do Parnaíba.

A tabela 1 sintetiza todo o levantamento bibliográfico a respeito dos braquiópodes durante o Paleozóico das três principais bacias intracratônicas brasileiras (Bacia do Amazonas, Paraná e Parnaíba).

Tabela 1- Levantamento das ocorrências de braquiópodes durante o Paleozóico das bacias do Amazonas, Paraná e Parnaíba. Legenda, L: Linguliformeas e R: Rhynchonelliformeas.

Bacia	Formação	Braquiópodes	Autor
Amazonas	Formações Maecuru e Ererê	L / R	Rathbun (1878)
Amazonas	Formações Maecuru e Ererê	L / R	Katzer (1897)
Amazonas	Formações Maecuru e Ererê	L / R	Carvalho (1975)
Amazonas	Formação Ererê	R	Fonseca (2004)
Amazonas	Formação Itaituba	R	Chen <i>et al.</i> (2005)
Amazonas	Formação Maecuru	R	Ponciano <i>et al.</i> (2007)
Amazonas	Formações Maecuru e Ererê	L / R	Fonseca & Ponciano (2011)
Paraná	Formação Ponta Grossa		Derby (1877)
Paraná	Formação Ponta Grossa	L / R	Clarke (1913)
Paraná	Formação Ponta Grossa	L / R	Kozłowski (1913)
Paraná	Formação Ponta Grossa	L	Zabini <i>et al.</i> (2007)
Paraná	Formação Ponta Grossa	L / R	Bosetti <i>et al.</i> (2009)
Paraná	Formações Ponta Grossa e São Domingos	L / R	Bosetti <i>et al.</i> (2010a)
Paraná	Formações Ponta Grossa e São Domingos	L	Bosetti <i>et al.</i> (2010b)
Paraná	Formações Ponta Grossa e São Domingos	L	Zabini <i>et al.</i> (2010)
Paraná	Formações Ponta Grossa e São Domingos	L	Zabini & Bosetti (2011)
Paraná	Formações Ponta Grossa e São Domingos	L	Comniskey (2011)
Paraná	Formações Ponta Grossa e São Domingos	L	Zabini <i>et al.</i> (2012a)
Paraná	Formação Ponta Grossa	L	Zabini <i>et al.</i> (2012b)
Paraná	Formações Ponta Grossa e São Domingos	L	Zabini <i>et al.</i> (2013)
Sub-bacia Alto Garças	Unidade 4 / Grupo Chapada	L / R	Carbonaro & Guilhardi (2016)
Paraná	Formações Ponta Grossa e São Domingos	L	Comniskey <i>et al.</i> (2016)
Paraná	Formações Ponta Grossa e São Domingos	L	Comniskey & Bosetti (2017)
Sub-bacia Alto Garças	Unidade 4 / Grupo Chapada	L	Carbonaro <i>et al.</i> (2018)
Paraná	Formações Iapó e Vila Maria	L	Zabini <i>et al.</i> (2019)
Parnaíba	Formações Itaim, Pimenteira e Cabeças	L / R	Kegel (1953)
Parnaíba	Formação Pimenteira	R	Santos (1961)
Parnaíba	Formação Pimenteira	R	Brito & Santos (1965)
Parnaíba	Formação Pimenteira	R	Barbosa <i>et al.</i> (1966)
Parnaíba	Formação Pimenteira	L / R	Fonseca & Melo (1987)
Parnaíba	Formação Cabeças	R	Grahn (1992)
Parnaíba	Formação Pimenteira	L / R	Carvalho <i>et al.</i> (1997)
Parnaíba	Formação Pimenteira	L / R	Fonseca (2004)
Parnaíba	Formação Pimenteira	R	Gama (2008)
Parnaíba	Formação Pimenteira	L / R	Ponciano <i>et al.</i> (2012)
Parnaíba	Formação Pimenteira	R	Queiroz <i>et al.</i> (2013)
Parnaíba	Formação Piauí	L	Zabini <i>et al.</i> (2016)

4 MATERIAIS E MÉTODOS

O material analisado foi coletado pela equipe TERRAGRAPH PALEONTOLOGIA entre julho de 2011 e outubro de 2015, através do projeto intitulado “Programa de Salvamento do Patrimônio Paleontológico” da Usina Hidrelétrica de Belo Monte, município de Vitória do Xingu, Estado do Pará. As amostras analisadas são provenientes de quatro pontos de coleta, C3P1 (9653975 m N, 413823 m L, zona 22M, SAD 69), C9P1 (9655000 m N, 413261 m L, zona 22M, SAD 69), C13P1 (9653898 m N, 414191 m L, zona 22M, SAD 69) e C14P1 (9648213 m N, 406654 m L, zona 22M, SAD 69), todos os afloramentos analisados estão inseridos em estratos da Formação Manacapuru (Tomassi *et al.* 2015).

A coleta das amostras fossilíferas foi realizada de acordo com os métodos padrões em paleontologia, descrito por Tomassi *et al.* (2015); vale ressaltar que foram confeccionados perfis estratigráficos identificando a posição de ocorrência de cada amostra. Durante a coleta, cada exemplar ganhou um número de tombo individual, seguindo o seguinte padrão, “CmPn-X.Y”, onde “Cm” corresponde a campanha de coleta (C1,C2,C3,...); Pn ponto geográfico dentro da campanha (P1,P2,P3,...); X indica a posição na coluna estratigráfica; Y número sequencial da amostra retirada (1,2,3,...). O material encontra-se tombado e depositado no acervo paleontológico da Coordenação de Ciências da Terra e Ecologia do Museu Paraense Emílio Goeldi (Belém – PA).

A elaboração do presente trabalho seguiu as etapas ilustradas no fluxograma a seguir (Figura 8).

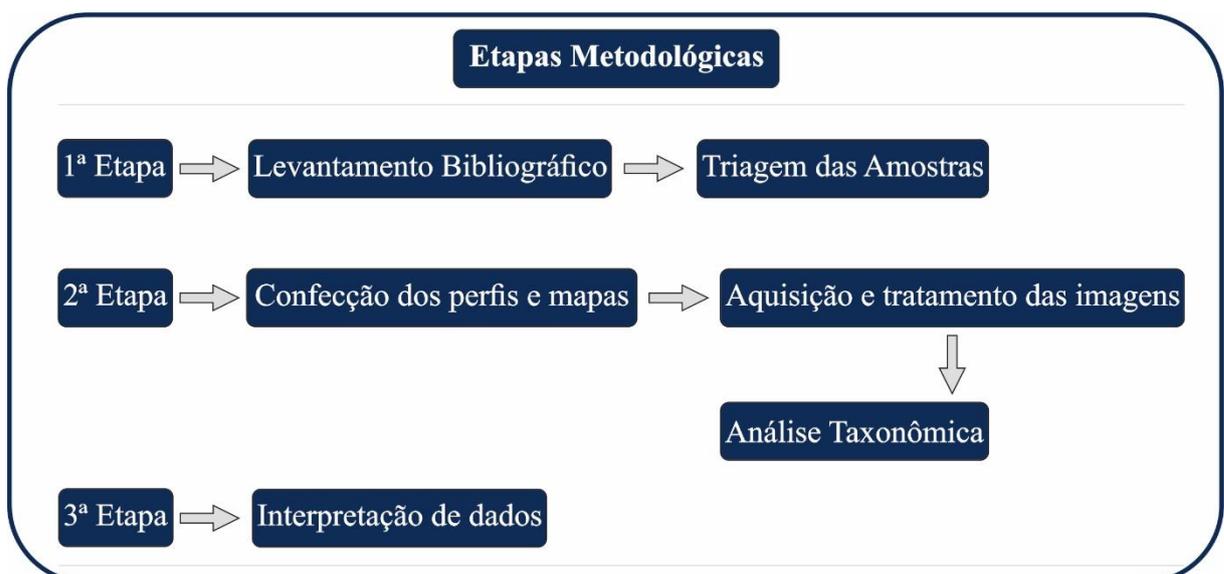


Figura 8- Fluxograma simplificando as etapas metodológicas para o desenvolvimento do trabalho. Fonte: Autor.

4.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O levantamento bibliográfico foi centrado em livros, artigos científicos, teses e dissertações que abordam as respectivas temáticas: 1 – Morfologia e hábitos de vida do filo brachiopoda; 2 - Geologia da Bacia do Amazonas com ênfase na sucessão Ordovício-Devoniana; 3 - Análise taxonômica de braquiópodes inarticulados do Siluro-Devoniano de diversas bacias sedimentares paleozoicas; 4- Além do material auxiliar referente a coleta dos exemplares estudados, como o Relatório Técnico Final do Programa de Salvamento do Patrimônio Paleontológico da Usina Hidrelétrica de Belo Monte e o artigo de Tomassi *et al*, (2015) que apresentam resultados preliminares da referida coleta.

4.2 TRIAGEM DO MATERIAL

Primeiramente foi realizado o levantamento das amostras coletadas que continham braquiópodes referentes aos pontos de coleta estudados (C3P1, C9P1, C13P1 e C14P1), totalizando 272 exemplares, destes, 215 são de braquiópodes inarticulados e 57 de braquiópodes articulados. Vale ressaltar que todas as amostras utilizadas já receberam o tombo do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPGE), portanto, todos os exemplares possuem as siglas MPGE antes do tombo original que foi designado durante a coleta.

4.3 TRABALHOS EM LABORATÓRIO

Os perfis estratigráficos foram confeccionados no programa CorelDRAW X8, onde as amostras foram plotadas seguindo à risca as informações obtidas do Relatório Técnico Final do Programa de Salvamento do Patrimônio Paleontológico da Usina Hidrelétrica de Belo Monte e o artigo de Tomassi *et al*, (2015). O mapa de localização e mapa de distribuição paleobiogeográfica das espécies identificadas foram realizados mediante ao uso do programa QGIS 3.12.3.

Os exemplares analisados passaram por preparação mecânica através de técnicas manuais visando destacar da melhor forma seus aspectos morfológicos, facilitando assim a identificação dos fósseis. Posteriormente, foram escolhidos os melhores exemplares (com características morfológicas mais bem preservadas) para a aquisição das fotos, que ocorreu mediante ao auxílio de uma câmera digital de alta resolução (modelo Canon Powershot A640) e também com o sistema de captura de imagem acoplado a uma lupa eletrônica (modelo LEICA M205 A). As medidas de comprimento (**C**) e largura (**L**) (Figura 9) foram realizadas com o auxílio do retículo micrométrico da lupa (modelo LEICA S8AP0).

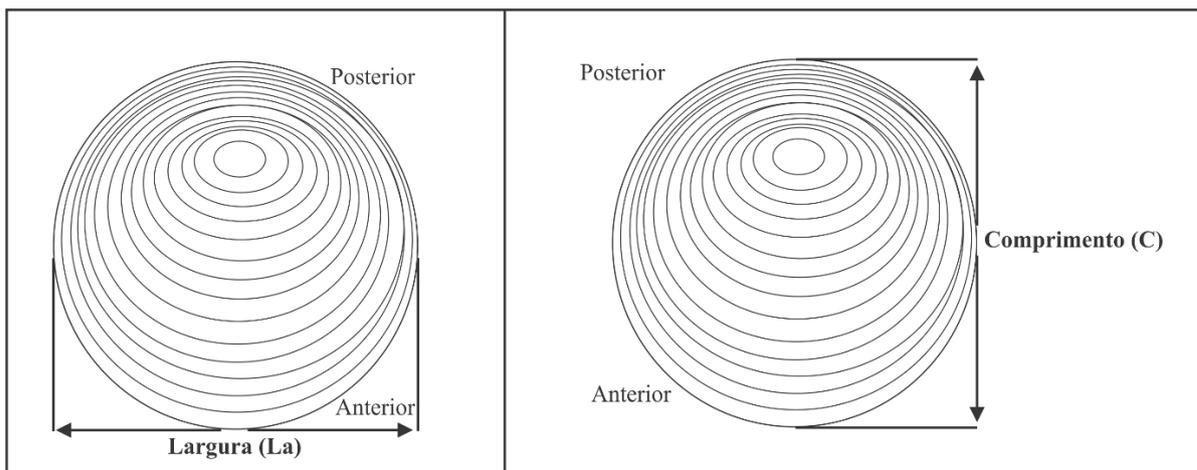


Figura 9- Medidas mensuradas das valvas, largura e comprimento. Fonte: Autor.

A análise taxonômica ocorreu a partir de observações morfológicas tanto vistas a olho nu, quanto às observadas com auxílio da lupa ou por meio das fotos obtidas; em seguida, foram comparadas à bibliografia específica “*Treatise on Invertebrate Paleontology*” (Willians *et al.* 1997, Willians & Rowell 1965) e com os principais artigos pertinentes ao grupo (Carbonaro *et al.* 2018, Clarke 1913, Comniskey & Bosetti 2017, Lange 1943, Mergl 2006, Mergl 2010, Mergl & Massa 2005, Sharpe 1856).

4.4 INTERPRETAÇÕES DOS DADOS

Mediante aos estabelecimentos dos gêneros e espécies estudadas, foram analisadas as relações entre a fauna identificada, a litologia e as estruturas sedimentares associadas, que foram comparadas com a literatura para o entendimento das possíveis relações paleoecológicas. Foi realizado o levantamento da distribuição paleobiogeográfica e estratigráfica das espécies, resultando na confecção de um mapa de distribuição paleobiogeográfica, assim facilitando a visualização da disposição desses fósseis, colaborando para o entendimento evolutivo dos gêneros.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para o presente estudo utilizaram-se amostras de quatro pontos de coletas (C3P1, C9P1, C13P1 e C14P1), que são os mais representativos para o estudo dos Discinidae. Foram analisadas um total de 272 amostras de Braquiópodes, sendo 205 de Discinidae, 57 Rhynchonelliformea e 10 Lingulídeos (Figura 11). O foco da pesquisa foi os braquiópodes Linguliformeas, pertencentes à família Discinidae, composta por 21 gêneros, sendo 17 extintos (*Acrosacus*, *Chrustenotreta*, *Chynithele*, *Eoschizotreta*, *Gigadiscina*, *Ivanothele*, *Kosoidea*, *Lindstroemella*, *Lingulodiscina*, *Lochkothele*, *?Oehlertella*, *Orbiculoidea*, *Praeoehlertella*, *Roemerella*, *Schizotreta*, *Schizotretinia* e *Sterbinella*) e 4 viventes (*Discina*, *Discinisca*, *Discradisca* e *Pelagodiscus*) (Mergl & Massa 2005, Willians *et al.* 1997, Willians & Rowell 1965).

A análise taxonômica realizada nos 205 exemplares de discinídeos proporcionou o reconhecimento de três espécies de *Orbiculoidea* d'Orbigny, 1847, sendo *Orbiculoidea baini* Sharpe, 1856, (10 espécimes), *Orbiculoidea bodenbenderi* Clarke, 1913 (5 espécimes) e *Orbiculoidea excentrica* Lange, 1943 (34 espécimes); além disto, outros exemplares foram preliminarmente identificados como pertencente ao gênero, sendo mantidos em nomenclatura aberta, tais como, *Orbiculoidea* sp. 1 (18 espécimes) e *Orbiculoidea* sp. 2 (19 espécimes); outras 99 amostras de *Orbiculoidea* foram identificadas, porém ficaram com classificação em aberto devido à má preservação das mesmas. Os espécimes identificados referentes ao gênero *Gigadiscina* Mergl & Massa, 2005 (20 espécimes) também ficaram com nomenclatura em aberto, cujo motivo é devidamente explicado no tópico da sistemática referente ao grupo.

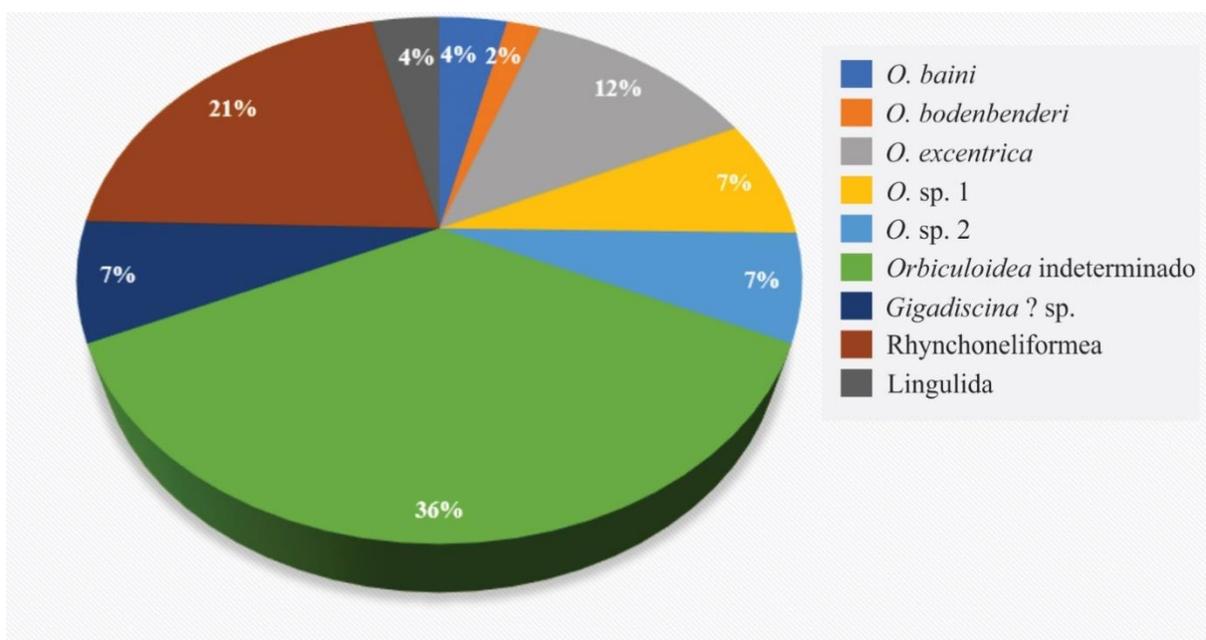


Figura 10- Representação quantitativa e qualitativa dos braquiópodes identificados nas amostras analisadas.

Os quatros pontos de coletas (C3P1, C9P1, C13P1 e C14P1) compõem o perfil estratigráfico da área de estudo (Figura 11) que é formado da base para o topo, pelo embasamento cristalino seguido de uma camada de aproximadamente 0,5 metros de arenito maciço de granulometria fina, intercalado por lentes de argila, onde os discinídeos ocorrem somente nas porções de arenito; acima, uma camada de arenito de granulometria fina com uma laminação incipiente com discinídeos dispostos em quase toda a camada; por fim, um pacote de siltito laminado com aproximadamente 2,1 metros, onde os discinídeos ocorrem concentrados na base dessa camada, sempre associados a Rhynchonelliformes; no topo da camada ocorrem os lingulídeos de forma isolada. Mais adiante, serão detalhadas e discutidas as ocorrências das espécies de discinídeos identificadas, levando em consideração a litologia e sua relação com os demais braquiópodes (Rhynchonelliformes e Lingulídeos).

A assembleia fóssilífera de braquiópodes estudada é característica de ambiente marinho (Clarkson 1992, Willians & Rowell 1965); levando também em consideração as características litológicas, as informações dispostas no trabalho de Tomassi *et al.* (2015) e do Relatório Técnico Final do Programa de Salvamento do Patrimônio Paleontológico da Usina Hidrelétrica de Belo Monte, posicionamos os afloramentos estudados na porção superior da Formação Manacapuru; de acordo com a literatura, a porção inferior desta unidade é atribuída a um ambiente deltaico, enquanto que a porção superior é associada a um ambiente de plataforma rasa (Carrozi *et al.* 1973, Cunha *et al.* 2007, Rocha *et al.* 2019). Com base em dados palinológicos (quitinozoários) realizadas por Grahn (2005) na região de Belo Monte, foram atribuídas idades Pridoli (final do Siluriano) para a parte inferior da Formação Manacapuru, e Lochkoviano (início do Devoniano) para a porção superior. Mediante a tal fato, infere-se que os afloramentos estudados estão situados na porção marinha da referida formação, correspondente a porção superior, de idade relativa Lochkoviano.

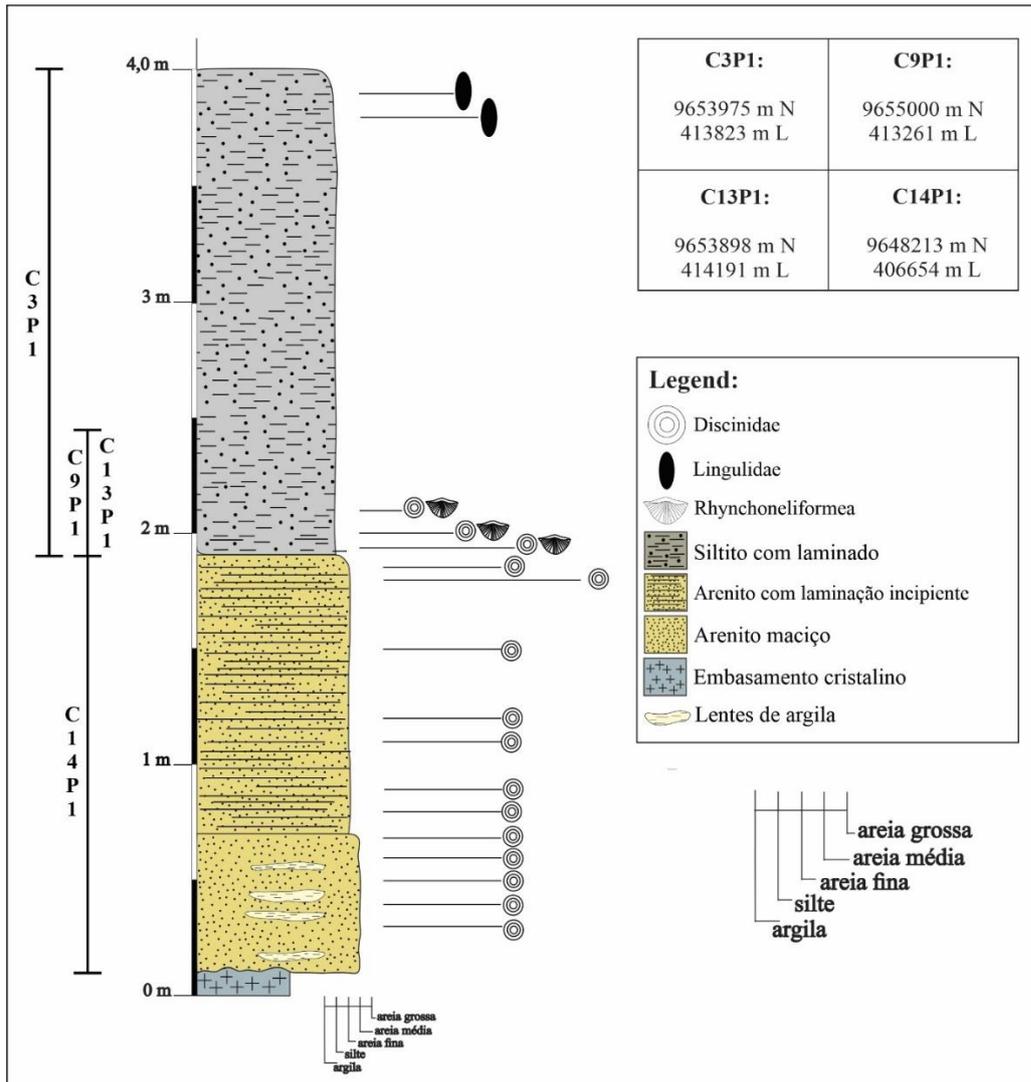


Figura 11- Perfil estratigráfico composto dos pontos de coleta C3P1, C9P1, C13P1 e C14P1.

5.1 SISTEMÁTICA PALEONTOLÓGICA

Classe Lingulata (Gorjansky & Popov, 1985)

Ordem Lingulida (Waagen, 1885)

Superfamília Discinoidea (Gray, 1840)

Família Discinidae (Gray, 1840)

Gênero *Gigadiscina* Mergl & Massa, 2005

Espécie tipo - *Gigadiscina lessardi* Mergl & Massa 2005

Diagnose: Concha subcircular a subtriangular, grande, convexa-planar, coberta por rugelas concêntricas finas e regulares. Micro-ornamentação de pequenos poros dispostos sobre toda a superfície das valvas. Valva dorsal alta e obtusamente cônica, com ápice subcentral. Valva ventral plana, também com ápice subcentral. Forâmen pedicular subcircular, situado no fundo da depressão circular rasa (traduzida de Mergl & Massa 2005).

Discussão: O gênero *Gigadiscina* foi proposto por Mergl & Massa (2005) ao analisarem amostras de discinídeos do Siegeniano (Devoniano Inferior) da Bacia de Tamesna (Argélia). Uma das principais características diagnósticas do referido gênero são os grandes tamanhos das valvas quando comparados com os demais gêneros inseridos na família Discinidae.

De acordo com Mergl & Massa (2005), *Gigadiscina* difere de *Lingulodiscina*, *Oehlertella* e *Schizotreta*, devido ao ápice da valva dorsal ser subcentral (ao invés de submarginal); difere de *Roemerella* devido ao tamanho das valvas que em *Gigadiscina* são bem maiores, e a valva ventral de *Gigadiscina* é plana (e não côncava); difere de *Acrosaccus*, *Lochkothele* e *Orbiculoidea* por suas valvas serem convexo-planar (em vez de biconvexa), abertura pedicular circular, tubo pedicular curto, listrium curto e largo (em vez de uma abertura pedicular estreita, tubo pedicular e listrium longos).

Dentre as características diagnosticas do gênero, o que não foram observadas em *Gigadiscina?* sp. foram, pequenos poros dispostos por toda a superfície de ambas as valvas, e o tamanho dos exemplares analisados serem bem menores quando comparados com os demais registros na literatura. De acordo com Boucot *et al.* (2001) as variações morfológicas que ocorrem entre algumas espécies de discinídeos estaria associado a variações geográfica em larga escala, combinado com parâmetros ecológicos. Chuang (1961), demonstrou a relação entre os efeitos ambientais locais e a taxa de crescimento dos lingulídeos.

Gigadiscina? sp.
(Figura 12- A-D)

Descrição: Contorno da concha subtriangular. Valva dorsal alta, convexa, obtusamente subcônica. Dimensões variando entre 9,2 mm a 17,8 mm no comprimento e 8,8 mm a 18,1 mm na largura. Região apical bem elevada e bem marcada, possui uma inclinação côncava na porção anterior, que vai desde a borda anterior até o ápice; já na porção posterior o ângulo é maior e convexo. Ápice achatado, suavemente elevado, submarginal, deslocado em direção à margem posterior. Em média, a região anterior corresponde a aproximadamente 80% da área da valva. Linhas de crescimento finas, bem marcadas, dispostas concentricamente em torno do ápice. Da margem posterior em direção ao ápice tem em média 22 linhas, com interespaços pequenos e regulares. Valva ventral mal preservada, é possível notar apenas uma fenda pedicular subcircular e curta.

Ocorrência: Pontos de coletas C3P1, C13P1 e C14P1 situados no Sitio Belo Monte; município de Vitória do Xingu, Estado do Pará, Brasil; Bacia do Amazonas, Formação Manacapuru (Lochkoviano).

Distribuição geográfica e estratigráfica: O gênero *Gigadiscinia* ocorre no **Brasil:** nos estados do Paraná, formações Ponta Grossa e São Domingos (Praguiano-Emsiano), Bacia do Paraná (Comniskey & Bosetti 2017) e Mato Grosso, (Praguiano) Bacia de Parecis (Boucot *et al.* 2001). **Europa:** o gênero tem registro na Alemanha, Praguiano (Kayser 1892); República Tcheca, Formação *Lochkov* (Lochkoviano), Bacia de Praga, (Mergl 2001). **África:** África do Sul, Praguiano (Reed 1925); Argélia: Bacia Tamesna (Praguiano) (Mergl & Massa 2005) e na Líbia, Givetiano-Frasniano (Mergl & Massa 2005). **Antártida,** Formação *Horlick*, Praguiano-Emsiano (Rowell, 1965).

Material: 20 exemplares

Dimensões: As dimensões de comprimento e largura são descritas na tabela 2.

Tabela 2: Medidas dos exemplares identificados de *Gigadiscinia?* sp.; comprimento (C) e largura (L).

Tombo	Valva	C	L	Tombo	Valva	C	L
MPEG-C3P1-1.109	Ventral	17,8 mm	18,1 mm	MPEG-C14P1-6.1B	Dorsal	11,5 mm	11,1 mm
MPEG-C13P1-3.1B	Dorsal	14,5 mm	13,6 mm	MPEG-C14P1-7.1	Dorsal	14,3 mm	13,9 mm
MPEG-C13P1-3.5	Ventral	14,8 mm	15,2 mm	MPEG-C14P1-7.12	Dorsal	10,1 mm	10,9 mm
MPEG-C14P1-2.1B	Dorsal	14,8 mm	14,2 mm	MPEG-C14P1-7.15	Dorsal	16,8 mm	17,1 mm
MPEG-C14P1-4.2A	Dorsal	10,6 mm	11,2 mm	MPEG-C14P1-8.8A	Dorsal	13,4 mm	12,9 mm
MPEG-C14P1-4.2B	Dorsal	10,6 mm	11,2 mm	MPEG-C14P1-8.8B	Dorsal	13,4 mm	12,9 mm
MPEG-C14P1-4.4	Dorsal	11,8 mm	12,2 mm	MPEG-C14P1-8.10A	Ventral	12,8 mm	15,2 mm
MPEG-C14P1-5.9A	Dorsal	13,9 mm	13,3 mm	MPEG-C14P1-8.10B	Ventral	12,8 mm	15,2 mm
MPEG-C14P1-5.9B	Dorsal	13,9 mm	13,3 mm	MPEG-C14P1-11.1A	Dorsal	9,2 mm	8,8 mm
MPEG-C14P1-6.1A	Dorsal	11,5 mm	11,1 mm	MPEG-C14P1-11.1B	Dorsal	9,2 mm	8,8 mm
Total de Valvas Ventrais: 4		Total de valvas Dorsais: 16					

Discussão: As amostras descritas no presente trabalho possuem características morfológicas que se aproximam da descrição feita por Comniskey (2011) e Comniskey & Bosetti (2017) para *Gigadiscinia collis*, como contorno da concha subtriangular, linhas de crescimento finas com pequenos espaçamentos e valva dorsal alta e cônica. Os pequenos poros dispostos por toda superfície das valvas, tido como uma das características diagnosticas para o gênero *Gigadiscinia* (Mergl & Massa 2005) não são descritos e nem ilustrados para as espécies de *Gigadiscinia collis* estudadas por Comniskey & Bosetti (2017), assim como também não são vistas no material aqui estudado; a dificuldade em afirmar que *Gigadiscinia?* sp. seja de fato *Gigadiscinia collis* se dá pelo tamanho das amostras estudadas serem bem menores (chegando no máximo 17,8 mm de comprimento e 18,1 mm de largura) quando comparado com o que é registrado na literatura por Comniskey (2011), Comniskey *et al.* (2017) e Mergl & Massa (2005). Apesar dos exemplares analisados terem tamanhos menores quando comparados com

o que é registrado na literatura para o gênero *Gigadiscina*, este se sobressai quando comparados com os demais discinídeos identificados (*O. baini*, *O. bodenbenderi*, *O. excentrica*, e *O. sp. 2*), com exceção de *O. sp. 1*.

Gigadiscina? sp. tem um contorno da concha subtriangular, com valores de comprimento maiores que o de largura, o que a difere de *Gigadiscina lessardi*, cujo contorno é quase circular e as medidas de comprimento são iguais às de largura. As amostras ilustradas de *Gigadiscina anomala* publicadas em Mergl & Massa (2005) encontram-se mal preservadas, impossibilitando comparações. *Gigadiscina?* sp. possui características muito semelhantes a *Gigadiscina collis*, o único ponto que difere uma da outra é a discrepância de tamanho, pode ser que as amostras de *Gigadiscina?* sp. sejam exemplares juvenis de *Gigadiscina collis*, o que justificaria essa diferença de tamanhos, entretanto ainda não é registrado nenhuma ocorrência de espécimes juvenis de *Gigadiscina collis* na literatura, o que dificulta possíveis comparações.

A ausência de microporos dispostos na superfície das valvas, aliadas aos tamanhos das mesmas serem bem menores, quando comparadas as espécies descritas na literatura (*Gigadiscina collis*, *Gigadiscina anomala* e *Gigadiscina lessardi*), optou-se por deixar o gênero e espécie em classificação aberta.

Gênero *Orbiculoidea* (d'Orbigny, 1847)

Espécie tipo - *Orbicula forbesii* Davidson, 1848

Orbiculoidea baini Sharpe, 1856 (Figura 12- E-H)

1856 *Orbicula bainii* Sharpe, p. 210, pl. 26, fig. 20–23.

1903 *Orbiculoidea baini* Sharpe—Reed, p.168, pl. 20, fig. 4–5.

1913 *Orbiculoidea baini* Sharpe—Clarke, p. 301, pl. 25, fig. 5–15.

1913 *Orbiculoidea baini* Sharpe—Kozłowski, p. 8-108, pl. 1, fig. 11–13.

1925 *Orbiculoidea (Roemerella) baini* Sharpe—Reed, p. 36–38, fig.

1954 *Orbiculoidea baini* Sharpe—Lange, p.33.

1967 *Orbiculoidea baini* Sharpe—Davila, Rodriguez, p. 921-935.

1971 *Orbiculoidea baini* Sharpe—Méndez-Alzola, Sprechmann, p. 517-525.

1985 *Orbiculoidea baini* Sharpe—Melo, p. 48a-57a.

1991 *Orbiculoidea baini* Sharpe—Figueiras, p. 57–64.

2001 *Orbiculoidea falklandensis* Sharpe—Boucot, Rowell, Racheboeuf, Pereira, Melo, Siqueira, p. 111, pl. 2, fig. 1–17.

2011 *Orbiculoidea baini* Sharpe—Comniskey, p. 54-58, pl. 4–7.

2016 *Orbiculoidea baini* Sharpe—Carbonaro, Ghilardi, p. 135-149, fig. 6K.

2017 *Orbiculoidea baini* Sharpe—Cominiskey, Bosetti, p. 175-192, fig 3.3-3.4; 4.4-4.6.

2018 *Orbiculoidea baini* Sharpe—Carbonaro, Comniskey, Corral, Ghilardi, p. 11-20, fig 3.

Diagnose: Contorno da concha circular a subcircular, ápice levemente excêntrico. Ambas as valvas cobertas por rugelas pequenas, finas, espaçamento regulares e grandes. Fenda pedicular robusta (traduzida de Sharpe 1856).

Descrição: Valva ventral plana. Contorno da concha circular, valores das medidas de comprimento bem próximo aos de largura. Dimensões variando entre 9,2 mm a 14,9 mm no comprimento e 9,7 mm a 15,1 mm na largura. Linhas de crescimento bem marcadas dispostas concentricamente em torno do ápice. Região apical levemente deprimida, porém, no restante da valva predomina o aspecto plano. Ápice central, com um suave deslocamento em direção à região posterior. Porção anterior corresponde a aproximadamente 60% da valva. Entre a margem posterior e o ápice tem em média entre 15 a 17 linhas de crescimento bem evidenciadas, cujas espessuras variam entre 0,06 mm a 0,16 mm. O tamanho dos interespaços entre as linhas de crescimento possuem uma variação quase imperceptível (0,18 mm a 0,24 mm). Fenda pedicular bem marcada, com formato triangular, iniciando atrás da região apical se estendendo por, pelo menos, dois terços do comprimento da região posterior.

Ocorrência: Ponto de coleta C14P1, localizado no Sítio Belo Monte, município de Vitória do Xingu, Estado do Pará, Brasil; Bacia do Amazonas, Formação Manacapuru (Lochkoviano).

Distribuição geográfica e estratigráfica: **Brasil:** nos estados do Paraná, Bacia do Paraná, formações Ponta Grossa e São Domingos (Praguiano-Givetiano) (Clarke 1913, Comniskey & Bosetti 2017, Lange 1954); Goiás, Sub-Bacia Alto Garças, Unidade 4 do Grupo Chapada (Givetiano) (Carbonaro & Ghilardi 2016, Carbonaro *et al.* 2018) e Mato Grosso, Bacia dos Parecis, Praguiano (Boucot *et al.* 2001). **Restante da América do Sul:** Argentina, Pré-Cordilheira argentina, Formação Talacasto (Praguiano) (Méndez-Alzola & Sprechmann 1971); Bolívia, Praguiano (Davila & Rodriguez 1967); Ilhas Malvinas, Formação *Fox bay*, Praguiano (Sharpe 1856) e Uruguai, Bacia Chacoparanense, Formação Cordobes (Praguiano) (Figueiras 1991). **África:** África do Sul, *Bokkeveld Beds*, Devoniano Inferior (Reed 1925).

Material: 10 exemplares.

Dimensões: As dimensões de comprimento e largura são descritas na tabela 3.

Tabela 3: Medidas dos exemplares identificados de *O. baini*. Comprimento (C) e largura (L).

Tombo	Valva	C	L	Tombo	Valva	C	L
MPEG-C14P1-5.7	Ventral	11,7 mm	12,2 mm	MPEG-C14P1-5.13B	Ventral	10,8 mm	11,00 mm
MPEG-C14P1-5.8A	Ventral	fragmentada		MPEG-C14P1-5.15	Ventral	10,7 mm	11,1 mm
MPEG-C14P1-5.8B	Ventral	fragmentada		MPEG-C14P-5.20A	Ventral	fragmentada	
MPEG-C14P1-5.11	Ventral	fragmentada		MPEG-C14P-5.20B	Ventral	fragmentada	
MPEG-C14P1-5.12	Ventral	9,2 mm	9,7 mm	MPEG-C14P1-7.16	Ventral	14,9 mm	15,1 mm
Total de Valvas Ventrais: 10				Total de valvas Dorsais: 0			

Discussão: Os exemplares analisados apresentam as mesmas características diagnósticas da espécie, como contorno da concha circular, linhas de crescimento bem marcadas, interespaços relativamente grandes, ápice excêntrico e fenda pedicular com formato triangular e bem marcada, semelhantes ao que foi descrito por Sharpe (1856). As amostras de *Orbiculoidea baini* descritas por Clarke (1913), Comniskey (2011), Comniskey & Bosetti (2017) e Lange (1954), para o Devoniano da Bacia do Paraná, diferem em alguns aspectos do material analisado no presente trabalho por possuírem linhas de crescimento mais evidentes, fenda pedicular maior, além de serem maiores no tamanho das valvas, exceto os exemplares que persistiram após efeito *lilliput*, estresse ambiental cujo uma das suas consequências é a diminuição do tamanho das espécies (fenótipos 90% menores), conforme discutido por Bosetti *et al.* (2010a), Bosetti *et al.* (2012) e Comniskey *et al.* (2016).

Nas amostras do Devoniano paranaense, geralmente a fenda pedicular se estende até a margem posterior; já no material analisado apenas parte da fenda pedicular foi preservada, o qual ocupa cerca de dois terços do comprimento da região posterior. Uma quebra ocorre em parte da região posterior, responsável pela não preservação completa da fenda pedicular, dificultando a comparação com os demais registros na literatura. Boucot *et al.* (2001) descreveram amostras do Devoniano Inferior da Bacia do Parecis, onde a fenda pedicular possui apenas um terço do comprimento da valva; apesar dessa disparidade, os autores optaram por não propor uma nova espécie, justificando que tais diferenças, possivelmente estariam relacionados a variação geográfica em larga escala, combinada a parâmetros ecológicos.

Orbiculoidea bodenbenderi Clarke, 1913
(Figura 12- I-J)

1913 *Orbiculoidea bodenbenderi*, Clarke, p. 306, pl. 25, fig. 16-22.

1954 *Orbiculoidea bodenbenderi* Clarke—Lange, p. 41.

1985 *Orbiculoidea bodenbenderi* Clarke—Melo, p. 58a.

1991 *Orbiculoidea bodenbenderi* Clarke—Figueiras, p. 57 – 64.

2011 *Orbiculoidea bodenbenderi* Clarke—Comniskey, p. 59-62, pl. 8-10.

2017 *Orbiculoidea bodenbenderi* Clarke—Comniskey, Bosetti, p. 175-192, fig.3.7-3.8; 4.2; 4.7-4.9.

Diagnose: Concha subcircular. Ruguelas suaves, concêntricas e elevadas; pequenos espaços entre as linhas. Valva dorsal levemente arqueada e valva ventral plana. Fenda pedicular curta, fina e restrita à região apical (modificado de Comniskey & Bosetti 2017).

Descrição: Valva ventral plana. Concha subcircular com 16,7 mm de comprimento de e 16,3 mm de largura. Ocorre um afinamento no contorno da margem posterior em relação à margem anterior. Ápice subcentral levemente deslocado para a margem posterior. A distância entre o ápice e a margem anterior é de 11,8 mm, correspondendo a aproximadamente 70% do comprimento total da valva. Entre a parte esquerda da margem posterior até o ápice tem em cerca de 24 linhas de crescimento bem evidenciadas, com espessuras de 0,3 mm. Tem em média 16 linhas de crescimento em um intervalo de 5 mm na porção anterior. Os espaçamentos entre as linhas são pequenos e regulares, distância entre uma linha e outra é de aproximadamente 0,7 mm.

Ocorrência: Ponto de coleta C14P1, localizado no Sítio Belo Monte, município de Vitória do Xingu, Estado do Pará, Brasil; Bacia do Amazonas, Formação Manacapuru (Lochkoviano).

Distribuição geográfica e estratigráfica: **Brasil:** Estado do Paraná, Bacia do Paraná, Formação Ponta Grossa (Praguiano-Eifeliano) (Clarke 1913, Comniskey & Bosetti 2017, Lange 1954). Restante da **América do Sul:** Ilhas Malvinas, Formação *Fox bay*, Praguiano (Clarke 1913); Uruguai, Bacia Chacoparanense, Formação Cordobes, Praguiano (Figueiras 1991).

Material: 5 exemplares.

Dimensões: As dimensões de comprimento e largura são descritas na tabela 4.

Tabela 4: Medidas dos exemplares identificados de *O. bodenbenderi*. Comprimento (C) e largura (L).

Tombo	Valva	C	L	Tombo	Valva	C	L
MPEG-C14P1-4.2	Ventral	fragmentada		MPEG-C14P1-6.26A	Ventral	16,7 mm	16,4 mm
MPEG-C14P1-6.16A	Ventral	16,6 mm	16,3 mm	MPEG-C14P1-6.26B	Ventral	16,7 mm	16,4 mm
MPEG-C14P1-6.16B	Ventral	16,6 mm	16,3 mm				
Total de Valvas Ventrais: 5		Total de valvas Dorsais: 0					

Discussão: Clarke (1913) não apresentou uma diagnose para a espécie *Orbiculoidea bodenbenderi*, sendo apenas descrita e discutida, o que dificultou a padronização de sua diagnose nos trabalhos posteriores. Comniskey & Bosetti (2017) realizaram a revisão taxonômica dos discinídeos do Devoniano da Bacia do Paraná, no qual propuseram a diagnose para a espécie sendo esta, adotada no presente trabalho, emendada com pequenas modificações retiradas da descrição feita por Clarke (1913).

Dentre as espécies de *Orbiculoidea* identificadas neste trabalho, *Orbiculoidea bodenbenderi* é a que possui o maior número de linhas de crescimento. Além disto, a descrição feita por Comniskey & Bosetti (2017) para as espécies de *Orbiculoidea bodenbenderi* se assemelha com o material aqui estudado, como o contorno subcircular, afinamento na margem posterior, medidas de comprimento e largura, número de linhas de crescimento, espessura e espaçamento, características que não deixam em dúvida sua classificação.

Foi observado que geralmente as conchas possuem uma quebra que se estende desde a região apical até a margem posterior (Figura 12- I-J), provavelmente responsável pela não preservação da fenda pedicular.

Orbiculoidea bodenbenderi se diferencia dos exemplares de *Orbiculoidea baini*, devido sua valva ventral ser bastante plana, por conta do afinamento no contorno da margem posterior em relação à margem anterior e também o número de linhas de crescimento serem bem maiores, menos evidentes e com espaçamentos curtos. Se difere de *Orbiculoidea excentrica* devido suas linhas de crescimento terem um espaçamento mais regular, o ápice levemente deslocado e o número de linhas de crescimento serem iguais tanto na região anterior quanto na posterior.

Orbiculoidea excentrica Lange, 1943
(Figura 12- K-O)

1943 *Orbiculoidea excentrica*, Lange, p.223, pl. 17, fig. 1.

1954 *Orbiculoidea excentrica* Lange—Lange, p. 41-81.

1985 *Orbiculoidea excentrica* Lange—Melo, p. 61a, fig. 1.

2011 *Orbiculoidea excentrica* Lange—Comniskey, p. 63-65, pl.11.

2016 *Orbiculoidea excentrica* Lange—Carbonaro, Ghilardi, p. 135-149, fig.6L.

2017 *Orbiculoidea excentrica* Lange—Comniskey, Bosetti, p 175-192, fig. 3.5-3.6; 4.1

2018 *Orbiculoidea excentrica* Lange—Carbonaro, Comniskey, Corral, Ghilardi, p. 11-20, fig 3C e 3D.

Diagnose: Contorno da concha subcircular e um perfil plano. Valva dorsal ligeiramente elevada; ápice cônico, submarginal. Fenda pedicular curta e fina, começando próximo à margem posterior. Ruguelas bastante nítidas e com espaçamentos bem irregulares (modificado de Comniskey & Bosetti 2017).

Descrição: Valva dorsal côncava, contorno da concha subcircular. A margem posterior é mais acuminada do que a margem anterior. Dimensões variando entre 3,2 mm a 9,9 mm de comprimento e 3,6 mm a 10,1 mm de largura. Região apical é bem marcada, linhas de crescimento ajudam a destacar essa porção. O ângulo de inclinação que parte da margem anterior em direção ao ápice é menor quando comparado com a porção posterior, com inclinação suavemente convexa na parte anterior; já, na posterior é côncava. O ápice é submarginal, situado próximo à margem posterior. A distância entre o ápice e a margem posterior da valva dorsal é de aproximadamente 25% a 30% do comprimento total da valva. O bico do ápice é proeminente, com uma leve inclinação para a margem posterior em formato cônico. Da margem posterior em direção ao ápice tem em média 19 linhas de crescimento, mais concentradas na porção anterior, geralmente 7 a mais que a parte posterior, tendo espessura média de 0,02 mm a 0,06 mm. Os interespaços entre as linhas de crescimento são nitidamente irregulares, variando entre 0,12 mm a 0,26 mm, sendo que os espaçamentos são maiores na parte anterior.

Ocorrência: Pontos de coletas C3P1, C9P1, C13P1 e C14P1, localizados no Sítio Belo Monte, município de Vitória do Xingu, Estado do Pará, Brasil; Bacia do Amazonas, Formação Manacapuru (Lochkoviano).

Distribuição geográfica e estratigráfica: **Brasil:** no estado do Paraná, Bacia do Paraná, formações Ponta Grossa e São Domingos (Praguiano-Givetiano) (Comniskey & Bosetti 2017, Lange 1943, 1954) e Goiás, Sub-Bacia Alto Garças, Unidade 4 do Grupo Chapada (Givetiano) (Carbonaro & Ghilardi, 2016, Carbonaro *et al.* 2018).

Material: 34 exemplares.

Dimensões: As dimensões de comprimento e largura são descritas na tabela 5.

Tabela 5: Medidas dos exemplares identificados de *O. excentrica*. Comprimento (C) e largura (L).

Tombo	Valva	C	L	Tombo	Valva	C	L
MPEG-C3P1-1.30	Dorsal	fragmentada		MPEG-C13P1-3.13B	Dorsal	3,2 mm	3,6 mm
MPEG-C3P1-1.35A	Dorsal	9,6 mm	9,7 mm	MPEG-C14P1-2.6	Dorsal	fragmentada	
MPEG-C3P1-1.35B	Dorsal	9,6 mm	9,7 mm	MPEG-C14P1-3.3A	Dorsal	fragmentada	
MPEG-C3P1-1.71A	Dorsal	6,7 mm	6,6 mm	MPEG-C14P1-3.3B	Dorsal	fragmentada	
MPEG-C3P1-1.91	Dorsal	fragmentada		MPEG-C14P1-4.6A	Dorsal	5,5 mm	5,8 mm
MPEG-C3P1-1.130B	Dorsal	9,9 mm	10,1 mm	MPEG-C14P1-4.6B	Dorsal	5,5 mm	5,8 mm
MPEG-C3P1-1.134A	Dorsal	6,1 mm	5,9 mm	MPEG-C14P1-6.2A	Dorsal	fragmentada	
MPEG-C3P1-1.139	Dorsal	7,7 mm	7,6 mm	MPEG-C14P1-6.2B	Dorsal	fragmentada	
MPEG-C3P1-1.169	Dorsal	8,2 mm	8,4 mm	MPEG-C14P1-6.13	Ventral	fragmentada	
MPEG-C3P1-1.204	Dorsal	9,1 mm	9,2 mm	MPEG-C14P1-6.20	Dorsal	fragmentada	
MPEG-C3P1-1.210A	Dorsal	fragmentada		MPEG-C14P1-6.23	Dorsal	5,0 mm	5,4 mm
MPEG-C3P1-1.210C	Dorsal	fragmentada		MPEG-C14P1-7.9	Dorsal	fragmentada	
MPEG-C9P1-4A	Dorsal	7,5 mm	7,3 mm	MPEG-C14P1-7.13	Dorsal	fragmentada	
MPEG-C9P1-4B	Dorsal	7,5 mm	7,3 mm	MPEG-C14P1-7.18	Dorsal	fragmentada	
MPEG-C13P1-3.10A	Dorsal	9,4 mm	9,5 mm	MPEG-C14P1-8.2	Dorsal	fragmentada	
MPEG-C13P1-3.10B	Dorsal	9,4 mm	9,5 mm	MPEG-C14P1-9.2A	Dorsal	4,5 mm	4,6 mm
MPEG-C13P1-3.13A	Dorsal	3,2 mm	3,6 mm	MPEG-C14P1-9.2B	Dorsal	4,5 mm	4,6 mm
Total de Valvas Ventrais: 1		Total de valvas Dorsais: 33					

Discussão: Devido Lange (1943) ter proposto esta espécie com base apenas em duas amostras de valvas pediculares e não ter proposto uma diagnose, criou-se uma certa dificuldade para a identificação realizada nesta pesquisa. Trabalhos posteriores como de Comniskey (2011), Comniskey & Bosetti (2017) e Carbonaro *et al.* (2018) permitiram uma melhor comparação com os exemplares aqui estudados. Desta forma, adotou-se a diagnose de Comniskey & Bosetti (2017), acrescentando uma emenda com as características apresentadas por Lange (1943).

O material estudado apresenta as típicas características diagnósticas da espécie *Orbiculoidea excentrica*, como ápice submarginal, contorno subcircular, maior número de linhas de crescimento na parte anterior e espaçamentos entre as linhas de crescimento irregulares. Entretanto, o material descrito por Lange (1943) tem quase o dobro de linhas de crescimento na parte anterior, o que não foi observado nos exemplares estudados, tendo estes, em média, sete linhas a mais na porção anterior do que na posterior. A distância do ápice para a margem posterior é bem semelhante às descritas por Lange (1943) e bem próxima aos valores descritos por Carbonaro *et al.* (2018). A espécie *Orbiculoidea excentrica* difere de *Orbiculoidea baini* devido ao espaçamento irregular das linhas de crescimento, do ápice submarginal e da fenda pedicular restrita à região apical.



Figura 12- A – D: *Gigadiscina?* sp. - A) MPEG-C14P1-5.9B (valva dorsal, molde externo), B) MPEG-C14P1-2.1B (valva dorsal, molde externo), C) MPEG-C14P1-8.8A (valva dorsal, molde externo) e D) MPEG-C13P1-3.5 (valva ventral, molde interno); E – H: *Orbiculoidea baini* - E) MPEG-C14P1-5.13B (valva ventral, molde interno), F) MPEG-C14P1-5.7 (valva ventral, molde interno), G) MPEG-C14P1-5.8B (valva ventral, molde interno) e H) MPEG-C14P1-5.20A (valva ventral, molde interno); I – J: *Orbiculoidea bodenbenderi* - I) MPEG-C14P1-6.26A (valva ventral, molde externo) e J) MPEG-C14P1-6.26B (valva ventral, contramolde de MPEG-C14P1-6.26A); K – O: *Orbiculoidea excentrica* - K) MPEG-C9P1-4A (valva dorsal, molde externo), L) MPEG-C9P1-4B (valva dorsal, contramolde de MPEG-C9P1-4A) M) MPEG-C3P1-1.204 (valva dorsal, molde interno), N) MPEG-C13P1-3.10B (valva dorsal, molde interno) e O) MPEG-C14P1-6.13 (valva ventral, molde interno). Escala: 2 mm.

Orbiculoidea sp. 1
(Figura 13- A-D)

Descrição: Valva dorsal convexa e subcircular. Dimensões variando entre 9,6 mm a 19,8 mm de comprimento e 10,1 mm a 19,8 mm de largura; as medidas de largura são consideravelmente maiores quando comparados com as medidas de comprimento. Margem anterior maior e mais longa. Possui ornamentação do tipo linhas de crescimento concêntricas bem marcadas. Ápice robusto, achatado, subcentral, levemente deslocado em direção à margem posterior. Região do umbo bem marcada e elevada, o que torna a concha convexa. As regiões próximas às margens das valvas são mais planas, e nas partes próximas ao ápice são mais convexas.

Valva ventral convexa. Contorno da concha subcircular. Ápice achatado, subcentral, levemente deslocado para margem posterior, região do umbo com uma leve depressão. Linhas de crescimento concêntricas bem evidentes, levemente acentuadas, mais notáveis na parte lateral da margem posterior. Fenda peduncular robusta, formato cilíndrico, partindo do ápice até a margem posterior.

Ocorrência: Ponto de Coleta C14P1, localizado no Sítio Belo Monte, município de Vitória do Xingu, Estado do Pará, Brasil; Bacia do Amazonas, Formação Manacapuru (Lochkoviano).

Distribuição geográfica e estratigráfica: Brasil, Bacia do Amazonas, Formação Manacapuru (Lochkoviano) (registro do atual trabalho).

Material: 18 exemplares.

Dimensões: As dimensões de comprimento e largura são descritas na tabela 6.

Tabela 6: Medidas dos exemplares identificados de *Orbiculoidea* sp.1. Comprimento (C) e largura (L).

Tombo	Valva	C	L	Tombo	Valva	C	L
MPEG-C14P1-1.2	Dorsal	13,9 mm	14,1 mm	MPEG-C14P1-5.21	Dorsal	11,7 mm	13,1 mm
MPEG-C14P1-3.4	Dorsal	9,6 mm	10,1 mm	MPEG-C14P1-6.4	Dorsal	fragmentada	
MPEG-C14P1-4.3A	Dorsal	13,9 mm	14,4 mm	MPEG-C14P1-6.17	Dorsal	11,4 mm	11,8 mm
MPEG-C14P1-4.3B	Dorsal	13,9 mm	14,4 mm	MPEG-C14P1-6.27A	Dorsal	16,9 mm	17,7 mm
MPEG-C14P1-4.11	Dorsal	12,3 mm	12,9 mm	MPEG-C14P1-8.9	Dorsal	fragmentada	
MPEG-C14P1-5.2	Dorsal	19,2 mm	19,6 mm	MPEG-C14P1-11.2	Ventral	14,4 mm	16,8 mm
MPEG-C14P1-5.4	Dorsal	fragmentada		MPEG-C14P1-14A	Dorsal	12,9 mm	14,1 mm
MPEG-C14P1-5.16A	Dorsal	15,6 mm	16,4 mm	MPEG-C14P1-14B	Dorsal	12,9 mm	14,1 mm
MPEG-C14P1-5.19	Dorsal	19,2 mm	19,8 mm	MPEG-C14P1-15	Ventral	11,4 mm	13,2 mm
Total de Valvas Ventrais: 2		Total de valvas Dorsais: 16					

Discussão: As amostras de *Orbiculoidea* sp. 1 não possuem boa preservação. As Medidas de espaçamento entre linhas de crescimento, espessura entre essas linhas e o número de linhas por valvas não puderam ser mensuradas, não permitindo uma classificação mais apurada.

No entanto, algumas características são bem marcantes nas espécimes analisadas, como medidas de largura, que são consideravelmente maiores quando comparados com as medidas de comprimento, dando a impressão de que os contornos das valvas são subcirculares “achatados”, o que difere de todas as outras espécies citadas anteriormente, onde esses valores de C/L não são tão discrepantes. Difere de *O. baini* pelo fato do contorno subcircular e do umbo robusto, enquanto que em *O. baini*, o contorno é circular e o umbo é mais discreto; difere de *O. excentrica* por conta do umbo, que é mais robusto e achatado e do ápice que é subcentral, já em *O. excentrica* é menor e mais cônico, e o ápice é submarginal; difere de *Gigadiscina?* sp. por conta do seu contorno subcircular e pelo umbo robusto, enquanto que em *Gigadiscina?* sp. o contorno é claramente subtriangular e o umbo é menor.

Orbiculoidea sp. 2
(Figura 13- E-I)

Descrição: Valva dorsal convexa, com contorno subcircular (oval). Dimensões variando entre 6,2 mm a 7,9 mm no comprimento e 6,2 mm a 8,4 mm na largura. A valva é plana nas margens, com uma suave elevação na região apical, o que a evidencia bem, tornando a concha convexa. Ápice submarginal, deslocado em direção à margem posterior, com bico proeminente, ângulo de inclinação menor na parte anterior e maior na porção posterior e formato cônico. Umbo robusto e achatado. Ornamentação do tipo linhas de crescimento concêntricas, bem definidas, acentuadas, bem espaçadas, espaçamentos irregulares, mais notáveis próximos às margens da concha.

Valva ventral convexa, contorno da margem subcircular. Ápice cônico, submarginal, levemente deslocado para margem posterior. A valva ventral é menos elevada que a dorsal; fenda pedicular pequena, com formato cilíndrico, que se estende do ápice em direção à margem posterior, porém restrita à região apical.

Ocorrência: Pontos de coletas C3P1 e C13P1 situados no Sítio Belo Monte, município de Vitória do Xingu, Estado do Pará, Brasil; Bacia do Amazonas, Formação Manacapuru (Lochkoviano).

Distribuição geográfica e estratigráfica: Brasil, Bacia do Amazonas, Formação Manacapuru (Lochkoviano) (registro do atual trabalho).

Material: 19 exemplares.

Dimensões: As dimensões de comprimento e largura são descritas na tabela 7.

Tabela 7: Medidas dos exemplares identificados de *Orbiculoidea* sp.2. Comprimento (C) e largura (L).

Tombo	Valva	C	L	Tombo	Valva	C	L
MPEG-C3P1-1.32A	Dorsal	7,9 mm	8,4 mm	MPEG-C13P1-1.22A	Dorsal	6,6 mm	6,4 mm
MPEG-C3P1-1.32B	Dorsal	7,9 mm	8,4 mm	MPEG-C13P1-1.22B	Dorsal	6,6 mm	6,4 mm
MPEG-C3P1-1.34A	Dorsal	6,4 mm	6,2 mm	MPEG-C13P1-1.29	Dorsal	7,1 mm	7,0 mm
MPEG-C3P1-1.34B	Dorsal	6,4 mm	6,2 mm	MPEG-C13P1-2.2A	Dorsal	fragmentada	
MPEG-C3P1-1.47A	Dorsal	fragmentada		MPEG-C13P1-2.2B	Dorsal	fragmentada	
MPEG-C3P1-1.47C	Dorsal	fragmentada		MPEG-C13P1-3.7A	Ventral	6,2 mm	6,8 mm
MPEG-C3P1-1.138A	Dorsal	fragmentada		MPEG-C13P1-3.7B	Ventral	6,2 mm	6,8 mm
MPEG-C3P1-1.138C	Dorsal	fragmentada		MPEG-C13P1-3.12A	Dorsal	7,2 mm	6,6 mm
MPEG-C13P1-1.3B	Dorsal	fragmentada		MPEG-C13P1-3.12B	Dorsal	7,2 mm	6,6 mm
MPEG-C13P1-1.9A	Ventral	6,5 mm	6,9 mm				
Total de Valvas Ventrais: 3				Total de valvas Dorsais: 16			

Discussão: O grau de preservação do material dificulta sua classificação, entretanto as características morfológicas aqui descritas se distinguem bem de *Gigadiscina?* sp., *O. baini*, *O. bodenbenderi* e *Orbiculoidea* sp. 1, e se assemelham à *O. excentrica*, como contorno subcircular e ápice submarginal; porém, algumas diferenças foram notadas, como umbo mais robusto e achatado, enquanto que em *O. excentrica* é menor e cônico. A má preservação das linhas de crescimento e dos espaçamentos entre elas dificultam uma comparação mais precisa. Desta forma, optou-se por deixar sua classificação em aberto.

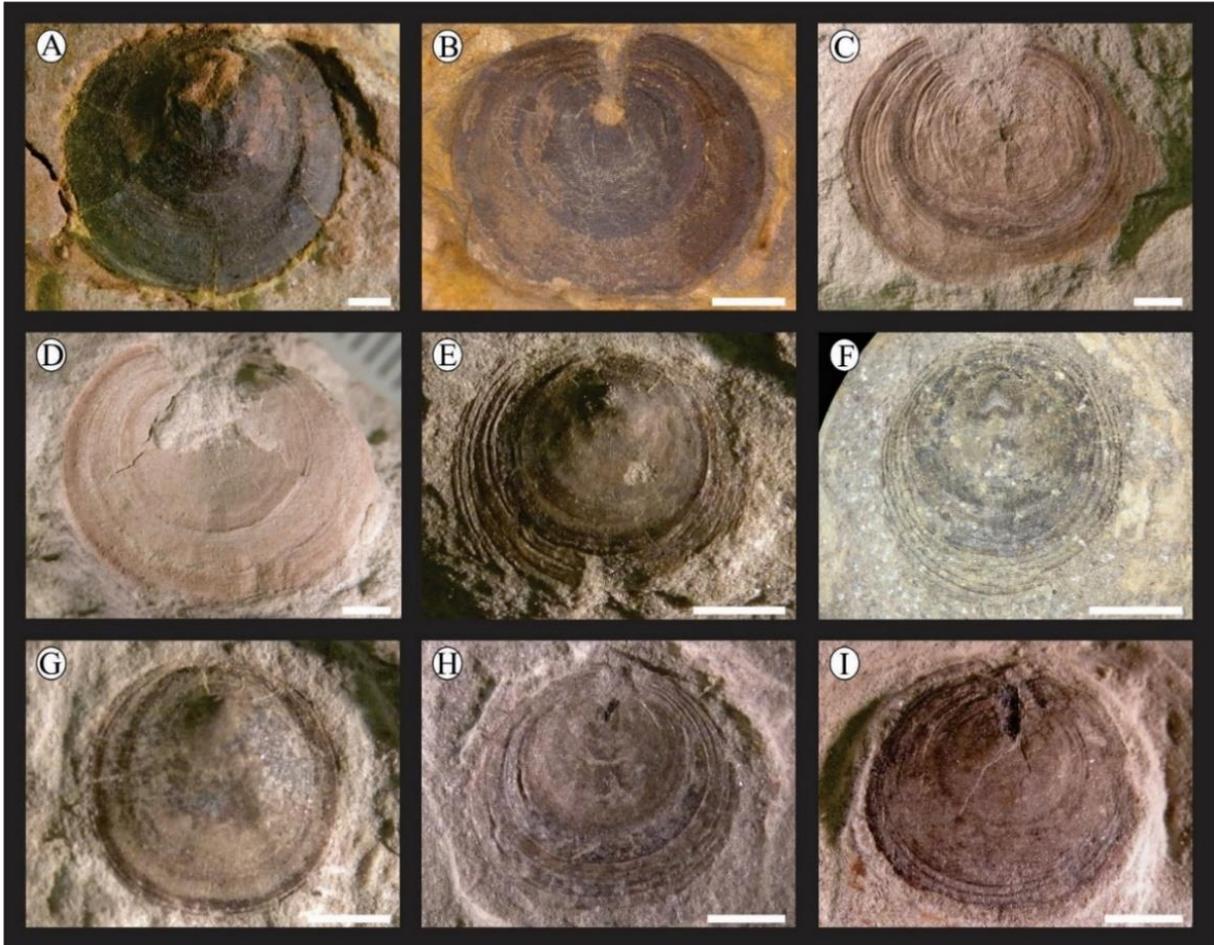


Figura 13- **A – D: *Orbiculoidea* sp. 1** - A) MPEG-C14P1-4.3B (valva dorsal, molde interno), B) MPEG-C14P1-11.2 (valva ventral, molde interno), C) MPEG-C14P1-15 (valva ventral, molde externo) e D) MPEG-C14P1-14B (valva dorsal, molde externo); **E – I: *Orbiculoidea* sp. 2** - E) MPEG-C3P1-1.32B (valva dorsal, molde interno), F) MPEG-C13P1-3.12A (valva dorsal, molde interno), G) MPEG-C13P1-1.22A (valva dorsal, molde interno) e H) MPEG-C13P1-1.9A (valva ventral, molde interno), e I) MPEG-C13P1-3.7A (valva ventral, molde interno). Escala: 2 mm.

5.2 ASPECTOS PALEOECOLÓGICOS

Os discinídeos são braquiópodes formados por duas valvas de composição organofosfática, exclusivamente marinhos, ocorrendo em depósitos de *shoreface* a *offshore*, (Comniskey *et al.* 2016, Williams & Rowell 1965). O gênero *Orbiculoidea* tem como habitat dominante à zona nerítica (Zhang *et al.* 2018). A família Discinidae possui um hábito de vida variável, o que já levou a diversas discussões, como, hábitos bentônicos livre, bentônico fixo, suspensívoros, nectônicos e planctônicos; pesquisas mais recentes sugerem hábito epibentônico (Mergl 2001, Südkamp 1997). Os discinídeos identificados no presente trabalho (*Gigadiscina?* sp., *Orbiculoidea baini*, *Orbiculoidea bodenbenderi*, *Orbiculoidea excentrica*, *Orbiculoidea* sp. 1 e *Orbiculoidea* sp. 2) possuem valvas ventrais planas ou levemente arqueadas (descritos no tópico Sistemática paleontológica), assim, sugerindo que a fixação

desses organismos ao substrato ocorreram principalmente em função do pedículo, e hábito epibentônico (Mergl 2001).

De modo geral, o material analisado, em quase sua totalidade, são valvas desarticuladas; de acordo com Südkamp (1997), o fato dos braquiópodes inarticulados possuírem ambas as valvas conectadas apenas pelos músculos explicam o motivo das conchas comumente se preservarem separadas uma da outra, com exceção dos eventos catastróficos. Assim, sugere-se que houve uma morte natural dos discinídeos estudados (*Gigadiscina?* sp., *O. baini*, *O. bodenbenderi*, *O. excentrica*, *O. sp. 1* e *O. sp. 2*), sem nenhuma possível perturbação ambiental.

A maioria das informações a respeito dos hábitos de vida dos fósseis de discinídeos são inferidas a partir de analogia aos modos de vida dos diversos gêneros viventes da Superfamília Discinoidea (*Discina* Lamarck 1819, *Discinisca* Dall 1871, *Discradisca* Stenzel 1964, *Pelagodiscus* Dall 1908). Mesmo havendo uma distância temporal significativa, as formas vivas são amplamente usadas para modelar os hábitos de vida dos gêneros extintos (Zhang *et al.* 2018).

O gênero *Orbiculoidea* tem como habitat dominante ambientes marinhos costeiros rasos; tal afirmativa é sustentada devido a distribuição de discinídeos atuais em quase sua totalidade ocorrerem em profundidades menores que 30 metros (Emig 1997, Zhang *et al.* 2018); de acordo com o levantamento realizado por Zhang *et al.* (2018), 92,7% dos registros fossilíferos de *Orbiculoidea* estão atrelados a condições marinhas rasas. A fauna de discinídeos registrada no Devoniano da Bacia do Paraná (é bem semelhante a identificada no presente estudo), é associada a depósitos marinho plataformais (Comniskey 2011, Comniskey & Bosetti 2017, Comniskey *et al.* 2016). Portanto, a presença de *O. baini*, *O. bodenbenderi*, *O. excentrica*, e *Gigadiscina?* sp. em estratos da Formação Manacapuru sugerem um ambiente marinho de plataforma rasa, corroborando com o que já é proposto para a porção superior da referida formação (Carrozi *et al.* 1973, Cunha *et al.* 2007, Rocha *et al.* 2019).

Ao analisar os discinídeos identificados na presente pesquisa (*Gigadiscina?* sp., *O. baini*, *O. bodenbenderi*, *O. excentrica*, *O. sp. 1* e *O. sp. 2*) percebemos que os mesmos possuem características morfológicas de formas adultas, porém, quando comparamos os tamanhos dos mesmos com os demais registros na literatura (Boucot *et al.* 2001, Comniskey & Bosetti 2017, Méndez-Alzola & Sprechmann 1971, Mergl & Massa 2005), notamos que os exemplares possuem tamanhos relativamente menores (Tabela 8); com exceção das espécies *O. baini* e *O. excentrica* do Givetiano da Unidade 4 da Sub-bacia Alto das Garças (Bacia do Paraná), e da porção superior da Formação São Domingos, Bacia do Paraná (Carbonaro *et al.*

2018, Comniskey & Bosetti 2017, Comniskey *et al.* 2016), cujos fenótipos de tamanhos reduzidos seriam consequência da crise biótica global “*Kačák*”, que ocorreu na transição do Eifeliano/Givetiano.

De acordo com Boucot *et al.* (2001) as variações morfológicas que ocorrem entre algumas espécies de *Orbiculoidea*, estaria ligado à variação geográfica em larga escala, combinado com parâmetros ecológicos. Chuang (1961), demonstrou a relação entre os efeitos ambientais locais e a taxa de crescimento dos lingulídeos. Portanto, o fato da fauna registrada possuir tamanhos menores pode estar atrelado a questões paleobiogeográficos, onde, tais diferenças eram consequência da variação geográfica em larga escala, haja vista, que durante o Devoniano Inferior, a Bacia do Amazonas estava situado entre as latitudes (30°S e 60°S); já as demais bacias sedimentares, Sub-bacia Alto das Garças, Bacia do Paraná e Bacia de Parecis estavam mais próximas das altas latitudes (60°S e 90°S), o que acarreta em condições ambientais locais distintas.

Tabea 8- Comparação entre os tamanhos dos discinídeos identificados no presente trabalho e os principais registros na literatura.

Comparação entre os tamanhos das maiores valvas de discinídeos identificados com o registro na literatura.						
Comprimento (C) / Largura (L) em milímetro.						
	Atual trabalho	Carbonaro <i>et al.</i> (2018)	Comniskey & Bosetti (2017)	Mergl & Massa (2005)	Boucot <i>et al.</i> (2001)	Méndez-Alzola & Sprechmann (1971)
<i>Gigadiscina</i>	C:17,8 L:18,1	X	C:60,0 L:50,0	C:43,0 L:45,0	C: 52,0	X
<i>O. baini</i>	C:14,9 L:15,1	C:7,0 L:8,0	L: 29,00	X	C: 26,0	C: 26,0
<i>O. bodenbenderi</i>	C:16,7 L:16,4	X	C:25,0 L:25,0	X	X	X
<i>O. excentrica</i>	C:9,9 L:10,1	C:8,5 L:9,0	C:20,0 L:21,0	X	X	X

Ao verificar as características litológicas, distribuição da fauna de discinídeos identificada (*Gigadiscina?* sp., *O. baini*, *O. bodenbenderi*, *O. excentrica*, *O. sp. 1* e *O. sp. 2*) e sua relação com os demais braquiópodes (Lingulídeos e Rhynchonelliformes), possibilitou a individualização de três intervalos (I, II e III) ao longo do perfil estratigráfico (Figura 14).

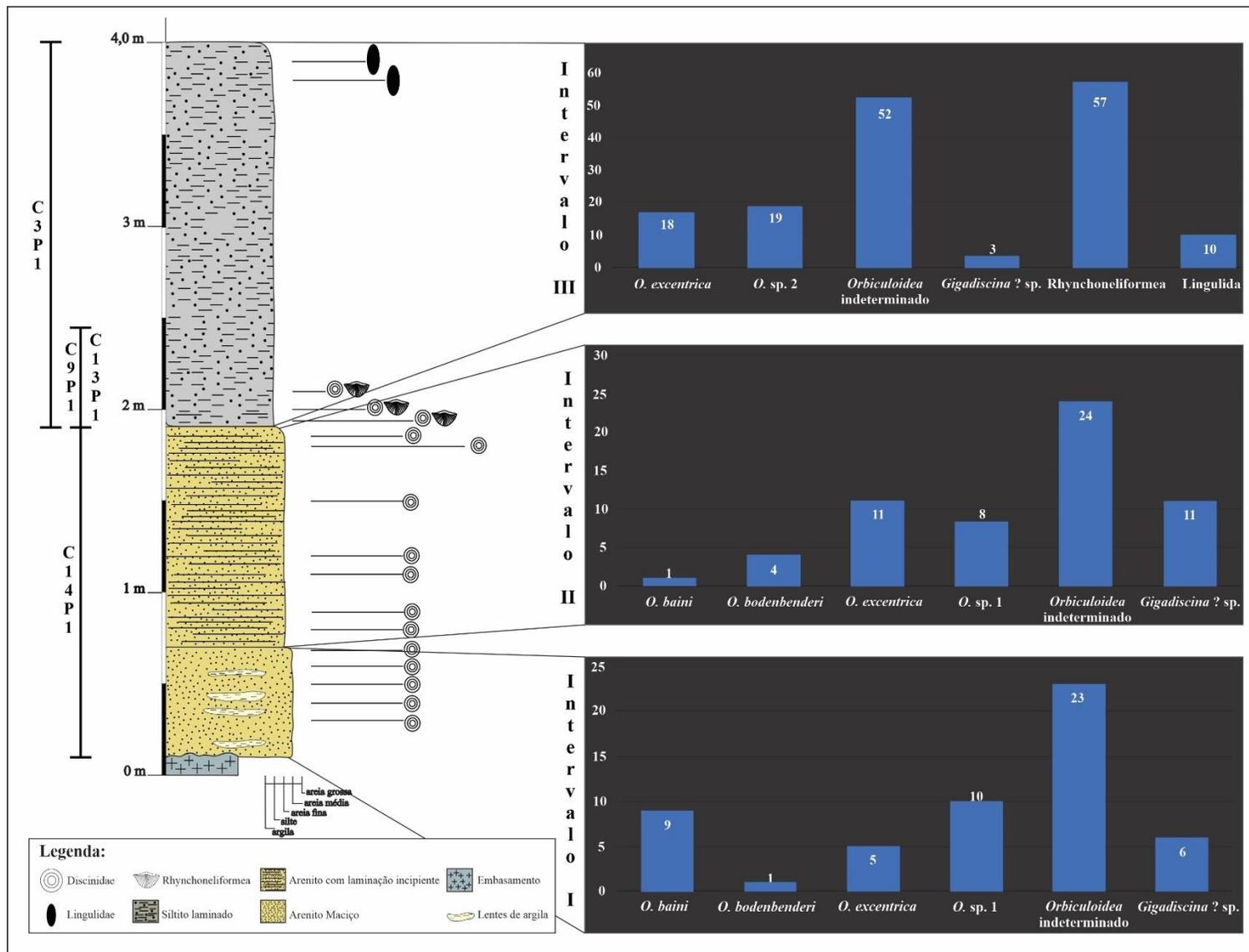


Figura 14- Perfil estratigráfico composto dos pontos de coleta (C3P1, C9P1, C13P1 e C14P1), individualizado em três intervalos, levando em consideração as características litológicas e a distribuição da fauna identificada.

Intervalo I (0,1 m – 0,7 m) e *Intervalo II* (0,7 m – 1,9 m):

O intervalo I é caracterizado por um pacote de aproximadamente 0,7 m de arenito fino intercalado por lentes de argila. Foram encontrados um total de 54 discinídeos no referido intervalo, sendo *Gigadiscina?* sp. (6 exemplares), *O. baini* (9 exemplares), *O. bodenbenderi* (1 exemplar), *O. excentrica* (5 exemplares), *O. sp. 1* (10 exemplares) e *Orbiculoidea* indeterminado (23 exemplares).

O intervalo II compreende uma camada de arenito fino com uma laminação incipiente, com aproximadamente 1,2 m de espessura. A assembleia de discinídeos encontradas nesse intervalo é bem semelhante ao intervalo anterior, compreendendo um total de 59 exemplares: *Gigadiscina?* sp. (11 exemplares), *O. baini* (1 exemplares), *O. bodenbenderi* (4 exemplares), *O. excentrica* (11 exemplares), *O. sp. 1* (8 exemplares) e *Orbiculoidea* indeterminado (24 exemplares). O que difere os intervalos I e II é uma pequena variação litológica, e a proporção quantitativa de espécimes identificados.

Nos intervalos I e II ocorrem a maior variedade de espécies de discinídeos, (*O. baini*, *O. bodenbenderi*, *O. excentrica*, *O. sp. 1*, e *Gigadiscina?* sp.); as espécies *O. baini*, *O. bodenbenderi*, *O. excentrica* e *O. sp. 1* só foram registradas nos referidos intervalos. A fauna identificada nesses intervalos tem tamanhos consideravelmente maiores quando comparamos com as espécies que ocorrem no intervalo III, com exceção da espécie *O. excentrica* que chegam no máximo à 5,5 mm no comprimento e 5,8 mm de largura, sendo que das 16 valvas de *O. excentrica* encontradas nos intervalos I e II, 11 estão fragmentadas. É possível que as espécies que desenvolveram tamanhos maiores (*Gigadiscina?* sp., *O. baini*, *O. bodenbenderi* e *O. sp. 1*) conseguiram se adaptar melhor a um ambiente com variação de energia (representado pelas camadas de arenito fino intercalado por lentes de argila e arenito fino com uma laminação incipiente). As medidas de comprimento e largura das amostras dos intervalos I, II e III encontram anexadas nos apêndices A, B e C.

Intervalo III (1,9 m – 4,0 m):

O intervalo III abrange um pacote de siltito laminado com aproximadamente 2,1 m de espessura onde foram identificados um total de 79 discinídeos (3 exemplares de *Gigadiscina?* sp., 18 exemplares de *O. excentrica*, 19 exemplares de *O. sp. 2* e 52 exemplares de *Orbiculoidea* indeterminado), todos concentrados nos primeiros 0,3 m da camadas, associados a grandes quantidades de Rhynchonelliformes; os lingúlídeos ocorrem de forma isolada no topo da camada.

O. sp. 2 só foram encontrados no intervalo III. Foi nesse intervalo também, que foram registrado o maior número de valvas de *O. excentrica* (total de 18), cujo os tamanhos encontram-se mais desenvolvidos (valvas chegando até 9,9 mm de comprimento e largura 10,1 mm), e o número de valvas fragmentadas são menores (apenas 4) quando comparado com os intervalos I e II. Além do mais, as valvas de *O. excentrica* e *O. sp. 2* são as únicas que ocorrem associadas aos Rhynchonelliformea (Figura 15). Assim, acredita-se que as espécies *O. excentrica* e *O. sp. 2*, além dos rhynchonelliformes, tenham uma preferência natural por ambientes de baixa energia, no caso representado pela camada de siltito.

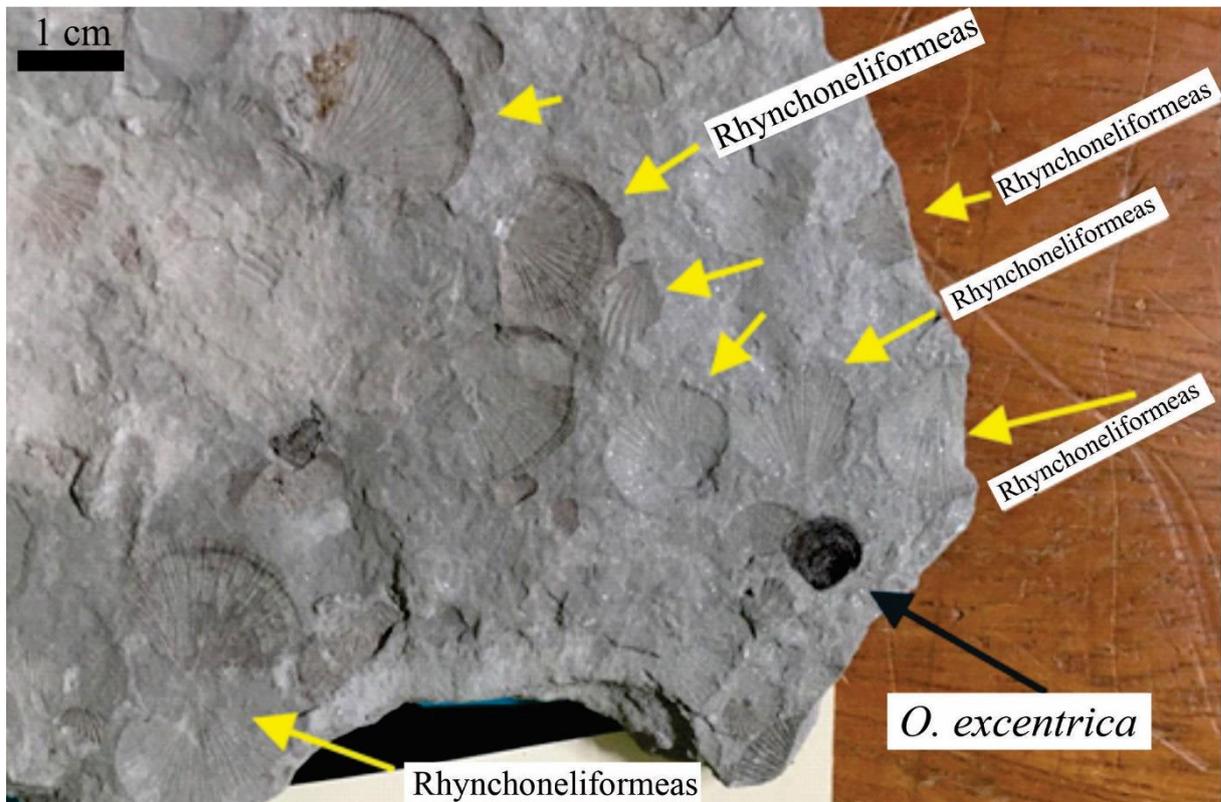


Figura 15- *O. excentrica* associado as grandes quantidades de valvas de rhynchonelliformes em níveis de siltitos da base do intervalo III.

5.3 DISTRIBUIÇÃO ESTRATIGRÁFICA E PALEOBIOGEOGRÁFICA

O gênero *Orbiculoidea* possui uma ampla distribuição geográfica (África, América do Norte, América do Sul, Antártida, Ásia, Europa e Oceania) e estratigráfica (Ordoviciano ao Permiano). O levantamento da ocorrência geográfica permitiu verificar que apesar da presença de *Orbiculoidea baini* em estratos Praguiano da África do Sul (Reed 1925), é na América do Sul sua maior amplitude geográfica e estratigráfica (Figura 16), com registro no Brasil, nos estados de Goiás (Givetiano) (Carbonaro & Ghilardi 2016, Carbonaro *et al.* 2018), Mato Grosso (Praguiano) (Boucot *et al.* 2001), Paraná (Praguiano ao Givetiano) (Clarke 1913, Comniskey & Bosetti 2017, Comniskey *et al.* 2016, Lange 1954), e no Praguiano da

Argentina, Bolívia, Ilhas Malvinas e Uruguai (Davila & Rodriguez 1967, Figueiras 1991, Méndez-Alzola & Sprechmann 1971, Sharpe 1856).

Orbiculoidea bodenbenderi é registrado apenas para América do Sul, ocorrendo no Brasil no estado do Paraná (Praguiano ao Eifeliano) (Clarke 1913, Comniskey & Bosetti 2017, Lange 1954), nas Ilhas Malvinas (Praguiano) e Uruguai (Praguiano) (Clarke 1913, Figueiras 1991). *Orbiculoidea excentrica* é o único que ocorre apenas no Brasil, mais especificamente nos estados do Paraná (Praguiano, Emsiano e Givetiano) (Comniskey & Bosetti 2017, Lange 1943, 1954) e Goiás (Givetiano) (Carbonaro & Ghilardi 2016, Carbonaro *et al.* 2018).

Já o gênero *Gigadiscina* possui distribuição geográfica mais restrita quando comparado ao gênero *Orbiculoidea*, ocorrendo na Europa: Alemanha (Praguiano) e República Tcheca (Lochkoviano) (Kayser 1892, Mergl 2001); no continente africano: África do Sul (Praguiano), Argélia (Praguiano) e Líbia (Givetiano e Frasniano) (Mergl & Massa 2005, Reed 1925); na América do Sul só foram registrados no Brasil, nos estados do Paraná (Praguiano-Emsiano) e Mato Grosso (Praguiano) (Boucot *et al.* 2001, Comniskey & Bosetti 2017), além da Antártida (Praguiano-Emsiano) (Rowell 1965). *Gigadiscina* foi proposto recentemente por Mergl & Massa (2005), quando comparado com *Orbiculoidea* notamos que ainda é um gênero com poucos registros e uma amplitude estratigráfica curta (Lochkoviano-Praguiano), o que dificulta seu entendimento evolutivo.

O registro inédito das espécies *Orbiculoidea baini*, *Orbiculoidea bodenbenderi* e *Orbiculoidea excentrica* em fácies marinhas da Formação Manacapuru são, até então, as ocorrências mais antigas (Lochkoviano); enquanto que *Gigadiscina* já foram encontrados em estratos Lochkoviano da Bacia de Praga (Mergl 2001). Apesar do gênero *Orbiculoidea* já ter sido mencionado na literatura em camadas da Formação Manacapuru (Wanderley Filho *et al.* 2005), este são os primeiros registros das espécies *Orbiculoidea baini*, *Orbiculoidea bodenbenderi* e *Orbiculoidea excentrica* e do gênero *Gigadiscina* para a referida unidade, sendo também as primeiras ocorrências para o Norte do Brasil.

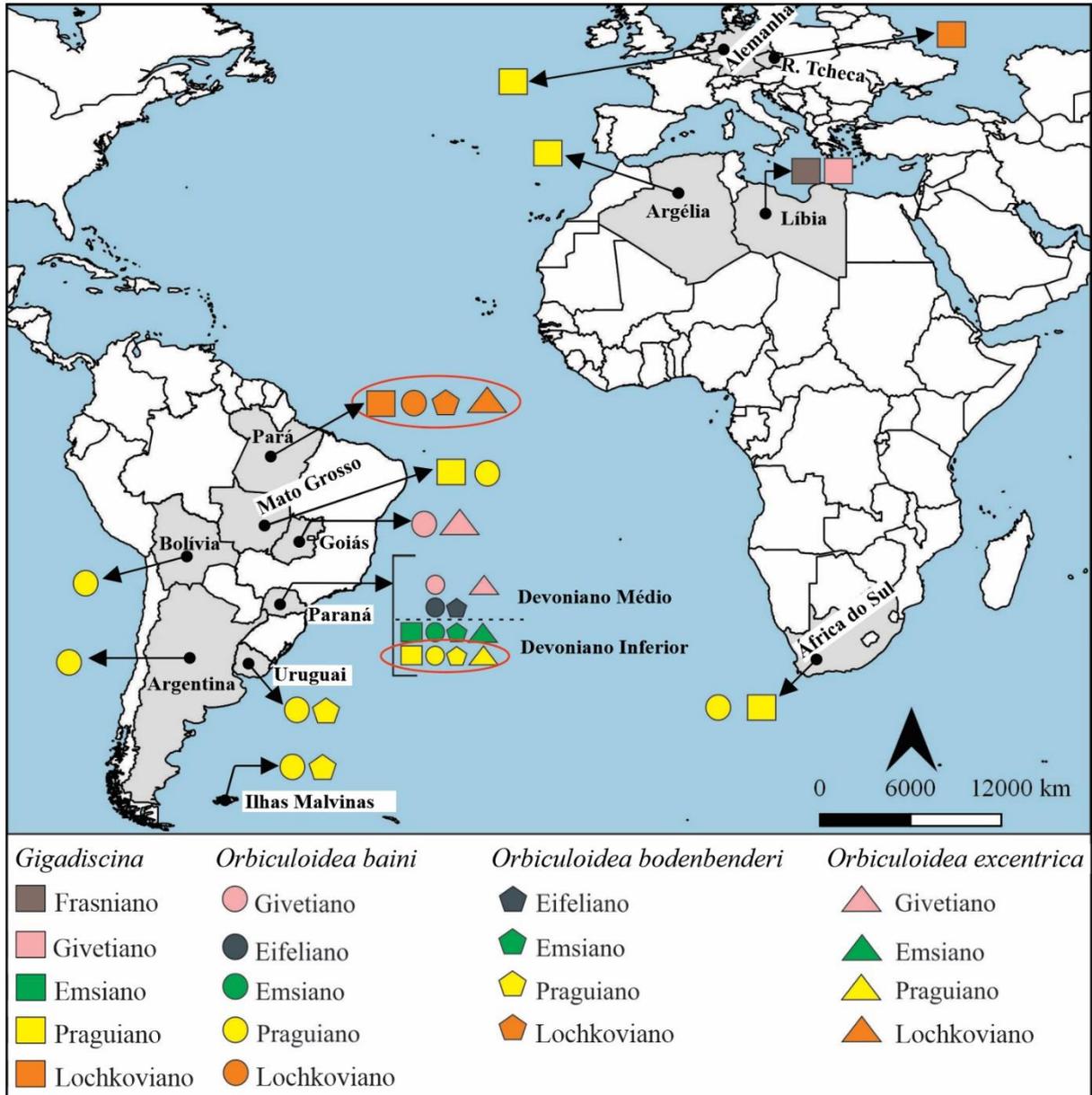


Figura 16- Distribuição geográfica de *O. baini*, *O. bodenbenderi* e *O. excentrica* e do gênero *Gigadiscina*. Fonte: Autor.

Um ponto importante que temos que ressaltar para entender como ocorreu a distribuição paleobiogeográfica dos *Orbiculoidea* durante o Devoniano, é a observação relatada por Emig (1997) ao verificar que os braquiópodes inarticulados modernos, tem distribuição controladas por fatores ambientais, e não pelo potencial de dispersão de suas larvas; Zhang *et al.* (2018) demonstram que a distribuição dos *Orbiculoidea* durante todo o Paleozoico estaria relacionada com mudanças climáticas globais e com as configurações geográficas das massas continentais.

O gênero *Orbiculoidea* surgiu no Neo-Ordoviciano, em mares rasos de regiões situadas em baixa latitude (Sul da Báltica, Margem Oeste de Gondwana e na Laurásia) com temperaturas relativamente quentes (Zhang *et al.* 2018). No final do Ordoviciano – início do

Siluriano (Figura 17- A), ocorreu a Glaciação Hirnantiana que persistiu por quase 35 milhões de anos (Finnegan *et al.* 2011); as condições climáticas foram bastantes severas em Gondwana, com a persistência de apenas alguns discinídeos, como é o caso de *Kosoidea australis*, das formações Iapó e Vila Maria (Bacia do Paraná), registrada por Zabini *et al.* (2019). No decorrer do Siluriano, o aquecimento pós-glacial foi lento em Gondwana, as condições ambientais eram muito instáveis, (Torsvik & Cocks 2013); resquícios da glaciação ainda eram registradas, representados também pelos diamictitos glaciais da Formação Pitinga (Bacia do Amazonas) (Cunha *et al.* 1994), o que desfavorecia a colonização de *Orbiculoidea* nessa região. Grande parte dos registros de *Orbiculoidea* estavam limitadas as regiões de baixa latitude (*e.g.* parte da Laurásia e Sul da China) (Figura 17- B).

A distribuição paleobiogeográfica de *Orbiculoidea* expandiu-se significativamente para as regiões de alta latitude durante o Eodevoniano (Figura 18- B), especialmente em Gondwana (Zhang *et al.* 2018). Essa migração está atrelada a dois principais motivos: os principais blocos continentais (Laurásia e Gondwana) estavam aparentemente próximos, o suficiente para permitir que as larvas cosmopolitas de invertebrados (*e.g.* *Orbiculoidea*) cruzassem os oceanos mais facilmente (Torsvik & Cocks 2013, Zhang *et al.* 2018) (Figura 18- A); o outro motivo, é que o nível global do mar eustático aumentou durante o Eodevoniano, levando as grandes transgressões, que alcançaram boa parte de Gondwana (Carozzi *et al.* 1973, Johnson 2006, Torsvik & Cocks 2013), desta forma, proporcionando o surgimento dos mares rasos, no noroeste de Gondwana (Bolívia, Brasil, Ilhas Malvinas, África do Sul e Austrália), condição ambiental favorável para a colonização dos braquiópodes inarticulados.

Essas transgressões atreladas a aproximação das massas continentais somadas a temperaturas menos severas quando comparadas com o Eosiluriano, foram provavelmente um dos motivos que causaram um aumento notável na província das faunas bentônicas de águas rasas em Gondwana (Boucot & Blodgett 2001, Torsvik & Cocks 2013, Zhang *et al.* 2018).

Durante o Lochkoviano (Devoniano) estavam se depositando os sedimentos siliciclásticas da porção superior da Formação Manacapuru (Bacia do Amazonas), a qual é atribuída um ambiente de plataforma rasa (Carrozi *et al.* 1973, Cunha *et al.* 2007, Rocha *et al.* 2019); a Bacia do Amazonas estava mais próxima da Laurásia, as condições ambientais marinhas estavam estabelecidas, o clima não era tão severo como no início do Siluriano, o que provavelmente, proporcionou que a migração das larvas de *Orbiculoidea* oriundas da Laurásia se estabelecessem primeiro na Bacia do Amazonas, como mostram os registros identificadas

no presente trabalho de *Orbiculoidea baini*, *Orbiculoidea bodenbenderi* e *Orbiculoidea excentrica* em estratos da Formação Manacapuru (Lochkoviano).

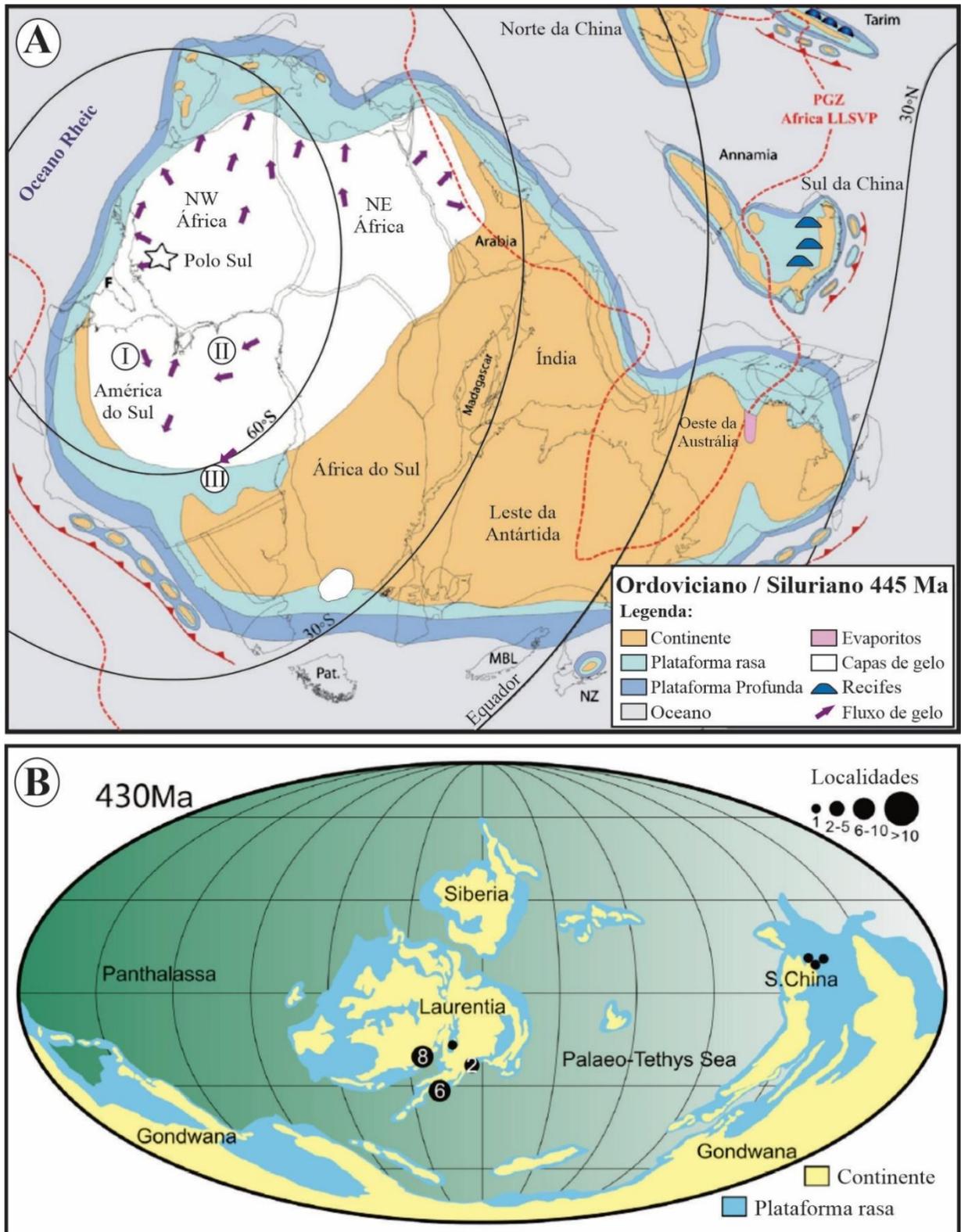


Figura 17- A) Arranjo paleogeográfico de Gondwana 445 Ma. I) Bacia do Amazonas; II) Bacia do Parnaíba; III) Bacia do Paraná. B) Distribuição do gênero *Orbiculoidea* durante o Siluriano (430 Ma); os números e círculos pretos representam a quantidade de ocorrências. Fonte: A) Modificado de Torsvik & Cocks (2013); B) Modificado de Zhang *et al.* (2018).

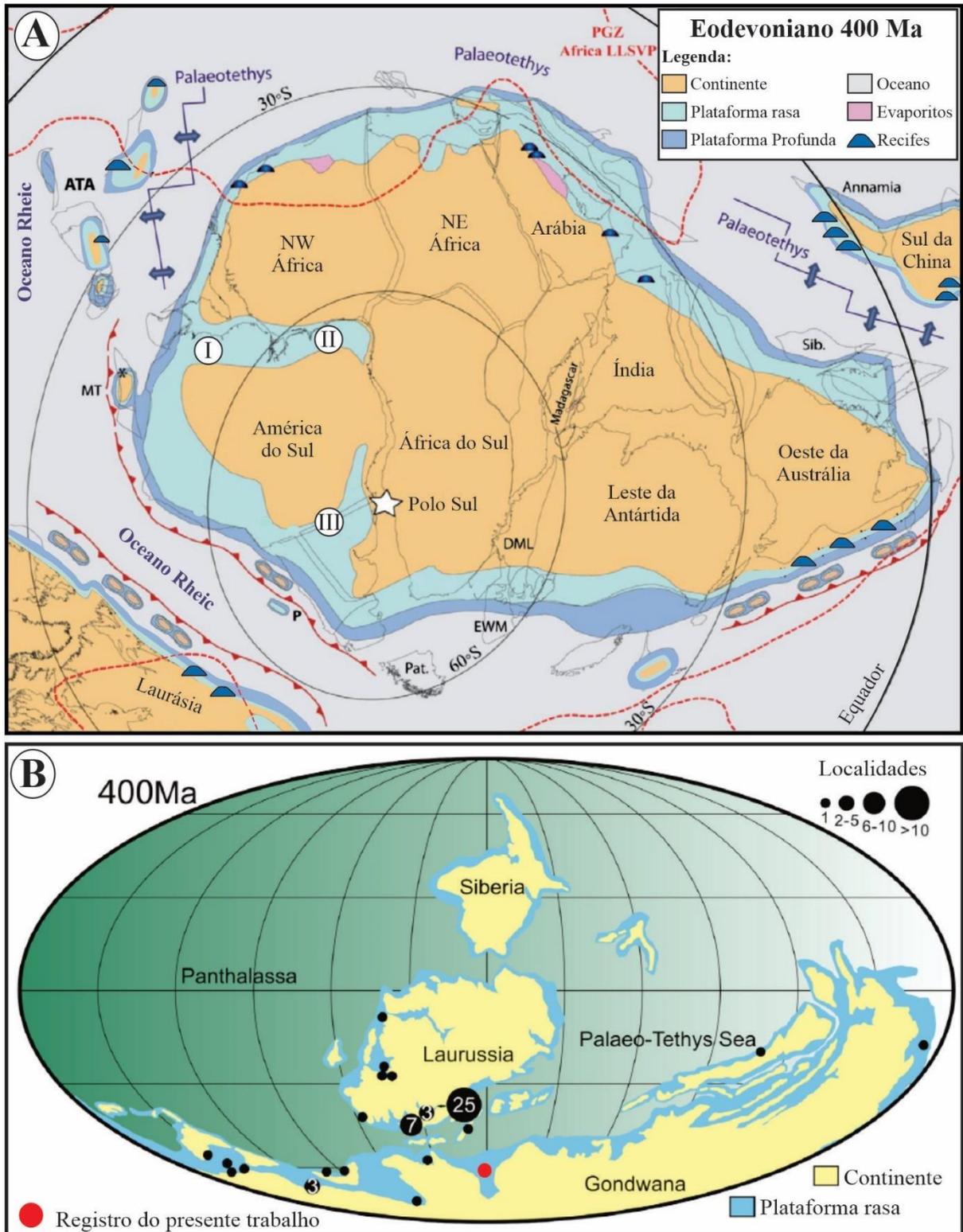


Figura 18- A) Arranjo paleogeográfico de Gondwana 400 Ma. I) Bacia do Amazonas; II) Bacia do Parnaíba; III) Bacia do Paraná. B) Distribuição do gênero *Orbiculoidea* durante o Devoniano Inferior (400 Ma); os números e círculos pretos representam a quantidade de ocorrências. Fonte: A) Modificado de Torsvik & Cocks (2013); B) Modificado de Zhang *et al.* (2018).

O Eodevoniano na Bacia do Paraná é representado pelas rochas siliciclásticas da Formação Furnas, cujo ambiente deposicional é complexo e muito debatido (Milani *et al.* 2007); diversos autores sugerem que a unidade foi depositada em ambiente marinho raso

(Bigarella 1973, Bigarella *et al.* 1966, Borghi 1993, Lange & Petri 1967, Petri 1948, Petri & Fúlfaro 1983, Sanford & Lange 1960). Já Northfleet *et al.* (1969), Schneider *et al.* (1974), Andrade & Camarço (1980), Melo (1988) e Zalán *et al.* (1987) apontam para uma origem fluvial; enquanto que Bergamaschi (1992) e Assine *et al.* (1994) indicam condições deltaicas e marinhas plataformais. No mais, o que sabemos é que não são registrados *Orbiculoidea* nesse intervalo.

Posteriormente, no Praguiano (Formação Ponta Grossa) com o estabelecimento das condições marinhas (plataforma rasa), são registradas as primeiras ocorrências das espécies *Orbiculoidea baini*, *Orbiculoidea bodenbenderi*, *Orbiculoidea excentrica*, *Gigadiscina collis* e *Rugadiscina stagona* em estratos da Bacia do Paraná (Clarke, 1913, Comniskey & Bosetti, 2017, Lange, 1943, 1954). Essa fauna diversificada de espécies, foi mais abundante durante o final do Praguiano e o início do Emsiano (Comniskey & Bosetti, 2017).

No final do Emsiano ocorreu declínio na distribuição e abundância dos discinídeos do Devoniano da Bacia do Paraná; espécies como *Orbiculoidea bodenbenderi*, *Gigadiscina collis* e *Rugadiscina stagona* além de outros organismos pertencentes ao Reino Malvinokáfrico já não eram encontrados nas sucessões sedimentares (Bosetti *et al.* 2012, Comniskey & Bosetti 2017).

Na transição Eifeliano/Givetiano, Horodyski *et al.* (2014) detectaram indícios do evento global de extinção *Kačák* na Bacia do Paraná. O evento *Kačák* é associado a um pico transgressivo que teria acarretado em mudanças ambientais drásticas, como, alterações na temperatura e um período de anoxia global (representados por extensos depósitos de folhelhos negros em ambiente marinho), o que teria afetado a produção primária (House 1996, House 2002).

Essa crise biótica resultou na extinção de grande parte dos discinídeos no Devoniano, onde só foram encontrados fenótipos de *Orbiculoidea baini* e *Orbiculoidea excentrica* com tamanhos reduzidos (90% menores) nos estratos Givetiano da Formação São Domingos; essa redução drástica nas formas desses discinídeos foram atreladas ao Efeito *Lilliput* (Bosetti *et al.* 2010 a, Comniskey & Bosetti 2017, Comniskey *et al.* 2016). Nenhum registro de discinídeos foram encontradas nas unidades posteriores, até então, assim, sugere-se que os discinídeos desapareceram do registro fóssilífero no final do Devoniano da Bacia do Paraná, mais especificamente durante o Givetiano (Comniskey *et al.* 2016).

6 CONCLUSÕES

O estudo taxonômico dos brachiopoda inarticulados da família Discinidae em depósitos do Devoniano da Formação Manacapuru, Bacia do Amazonas, permitiu o reconhecimento dos gêneros *Orbiculoidea* e *Gigadiscina*, apesar deste último permanecer com a identificação em aberto (*Gigadiscina?* sp.). Três espécies de *Orbiculoidea* foram identificadas: *Orbiculoidea baini*, *Orbiculoidea bodenbenderi* e *Orbiculoidea excentrica* além de *Orbiculoidea* sp. 1 e *Orbiculoidea* sp. 2 que ficaram com a nomenclatura em aberto.

Apesar do gênero *Orbiculoidea* já ter sido mencionado na literatura em camadas da Formação Manacapuru, estes são os primeiros registros das espécies *Orbiculoidea baini*, *Orbiculoidea bodenbenderi* e *Orbiculoidea excentrica* e do gênero *Gigadiscina* para a referida unidade, sendo também as primeiras ocorrências para o Norte do Brasil.

O levantamento paleobiogeográfico e estratigráfico das espécies identificadas permitiu visualizar que a associação, composta por *Gigadiscina?* sp., *Orbiculoidea baini*, *Orbiculoidea bodenbenderi* e *Orbiculoidea excentrica* registrada aqui para o Lochkoviano da Formação Manacapuru, é muito semelhante a fauna de discinídeos do Praguiano da Formação Ponta Grossa (*Gigadiscina collis*, *Orbiculoidea baini*, *Orbiculoidea bodenbenderi* e *Orbiculoidea excentrica* e *Rugadiscina Stagona*).

O fato da associação de discinídeos estudada no presente trabalho (*Gigadiscina?* sp., *O. baini*, *O. bodenbenderi*, *O. excentrica*, *O.* sp. 1 e *O.* sp. 2) serem mais antigos (Lochkoviano) que os demais registros na América do Sul (*eg.* Bacia do Paraná / Praguiano-Givetiano; Sub-bacia Alto das Garças / Givetiano; Bacia de Parecis / Praguiano; Bacia Chacoparanense / Praguiano; Pré-Cordilheira argentina / Praguiano) pode ser explicado por dois principais motivos: os principais blocos continentais (Laurásia e Gondwana) estavam aparentemente próximos, o suficiente para permitir que as larvas cosmopolitas de invertebrados (*e.g.* *Orbiculoidea*) cruzassem os oceanos mais facilmente, assim, durante o Eodevoniano a Bacia do Amazonas estava mais próxima de Laurásia, o que facilitaria que esses organismos se instalassem primeiramente na referida bacia; o outro fato, é que o nível global do mar eustático aumentou durante o Eodevoniano, levando as grandes transgressões, que alcançaram boa parte de Gondwana, desta forma, proporcionando o surgimento dos mares rasos, no noroeste de Gondwana, condição ambiental favorável para a colonização dos braquiópodes inarticulados (aqui representados pelos discinídeos identificados nos sedimentos marinhos da porção superior da Formação Manacapuru na Bacia do Amazonas).

Os discinídeos identificados no presente trabalho (*Gigadiscina?* sp., *O. baini*, *O. bodenbenderi*, *O. excentrica*, *O. sp. 1* e *O. sp. 2*) possuem valvas ventrais planas ou levemente arqueadas, o qual é sugerido que a fixação ao substrato se dei principalmente em função do pedículo, e hábito epibentônico. De modo geral, o material analisado, em quase sua totalidade, são valvas desarticuladas; assim, sugere-se que houve uma morte natural dos discinídeos estudados (*Gigadiscina?* sp., *O. baini*, *O. bodenbenderi*, *O. excentrica*, *O. sp. 1* e *O. sp. 2*), sem nenhuma possível perturbação ambiental.

O gênero *Orbiculoidea* tem como habitat dominante ambientes marinhos costeiros rasos; tal afirmativa é sustentada, dadas devidas proporções, por conta da distribuição de discinídeos atuais em quase sua totalidade ocorrerem em profundidades menores que 30 metros; 92,7% dos registros fossilíferos de *Orbiculoidea* estão atrelados a condições marinhas rasas; a fauna de discinídeos registrada no Devoniano da Bacia do Paraná é associada a condições ambientais marinho plataformal. Portanto, a presença de *O. baini*, *O. bodenbenderi*, *O. excentrica*, e *Gigadiscina?* sp. em estratos da Formação Manacapuru sugerem um ambiente marinho raso, corroborando com o que já é proposto para a porção superior da referida formação na literatura.

REFERÊNCIAS

- Almeida F. F. M. 1967. Origem da plataforma brasileira. *Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia*, Rio de Janeiro, **241**: 1-36.
- Andrade S. M. & Camarço P. E. N. 1980. Estratigrafia dos sedimentos devonianos do flanco nordeste da Bacia do Paraná. *In: 31º Congresso Brasileiro de Geologia, Camboriú, v.5*, p. 2828-2836.
- Anelli L.E. 1999. *Invertebrados neocarboníferos das formações Piauí (Bacia do Parnaíba) e Itaituba (Bacia do Amazonas): taxonomia; análise cladística das subfamílias Oriocrassatellinae (Crassatellacea, Bivalvia) e Neospiriferinae (Spiriferoidea, Brachiopoda)*. PhD Thesis, Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar, Universidade de São Paulo, 184 p.
- Assine M. L., Soares P. C., Milani E. J., 1994. Sequências tectono-sedimentares mesoPaleozoicas da Bacia do Paraná, Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, **24**:77-89.
- Barbosa O., Ramos, J. R. A., Gomes F. A., Hembold R. 1966. *Geologia estratigráfica estrutural e econômica da área do "Projeto Araguaí"*. Monografia, Divisão de Geologia e Mineralogia, Rio de Janeiro, 94 p.
- Bassett M. G., Popov L. E., Aldridge R.J., Gabbott S.E., Theron J.N. 2009. Brachiopoda from the soom shale lagerstätte (upper Ordovician, South Africa). *Journal of Palaeontology*, **83**(4): 614–623. DOI 10.1666/08-136.1
- Bateson G. 1988. O padrão de une. *In: Capra F. (eds.). Sabedoria incomum: conversas com pessoas notáveis*. São Paulo, Cultrix, p. 59-74.
- Bengtson S. & Zhao Y. 1992. Predatorial borings in late precambrian mineralized exoskeletons. *Science*, **257** (5068): 367-369.
- Bennacef A., Beuf S., Biju-Duval B., Charpal O. de, Gariel O., Rognon P. 1971. Example of Cratonic Sedimentations: Lower Paleozoic of A Algerian Sahara. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, **55**: 2225-2245.
- Bergamaschi S. 1992. *Análise sedimentológica da Formação Furnas na faixa de afloramentos do flanco norte do arco estrutural de Ponta Grossa, Bacia do Paraná, Brasil*. MS Dissertation, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 172p.
- Bigarella J. J. 1973. Paleocorrentes e deriva continental (comparação entre África e América do Sul). *Boletim Paranaense de Geociências*, **31**:141-224.
- Bigarella J. J., Salamuni R., Marques F. L. P. 1966. Texturas e estruturas da Formação Furnas e sua significação paleogeográfica. *Boletim da Universidade Federal do Paraná*, **18**: 1-114.
- Borghini L. 1993. *Caracterização e análise faciológicas da Formação Furnas (Prídoli - Devoniano inferior) em afloramentos do bordo leste da bacia sedimentar do Paraná, Estado do Paraná, Brasil*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, p. 1-227.

Bosetti E. P., Godoy L. C., Horodyski R. S., Myszinski L., Zabini C. 2009. Interpretação paleoambiental na sequência basal da formação Ponta Grossa (Devoniano) do município de Ponta Grossa, Paraná, Brasil. *Revista Terr@ Plural*, **3**(1): 137-156.

Bosetti E. P., Horodyski R. S., Zabini C., Matsumura W. M. K., Pentead, A.C. 2010a. Ocorrência de fenótipos subnormais no topo da Formação Ponta Grossa (Devoniano), Tibagi, estado do Paraná, Brasil: implicações tafonômicas e Paleossinecológicas. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*, **5**(2): 135-149.

Bosetti E. P., Horodyski R. S., Zabini C., Matsumura W. M. K., Godoy L. C. 2010b. Ocorrência de Lingulepis (Brachiopoda - Obolidae) na Formação Ponta Grossa, Devoniano, Estado do Paraná, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*, **5**(2): 151-164

Bosetti E. P., Grahn Y., Horodyski R. S., Mauller P. M. 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.

Boucot A. J., Rowell A. J., Racheboeuf P., Pereira E., Melo J. H. G., Siqueira L. P. 2001. Position of the Malvinokaffric Realm's northern boundary (Early Devonian) based on newly discovered brachiopods from the Parecis Basin (Brazil). *Journal of the Czech Geological Society*, **46**: 109-120.

Boucot A. J. & Blodgett R. B. 2001. Silurian-Devonian biogeography. In: Brunton C. H. C., Cocks L. R. M., Long S. L. (Eds.), *Brachiopods Past and Present*. Taylor and Francis, London, p. 335-344.

Brain C. K. 2001. Some observation on Cloudina, a terminal Proterozoic index fóssil from Namibia. *African Earth Sciences*, **33**: 475-480.

Brito I. M. 1971. Contribuição ao conhecimento dos microfósseis silurianos e devonianos da Bacia do Maranhão. Parte V. Acritarcha Herkomorphitae e Prismakomorphitae. In: Simpósio brasileiro de paleontologia, Anais da Academia Brasileira de Ciências. Rio de Janeiro, **43**: 201-208.

Brito I. & Santos A. 1965. Contribuição ao conhecimento dos microfósseis silurianos e devonianos da Bacia do Maranhão. Notas preliminares e Estudos. *Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil*, **129**: 1-21.

Campos D. R. B. 1985. Catálogo de Fósseis tipo e figurados das coleções paleontológicas do DNPM. I-Invertebrados. Ministério das Minas e Energia, *Departamento Nacional de Produção Mineral*.

Caputo M. V. 1984. *Stratigraphy, tectonics, paleoclimatology and paleogeography of northern basins of Brazil*. Phd Thesis, Universidade da California, p. 1-603.

Caputo M. V. & Andrade F. G. 1968. Geologia em semi-detalle do flanco sul da Bacia Amazônica, entre os rios Cupari e Abacaxis. Belém, *RENOR/Petróleo Brasileiro S.A.* Relatório Interno.

Caputo M. V. & Crowell J. C. 1985. Migration of glacial centers across Gondwana during Paleozoic Era. *Geological Society of America Bulletin*, **96**(8): 1020-1036.

- Caputo M. V. & Lima E. C. 1884. Estratigrafia, idade e correlação do Grupo Serra Grande-bacia do Parnaíba. *In: Anais 33º Congresso Brasileiro de Geologia*, Rio de Janeiro. 740-753.
- Caputo M. V., Rodrigues R., Vasconcelos D. N. N. 1971. Litoestratigrafia da Bacia do Amazonas. Relatório Interno. Belém: *Petrobrás, DIREX/RENOR*.
- Carbonaro F. A., Commiskey J. C., Corral H. S., Ghilardi R. P. 2018. *Orbiculoidea baini* and *Orbiculoidea excentrica* (Brachiopoda, Discinidae) from the Middle Devonian (Alto Garças Sub-basin, Paraná Basin) of Caiapônia, Goiás (Brazil). *Geologia USP, Série Científica*, **18**(4): 11-20.
- Carbonaro F. A. & Ghilardi R. P. 2016. Fósseis do Devoniano de Goiás, Brasil (Sub bacia Alto Garças, Bacia do Paraná). *Papéis Avulsos de Zoologia*, **56**(11): 135-149.
- Carozzi A. V., Pamplona H. R. P., Castro J. C., Contreiras C. J. A. 1973. Ambientes Depositionais e Evolução Tecto-sedimentar da Seção clástica Paleozoica da Bacia do Médio Amazonas. *In: Anais do 28º Congresso Brasileiro de Geologia*. Aracaju, 279-314.
- Carvalho M. G. P., Edgecombe G., Lieberman B. S. 1997. Devonian Calmonid trilobites from the Parnaíba Basin, Piauí State, Brazil. *American Museum Novitates*, p. 1-11.
- Carvalho R. G. 1975. Braquiópodes Devoniano da Bacia do Amazônica, orthida, stophomenida, spiriferida e terebratulida. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Geologia*, **21**: 1-22.
- Castro J. S. 1968. Trilobitas da Formação Pimenteira, Devoniano do estado do Piauí. *In: Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, **40**(48): 481-489.
- Chen Z. Q., Tazawa J. I., Shi G. R., Matsuda N. S. 2005. Uppermost Mississippian brachiopods from the basal Itaituba Formation of the Amazon basin, Brazil. *Journal of Paleontology*, **79**(5): 907-926.
- Chuang S. H. 1961. Growth of the postlarval shell in *Lingula unguis* (L.) (Brachiopoda). *Proceedings of the Zoological Society of London*, **137**: 299-310.
- Clarke J. M. 1899. A fauna siluriana superior do Rio Trombetas: Estado do Pará, Brazil. *Archivos do Museu Nacional*, p. 1-32.
- Clarke J. M. 1913. *Fósseis devonianos do Paraná*. Monographias do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, Rio de Janeiro, **1**: 1-353.
- Clarke J.M. 1890. As trilobitas do grez de Ererê e Maecuru Estado do Pará Brazil. *Archivos do Museu Nacional do Rio de Janeiro*, **9**: 2-58.
- Clarkson E. N. K. 1992. Invertebrate Palaeontology and Evolution. *Chapman & Hall*, **3**: 153.
- Commiskey J. C. & Bosetti E. P. 2017. Discinoids of the Malvinokaffric Realm: Stratigraphic, Paleogeographical Distribution and Systematic Review. *Terr@Plural*, **11**(2): 175-192.

Comniskey J. C., Bosetti E. P., Horodyski R. S. 2016. Taphonomic aspects and the Lilliput Effect on Devonian discinoids of the Paraná Basin, Apucarana Sub-basin, Brazil. *Gaea: Journal of Geoscience*, **9**(1): 55-64.

Comniskey J.C. 2011. *Paleontologia dos Discinidae (Brachiopoda: Linguliformea) da sucessão devoniana da Bacia do Paraná, Estado do Paraná, Brasil: Revisão Sistemática, distribuição geográfica e estratigráfica*. Ponta Grossa, Paraná. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Ponta Grossa, p. 1-179.

Cooper G.A. 1956. Chazyan and related brachiopods. *Smithsonian Miscellaneous Collection* **127**(1): 1–1245.

Cunha P. R. C. 2000. *Análise Estratigráfica dos sedimentos Eo/Mesodevonianos da porção ocidental da Bacia do Amazonas sob a ótica da estratigrafia de Sequências no interior cratônico*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Cunha P. R. C., Gonzaga F. G., Coutinho L. F. C., Feijó F.J. 1994. Bacia do Amazonas. *Boletim de Geociências da PETROBRAS*, **8**: 47-55.

Cunha P. R. C., Melo J. H. G., Silva O. B. 2007. Bacia do Amazonas. *Boletim de Geociências da PETROBRAS*, **15**: 227-251.

D'Orbigny A. 1847. Considérations zoologiques et géologiques sur les Brachiopodes ou Palliobranches. *Comptes Rendus hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, **25**(7): 266-269.

Daemon R. F. & Contreiras C. S. A. 1971. Zoneamento palinológico da Bacia do Amazonas. *In: 25º Congresso brasileiro de geologia, São Paulo*, **3**: 29-92.

Davidson T. 1848. Mémoire Sur Les Brachiopodes Du Système Silurien Supérieur D'Angleterre: Sur quelques Brachiopodes de L'île de Gothland et sur les Leptaena à Crochet Perforé. *Hachette: Livre Bnf*, p. 1-58.

Davila J. & Rodriguez E. 1967. The Devonian System in Bolivia and the problem of its base. *In: International symposium Devonian System*, **2**: 921-935.

Derby O. A. 1877. Contribuição para a geografia da região do Baixo Amazonas. *Archivos do Museu Nacional*, **3**: 77-104.

Emig C. C. 1986. Conditions de fossilization du genre *Lingula* (Brachiopoda) et implications paléoécologiques. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **53**: 245-253.

Emig C. C. 1997. Ecology of inarticulated brachiopods. *In: Kaesler R. L., (ed.) Treatise on invertebrate paleontology. Part H. Brachiopoda 1 (revised)*. Geological Society of America & University of Kansas Press, p. 473–495.

Emig C. C. 2003. Proof that *Lingula* (Brachiopoda) is not a living-fossil, and emended diagnoses of the Family Lingulidae. *Carnets de Géologie / Notebooks on Geology*, **1**: 1-8.

Fernandes, A. C. S. 1985. Cnidários fósseis brasileiros: Histórico das pesquisas e considerações sobre seu desenvolvimento. *In: 8º Congresso brasileiro de paleontologia*, p. 201-204.

- Figueiras A. 1991. Fauna eodevónica del Uruguay. *Revista Técnica da YPF*, **12**(1): 57-64.
- Finnegan S., Bergmann K., Eiler J. M., Jones D. S., Fike D. A., Eisenman I., Hughes N. C., Tripathi A. K., Fisher W. W. 2011. The magnitude and duration of late ordovician-early Silurian glaciation. *Science*, **331**(6019): 903-906.
- Fonseca V. M. M. 2004. Chonetoida (Brachiopoda) do Devoniano Médio das Bacias do Amazonas e Parnaíba, Brasil. *Arquivos do Museu Nacional*, **62**(2): 193-215.
- Fonseca V. M. M. & Melo J. H. G. 1987. Ocorrência de *Tropidoleptus carinatus* (Conrad) (Brachiopoda, Orthida) na Formação Pimenteira e sua importância paleobiogeográfica. In: Anais do 10º Congresso Brasileiro de Paleontologia, Rio de Janeiro, **2**: 505-537.
- Fonseca V. M. M. & Ponciano L. C. M. O. 2011. Braquiópodes do Devoniano Médio das bacias do Amazonas e Parnaíba. In: Carvalho I. S. (Org.). *Paleontologia: Cenários de Vida*. Rio de Janeiro: Editora Interciência, **1**(4): 169-190.
- Gabbott S. E. 1999. Orthoconic cephalopods and associated fauna from the Late Ordovician Soom Shale Lagerstätte. *South Africa. Palaeontology*, **42**: 123–148.
- Gama J. J. M. 2008. *Braquiópodes da Formação Pimenteira (Devoniano médio/superior), na região sudoeste da Bacia do Parnaíba, Município de Palmas, Estado do Tocantins, Brasil*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Instituto de Geociências.
- Gonçalves M. A., Soares J. L., Santos H. P., Nogueira A. C. R. 2017. Traços fósseis dos depósitos marinhos rasos da Formação Pitinga, Siluriano Superior da Bacia do Amazonas, Rio Tapajós, Pará, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **20**(2): 179-194.
- Grahn Y. 2005. Silurian and Lower Devonian chitinozoan taxonomy and biostratigraphy of the Trombetas Group, Amazonas Basin, northern Brazil. *Bulletin of Geosciences*, **80**(4): 245-276.
- Grahn Y. & Caputo M.V. 1992. Early Silurian glaciations in Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **99**: 9-15.
- Grahn Y. & Melo J. H. G. 1990. Bioestratigrafia dos quitinozoários do Grupo Trombetas nas faixas marginais da Bacia do Amazonas. Rio de Janeiro: PETROBRAS / CENPES / DIVEX / SEBIPE. *Report produced for the Eletrobras Eletronort*, p. 43.
- Grahn Y. & Paris F. 1992. Age and correlation of the Trombetas Group, Amazonas Basin, Brazil. *Revue de Micropaléontologie*, **35**:197-209.
- Grahn, Y. 1992. Revision of Silurian and Devonian Strata of Brazil. *Palynology*, **16**:35-61.
- Gray J. 1840. Synopsis of the contents of the British Museum. London: British Museum, In: 42º International Symposium Devonian System, **2**: 921-935.
- Havlíček V. 1972. Life habit of some Ordovician inarticulate brachiopods. *Věstník Ústředního ústavu geologického* **47**: 229–234.
- Holmer L. 1989. Middle Ordovician Phosphatic Inarticulate Brachiopods from Västergötland and Dalarna, Sweden. *Fossils Strata*, **26**: 1-172.

- Horodyski R. S., Holz M., Grahn C. Y., Bosetti E. P. 2014. Remarks on the sequence stratigraphy and taphonomy of the relictual Malvinokaffric fauna during the Kačák event in the Paraná Basin, Brazil. *International Journal of Earth Sciences*, **103**: 367-380.
- House M. R. 1996. The middle Devonian Kačák event. *In: Read at the Annual Conference of the Ussher Society*, p. 79-84.
- House M. R. 2002. Strength, timing and cause of mid-Paleozoic extinctions. *Paleogeography, Palaeoclimatology e Paleoecology*, **181**:5-25.
- Janvier P. & Melo J. H. G. 1988. Acanthodian fish remains from the Upper Silurian or Lower Devonian of the Amazon basin, Brazil. *Palaeontology*, **31**(3): 771-777.
- Johnson M. E. 2006. Relationship of Silurian sea-level fluctuations to oceanic episodes and events. *GFF*, **128**: 115-121.
- Katzer F. 1897. Das Amazonas-Devon und seine Beziehungen zu den anderen Devon-gebieten der Erde. *Verlag der Königl. Böhmisches Gesellschaft der Wissenschaften*, **47**:1-50.
- Kayser E. 1892. Beiträge zur Kenntnis der Fauna der Siegenischen Grauwacke. *Jahrbuch der königlichen preussischen geologischen Landesanstalt* **2**(8): 95–107.
- Kegel W. 1953. Contribuição para o estudo do Devoniano da Bacia do Parnaíba. *Divisão de Geologia e Mineralogia, Boletim*, **141**: 1-48.
- Kegel W. 1966. Rastos do Devoniano da Bacia do Parnaíba, Brasil. *Divisão de Geologia e Mineralogia, Boletim*, **233**: 1-32.
- Klemme H. D. 1980. Petroleum basins – classification and characteristics. *Journal of Petroleum Geology*, **3**(2): 187-207.
- Kozłowski R. 1913. Fósiles Dévoniens de l' état de Paraná (Brésil). *In: Annales de Paléontologie, Paris*, **8**(3): 1-19.
- Krause F. F. & Rowell A. J. 1975. Distribution and systematics of the inarticulate brachiopods of the Ordovician carbonate mud mound Meiklejohn Peak, Nevada. *The University of Kansas Paleontological Contributions*, **61**: 1-74.
- Lange F. W. 1954. *Paleontologia do Paraná: volume comemorativo do 1º Centenário do Estado do Paraná*. Curitiba: Comissão de Comemorações do Centenário do Paraná, p. 1-210.
- Lange F. W. 1943. Novos fósseis devonianos do Paraná. *Arquivos Museu Paranaense*, **3**: 223-225.
- Lange F. W. 1967. Subdivisão bioestratigráfica e revisão da coluna siluro-devoniana da bacia do baixo Amazonas. *In: Simpósio sobre a biota amazônica*. Belém. Atas, **1**: 215-326.
- Lange F. W. & Petri S. 1967. The Devonian of the Paraná Basin. *In: Bigarella J. J. (ed.) Problems in Brazilian Devonian Geology. Boletim Paranaense de Geociências*, **21**(22): 5-55.

- Lima Filho F.P. & Caldas E.B. 1987. Nota sobre a ocorrência de pseudofósseis na Formação Pimenteira, Bacia do Parnaíba. *In*: 10º Congresso Brasileiro de Paleontologia, Rio de Janeiro, Anais, **2**: 975-981.
- Lockley M. G. & Antia D. D. J. 1980. Anomalous occurrences of the Lower Palaeozoic brachiopod Schizocrania. *Palaeontology* **23**(3): 707–713.
- Ludwig G. 1964. Divisão estratigráfico-faciológica do Paleozoico da Bacia Amazônica. PETROBRAS, *Ciência Técnica Petróleo, Seção: Exploração de petróleo*, **1**: 1-72.
- Matsuda N. S., Winter W. R., Wanderley Filho J. R., Cacela A.S.M. 2010. O Paleozoico da borda sul da Bacia do Amazonas, Rio Tapajós – Estado do Pará. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, **18**: 123–152.
- Melo J. H. G. 1985. *A província Malvinocáfrica no Devoniano do Brasil: estado atual dos conhecimentos*. Dissertação de Mestrado, Geologia Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Melo J. H. G. 1988. The Malvinokaffric realm in the Devonian of Brazil. *In*: Mcmillan N. J., Embry A. F., Glass O. J. (Eds.) *Devonian of the world*. Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoir, Calgary, **14**(1): 667-703.
- Melo J. H. G. & Loboziak S. 2003. Devonian – Early Carboniferous miospore biostratigraphy of the Amazon Basin, Northern Brazil. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **124**: 131-202.
- Méndez-Alzola R. & Sprechmann P. 1971. Algunas *Orbiculoideas* devónicas de la Precordillera de San Juan, Rep. Argentina. *Rev. As. Geol. Argentina*, **26**(4): 517-525.
- Mergl M. 2001. Lingulate brachiopods of the Silurian and Devonian of the Barrandian. *Acta Musei nationalis Pragae, Series B – historia naturalis*, **57**(1-2): 1-49.
- Mergl M. 2006. A review of Silurian Discinoid brachiopods from historical British Localities. *Bulletin of geosciences*, **81**(4): 215-236.
- Mergl M. 2008. Lingulate brachiopods from the Acanthopyge Limestone (Eifelian) of the Barrandian, Czech, Republic. *Bulletin of Geosciences*, **83**(3): 281–298.
- Mergl M. 2010. Discinid brachiopod life assemblages: Fossil and extant. *Bulletin of geosciences*, **85**(1): 27 – 38.
- Mergl M. & Ferrová L. 2009. Lingulate brachiopods from the Chýnice Limestone (upper Emsian) from Čeřínka hill near Bubovice (Barrandian; Czech Republic). *Bulletin of Geosciences*, **84**(3): 525–546.
- Mergl M. & Massa D. 2005. A new giant discinoid brachiopod from the Lower Devonian of Algeria. *Acta Palaeontologica Polonica*, **50**(2): 397-402.
- Milani E. J., França A. B., Medeiros R. Á. 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.

- Nogueira A. C. R., Soares E. A. A., Truckenbrodt W. 1999. Contribuição ao paleoambiente e à paleogeografia da Formação Nhamundá (Siluriano inferior) na Bacia do Amazonas, região de Presidente Figueiredo - AM. *In: 6º Simpósio de Geologia da Amazônia, Manaus. Boletim de resumos expandidos*, p. 399-402.
- Northfleet A. A., Medeiros R. A., Mullmann H. 1969. Reavaliação dos dados geológicos da Bacia do Paraná. *Boletim Técnico da Petrobrás*, **12**(3): 291-346.
- Otto M. 2000. Supposed soft tissue preservation in the Hunsruckschiefer (Lower Devonian, Rheinisches, Schiefergebirge): the example of brachiopods. *Palaontologische Zeitschrift*, **74**: 79-89.
- Petri S. & Fulfaró V. J. 1983. Geologia do Brasil (Fanerozóico). *EDUSP*, p. 631.
- Petri S. 1948. Contribuição do estudo do Devoniano paranaense. *Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia, DNPM*, **129**:1-125.
- Ponciano L. C. M. O., Fonseca V. M. M., Costa M. D. M. (2012). Tafocenoses da Formação Pimenteira, Devoniano da Bacia do Parnaíba, Piauí: mapeamento, inventário e relevância patrimonial. *Anuário do Instituto de Geociências*, **35**(1): 5-27.
- Ponciano L. C. M. O., Machado D. M. C., Souza A. R., Faria A. C. G., Vieira A. C. M. 2007. Hábitos de vida da associação *Mucrospirifer katzeri* - *Ptychopteria eschwegei*, Formação Maecuru (Devoniano), Bacia do Amazonas, Brasil. *In: Carvalho I.S. (Edt). Paleontologia: Cenários de Vida*. **1**(1): 139-148.
- Quadros L. P. 1985. *Distribuição bioestratigráfica dos Chitinozoa e Acritarchae na Bacia do Amazonas*. Ph.D. Thesis, Universidade Federal do Rio de Janeiro, p. 1-179.
- Queiroz J. P., Gama J. J. M., Pires E. F. 2013. Ocorrência de braquiópodes fósseis no entorno do Rio Balsas, Município de Santa Teresa, Estado do Tocantins, em estratos da Formação Pimenteira, Devoniano da bacia do Parnaíba. *Brazilian Geographical Journal*, **1**: 191-212.
- Ramos J. R. A. & Barbosa R. A. 1967. Geologia e Petrografia de Porto Nacional a Miracema do Norte, rio Tocantins. *In: Simpósio sobre a biota amazônica*. Belém. Atas, **1**: 387-401.
- Rathbun R. 1878. The Devonian Brachiopoda of the Province of Pará, Brazil. *Boston Society of Natural History*, **20**: 14-39.
- Reed F. R. C. 1925. Revision of the fauna of the Bokkeveld Beds. *South African Museum Annals*, **22**: 27-225.
- Rocha P. F., Silveira R. R., Barbosa R. C. M. 2019. Age and palaeoenvironments of the Manacapuru Formation, Presidente Figueiredo (AM) region, Lochkovian of the Amazonas Basin. *Brazilian Journal of Geology*, **49**(4): 1-12.
- Rowell A. J. 1965. Inarticulate brachiopoda. *In: Doumani G. A., Boardman R.S., Rowell A.J., Boucot A.J., Johnson J.G., McAlester A.L., Saul J., Fisher D.W., Miles R.S. (eds.), Lower Devonian Fauna of the Horlick Formation, Ohio Range, Antarctica. Geology and Paleontology of the Antarctic*, **6**: 241–281.

- Rowell A. J. & Brady M. J. 1976: Brachiopods and biomerer. *Brgham Young University Geology Studies* **23**(1): 65-180.
- Rowell A. J. & Krause F. F. 1973. Habitat diversity in the Acrotretacea (Brachiopoda, Inarticulata). *Journal of Paleontology* **47**(79): 1- 800.
- Sanford R. M. & Lange F. W. 1960. Basin study approach to oil evaluation of Paranámioegeosyncline, south Brazil. *American Association of Petroleum Geologistsflw/fetin*, **44**:1316-1370.
- Santos R. S. 1961. Peixes fósseis do Devoniano inferior de Picos, Estado do Piauí. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, p. 33-32.
- Schneider R. L., Muhlmann H., Tommasi E., Medeiros A., Daemon R. F., Nogueira A. A. 1974. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. *In: 28 °Congresso Brasileiro de Geologia, Porto Alegre, Anais, 1*: 41-65.
- Sharpe D. 1856. Description of Palaeozoic mollusca from South Africa. *Trans. Geol. Soc. London*, **2**(7): 206-215.
- Souza V. S. & Nogueira A. C. R. 2009. Manaus-Presidente Figueiredo (AM), borda norte da Bacia do Amazonas: um guia para excursão de campo. *Revista Brasileira de Geociências*, **39**(1): 16-29.
- Stemans P., Rubinstein C., Melo J. H. G. 2008. Siluro-Devonian miospore biostratigraphy of the Urubu River area, western Amazon Basin, northern Brazil. *Geobios*, **41**(2): 263-282.
- Sudkamp W. H. 1997. Discovered of soft parts of a fossil brachiopod in the “Hunrsucksciefer” (Lower Devonian, Germany). *Palaontologische Zeitschrift*, **71**: 91-95. 1997.
- Thomson M. R. A. 1971. Inarticulate Brachiopoda from the Lower Cretaceous of south-eastern Alexander Island. *British Antarctic Survey Bulletin* **25**: 85–94.
- Tomassi H. Z., Almeida C. M., Ferreira B. C., Brito M. B., Barberi M., Rodrigues G. C., Teixeira S. P., Capuzzo J. P., Gama-Júnior J. M., Santos M. G. K. G. 2015. Preliminar results of paleontological salvage at Belo Monte Powerplant construction. *Brazilian Journal of Biology*, **75**(3): 277-289.
- Torsvik T. H. & Cocks L. R. M. 2013. Gondwana from top to base in space and time. *Gondwana Research*, **24**: 999-1030.
- Valentine J. L., Brock G. A., Molloy P. D. 2003. Linguliformean brachiopod faunal turnover across the Ireviken Event (Silurian) at Boree Creek, central-western New South Wales, Australia. In Königshof P., Schindler E. (eds) *Mid-Palaeozoic bio and geodynamics: the north Gondwana-Laurásian interaction*. Courier Forschungsinstitut Senckenberg, p. 301–327.
- Waagen W. 1885. Productus Limestone Fossils. *Palaeontology Indica*, **13**(1): 729-770.
- Walker R. G. & Plint A.G. 1992. Wave-and storm-dominated shallow marine systems. *Facies Models response to sea level change*. Association Canada, p. 219-238.

Wanderley Fiho J. R., Melo J. H. G., Fonseca V. M. M., Machado D. M. C. 2005. Bacias sedimentares brasileiras: Bacia do Amazonas. *Phoenix*, **7**(82): 1-6.

Williams A., Brunton C. H. C., Carlson S. J. 1997. In: Kaesler R. L., (ed.) *Treatise on invertebrate paleontology. Part H. Brachiopoda 1 (revised)*. Introduction. *Geological Society of America, Lawrence, University of Kansas*, p. 473–495.

Williams A., Rowell A. J., Muir-Wood H. M., Pitrat C. W., Schmidt H., Stehli F. G., Ager D. V., Wright, Elliott G. F., Amsden T. W., Rudwick M. J. S., Hatai K., Biernat G., McLaren D. J., Boucot A. J., Johnson J. G., Staton R. D., Grant R. E., Jope H. M. 1965. *Treatise on invertebrate paleontology. H. Brachiopoda*. In: Moore R. C. (ed.), *Treatise on Invertebrate Paleontology*, **1**: 1-906.

Zabini C. 2007. *Lingulídeos da Sucessão Devoniana da Bacia do Paraná, região dos Campos Gerais, Brasil: Revisão de conceitos Biológicos-Ecológicos e análise tafonômica básica*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Zabini C., Anelli L. E., Leme J. M. 2016. First Occurrence Of A Lingulide (brachiopoda: Lingulidae) At Piauí Formation (upper Carboniferous), Parnaíba Basin, Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **19**(3): 527-530.

Zabini C. & Bosetti E. P. 2011. Paleoambientes revelados: lingulídeos como paleoindicadores em mares paleozoicos. In: Carvalho I. S., Srivastava N. K., Strohschoen O., Lana C. C. *Paleontologia: Cenários da vida*, Rio de Janeiro: Interciência, **1**: 289-299.

Zabini C., Bosetti E. P., Hordodisky R. S., Matsumura W. M. K. 2007. Lingulídeos: revisão dos conceitos morfo-anatômicos, fisiológicos, reprodutivos, paleo-ecológicos e a importância do grupo no Devoniano da região dos Campos Gerais do Paraná, Brasil. *Revista Terr@Plural*, **1**(1): 115 – 122.

Zabini C., Bosetti E.P., Holz M. 2010. Taphonomy and taphofacies analysis of lingulids brachiopods from Devonian sequences of the Paraná Basin, Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **292**: 44-56.

Zabini C., Comniskey J.C., Bosetti E.P. 2013. John Mason Clarke e os lingulídeos e discinídeos dos estratos devonianos da Bacia do Paraná, estado do Paraná, Brasil: estado da arte. *Revista Terr@ Plural*, **7**: 43-58.

Zabini C., Furtado-Carvalho A. B., Carmo D., Assine M. L. 2019. A new discinoid *Kosoidea australis* sp. nov. from the Iapó and Vila Maria Formations, NE Paraná Basin, Brazil. *Historical Biology*, p. 1-9.

Zabini C., Holz M., Bosetti E. P., Matsumura W. M. K., Horodyski R. S. 2012a. Sequence stratigraphy and taphonomic signatures of marine invertebrates: a Devonian (Pragian/Eifelian) example of the Paraná Basin. *Journal of South American Earth Sciences*, **133**: 8-20.

Zabini C., Schiffbauer J. D., Xiao S., Kowalewski M. 2012b. Biomineralization, taphonomy, and diagenesis of Paleozoic lingulide brachiopod shells preserved in silicified mudstone concretions. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **326**: 118-127.

Zalán P. V. 1991. Influence of Pre-Andean Orogenesis on the Paleozoic Intracratonic Basins of South America. In: 4° Simposio Bolivariano, Bogotá. Memórias, Tomo I, Trabalho 7.

Zalán P. V., Wolff S., Conceição J. C. J., Vieira I. S., Astolfi M. A. M., Appi V.T., Zanotto O. A. 1987. A divisão tripartite do Siluriano da Bacia do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, **17**: 242-252.

Zhang Y., Lee S., Wu H. T., He W. H. 2018. Palaeobiogeographical distribution of *Orbiculoidea* (Brachiopoda, Discinoidea) responding to global climatic and geographical changes during the Palaeozoic. *Palaeontology*, **61**(2): 221-234.

APÊNDICE A - MEDIDAS DE COMPRIMENTO E LARGURA DOS ESPÉCIMES ENCONTRADOS NO INTERVALO I.

Intervalo I			
Tombo	Táxon	Comprimento	Largura
MPEG-C14P1-2.1B	<i>Gigadiscina</i> sp.	14,8 mm	14,2 mm
MPEG-C14P1-4.2A	<i>Gigadiscina</i> sp.	10,6 mm	11,2 mm
MPEG-C14P1-4.2B	<i>Gigadiscina</i> sp.	10,6 mm	11,2 mm
MPEG-C14P1-4.4	<i>Gigadiscina</i> sp.	11,8 mm	12,2 mm
MPEG-C14P1-5.9A	<i>Gigadiscina</i> sp.	13,9 mm	13,3 mm
MPEG-C14P1-5.9B	<i>Gigadiscina</i> sp.	13,9 mm	13,3 mm
MPEG-C14P1-5.7	<i>O. baini</i>	11,7 mm	12,2 mm
MPEG-C14P1-5.8A	<i>O. baini</i>	amostra fragmentada	
MPEG-C14P1-5.8B	<i>O. baini</i>	amostra fragmentada	
MPEG-C14P1-5.11	<i>O. baini</i>	amostra fragmentada	
MPEG-C14P1-5.12	<i>O. baini</i>	9,2 mm	9,7 mm
MPEG-C14P1-5.13B	<i>O. baini</i>	10,8 mm	11,00 mm
MPEG-C14P1-5.15	<i>O. baini</i>	10,7 mm	11,1 mm
MPEG-C14P1-5.20A	<i>O. baini</i>	amostra fragmentada	
MPEG-C14P1-5.20B	<i>O. baini</i>	amostra fragmentada	
MPEG-C14P1-4.2	<i>O. bodenbenderi</i>	amostra fragmentada	
MPEG-C14P1-2.6	<i>O. excentrica</i>	amostra fragmentada	
MPEG-C14P1-3.3A	<i>O. excentrica</i>	amostra fragmentada	
MPEG-C14P1-3.3B	<i>O. excentrica</i>	amostra fragmentada	
MPEG-C14P1-4.6A	<i>O. excentrica</i>	5,5 mm	5,8 mm
MPEG-C14P1-4.6B	<i>O. excentrica</i>	5,5 mm	5,8 mm
MPEG-C14P1-1.2	<i>Orbiculoidea</i> sp. 1	13,9	14,1 mm
MPEG-C14P1-3.4	<i>Orbiculoidea</i> sp. 1	9,6 mm	10,1 mm
MPEG-C14P1-4.3A	<i>Orbiculoidea</i> sp. 1	13,9	14,4 mm
MPEG-C14P1-4.3B	<i>Orbiculoidea</i> sp. 1	13,9	14,4 mm
MPEG-C14P1-4.11	<i>Orbiculoidea</i> sp. 1	12,3 mm	12,9 mm
MPEG-C14P1-5.2	<i>Orbiculoidea</i> sp. 1	19,2 mm	19,6 mm
MPEG-C14P1-5.4	<i>Orbiculoidea</i> sp. 1	amostra fragmentada	
MPEG-C14P1-5.16A	<i>Orbiculoidea</i> sp. 1	15,6 mm	16,4 mm
MPEG-C14P1-5.19	<i>Orbiculoidea</i> sp. 1	19,2 mm	19,8 mm
MPEG-C14P1-5.21	<i>Orbiculoidea</i> sp. 1	11,7 mm	13,1 mm

APÊNDICE B - MEDIDAS DE COMPRIMENTO E LARGURA DOS ESPÉCIMES ENCONTRADOS NO INTERVALO II.

Intervalo II			
Tombo	Táxon	Comprimento	Largura
MPEG-C14P1-6.1A	<i>Gigadiscina</i> sp.	11,5 mm	11,1 mm
MPEG-C14P1-6.1B	<i>Gigadiscina</i> sp.	11,5 mm	11,1 mm
MPEG-C14P1-7.1	<i>Gigadiscina</i> sp.	14,3 mm	13,9 mm
MPEG-C14P1-7.12	<i>Gigadiscina</i> sp.	10,1 mm	10,9 mm
MPEG-C14P1-7.15	<i>Gigadiscina</i> sp.	16,8 mm	17,1 mm
MPEG-C14P1-8.8A	<i>Gigadiscina</i> sp.	13,4 mm	12,9 mm
MPEG-C14P1-8.8B	<i>Gigadiscina</i> sp.	13,4 mm	12,9 mm
MPEG-C14P1-8.10A	<i>Gigadiscina</i> sp.	12,8 mm	15,2 mm
MPEG-C14P1-8.10B	<i>Gigadiscina</i> sp.	12,8 mm	15,2 mm
MPEG-C14P1-11.1A	<i>Gigadiscina</i> sp.	9,2 mm	8,8 mm
MPEG-C14P1-11.1B	<i>Gigadiscina</i> sp.	9,2 mm	8,8 mm
MPEG-C14P1-7.16	<i>O. baini</i>	14,9 mm	15,1 mm
MPEG-C14P1-6.16A	<i>O. bodenbenderi</i>	16,6 mm	16,3 mm
MPEG-C14P1-6.16B	<i>O. bodenbenderi</i>	16,6 mm	16,3 mm
MPEG-C14P1-6.26A	<i>O. bodenbenderi</i>	16,7 mm	16,4 mm
MPEG-C14P1-6.26B	<i>O. bodenbenderi</i>	16,7 mm	16,4 mm
MPEG-C14P1-6.2A	<i>O. excentrica</i>	amostra fragmentada	
MPEG-C14P1-6.2B	<i>O. excentrica</i>	amostra fragmentada	
MPEG-C14P1-6.13	<i>O. excentrica</i>	amostra fragmentada	
MPEG-C14P1-6.20	<i>O. excentrica</i>	amostra fragmentada	
MPEG-C14P1-6.23	<i>O. excentrica</i>	5,0 mm	5,4 mm
MPEG-C14P1-7.9	<i>O. excentrica</i>	amostra fragmentada	
MPEG-C14P1-7.13	<i>O. excentrica</i>	amostra fragmentada	
MPEG-C14P1-7.18	<i>O. excentrica</i>	amostra fragmentada	
MPEG-C14P1-8.2	<i>O. excentrica</i>	amostra fragmentada	
MPEG-C14P1-9.2A	<i>O. excentrica</i>	4,5 mm	4,6 mm
MPEG-C14P1-9.2B	<i>O. excentrica</i>	4,5 mm	4,6 mm
MPEG-C14P1-6.4	<i>Orbiculoidea</i> sp. 1	14,2 mm	14,6 mm
MPEG-C14P1-6.17	<i>Orbiculoidea</i> sp. 1	11,4 mm	11,8 mm
MPEG-C14P1-6.27A	<i>Orbiculoidea</i> sp. 1	16,9 mm	17,7 mm
MPEG-C14P1-8.9	<i>Orbiculoidea</i> sp. 1	amostra fragmentada	
MPEG-C14P1-11.2	<i>Orbiculoidea</i> sp. 1	14,4 mm	16,8 mm
MPEG-C14P1-14A	<i>Orbiculoidea</i> sp. 1	12,9 mm	14,1 mm
MPEG-C14P1-14B	<i>Orbiculoidea</i> sp. 1	12,9 mm	14,1 mm
MPEG-C14P1-15	<i>Orbiculoidea</i> sp. 1	11,4 mm	13,2 mm

APÊNDICE C - MEDIDAS DE COMPRIMENTO E LARGURA DOS ESPÉCIMES ENCONTRADOS NO INTERVALO III.

Intervalo III			
Tombo	Táxon	Comprimento	Largura
MPEG-C3P1-1.109	<i>Gigadiscina</i> sp.	17,8 mm	18,1 mm
MPEG-C13P1-3.1B	<i>Gigadiscina</i> sp.	14,5 mm	13,6 mm
MPEG-C13P1-3.5	<i>Gigadiscina</i> sp.	14,5 mm	13,6 mm
MPEG-C3P1-1.30	<i>O. excentrica</i>	amostra fragmentada	
MPEG-C3P1-1.35A	<i>O. excentrica</i>	9,6 mm	9,7 mm
MPEG-C3P1-1.35B	<i>O. excentrica</i>	9,6 mm	9,7 mm
MPEG-C3P1-1.71A	<i>O. excentrica</i>	6,7 mm	6,6 mm
MPEG-C3P1-1.91	<i>O. excentrica</i>	amostra fragmentada	
MPEG-C3P1-1.130B	<i>O. excentrica</i>	9,9 mm	10,1 mm
MPEG-C3P1-1.134A	<i>O. excentrica</i>	6,1 mm	5,9 mm
MPEG-C3P1-1.139	<i>O. excentrica</i>	7,7 mm	7,6 mm
MPEG-C3P1-1.169	<i>O. excentrica</i>	8,2 mm	8,4 mm
MPEG-C3P1-1.204	<i>O. excentrica</i>	9,1 mm	9,2 mm
MPEG-C3P1-1.210A	<i>O. excentrica</i>	amostra fragmentada	
MPEG-C3P1-1.210C	<i>O. excentrica</i>	amostra fragmentada	
MPEG-C9P1-4A	<i>O. excentrica</i>	7,5 mm	7,3 mm
MPEG-C9P1-4B	<i>O. excentrica</i>	7,5 mm	7,3 mm
MPEG-C13P1-3.10A	<i>O. excentrica</i>	9,4 mm	9,5 mm
MPEG-C13P1-3.10B	<i>O. excentrica</i>	9,4 mm	9,5 mm
MPEG-C13P1-3.13A	<i>O. excentrica</i>	3,2 mm	3,6 mm
MPEG-C13P1-3.13B	<i>O. excentrica</i>	3,2 mm	3,6 mm
MPEG-C3P1-1.32A	<i>Orbiculoidea</i> sp. 2	7,9 mm	8,4 mm
MPEG-C3P1-1.32B	<i>Orbiculoidea</i> sp. 2	7,9 mm	8,4 mm
MPEG-C3P1-1.34A	<i>Orbiculoidea</i> sp. 2	6,4 mm	6,2 mm
MPEG-C3P1-1.34B	<i>Orbiculoidea</i> sp. 2	6,4 mm	6,2 mm
MPEG-C3P1-1.47A	<i>Orbiculoidea</i> sp. 2	amostra fragmentada	
MPEG-C3P1-1.47C	<i>Orbiculoidea</i> sp. 2	amostra fragmentada	
MPEG-C3P1-1.138A	<i>Orbiculoidea</i> sp. 2	amostra fragmentada	
MPEG-C3P1-1.138C	<i>Orbiculoidea</i> sp. 2	amostra fragmentada	
MPEG-C13P1-1.3B	<i>Orbiculoidea</i> sp. 2	amostra fragmentada	
MPEG-C13P1-1.9A	<i>Orbiculoidea</i> sp. 2	6,5 mm	6,9 mm
MPEG-C13P1-1.22A	<i>Orbiculoidea</i> sp. 2	6,6 mm	6,4 mm
MPEG-C13P1-1.22B	<i>Orbiculoidea</i> sp. 2	6,6 mm	6,4 mm
MPEG-C13P1-1.29	<i>Orbiculoidea</i> sp. 2	7,1 mm	7,0 mm
MPEG-C13P1-2.2A	<i>Orbiculoidea</i> sp. 2	amostra fragmentada	
MPEG-C13P1-2.2B	<i>Orbiculoidea</i> sp. 2	amostra fragmentada	
MPEG-C13P1-3.7A	<i>Orbiculoidea</i> sp. 2	6,2 mm	6,8 mm
MPEG-C13P1-3.7B	<i>Orbiculoidea</i> sp. 2	6,2 mm	6,8 mm
MPEG-C13P1-3.12A	<i>Orbiculoidea</i> sp. 2	7,2 mm	6,6 mm
MPEG-C13P1-3.12B	<i>Orbiculoidea</i> sp. 2	7,2 mm	6,6 mm

APÊNDICE D – ARTIGO - DISCINOIDS FROM THE MANACAPURU FORMATION (SILURO-DEVONIAN), SOUTH BORDER OF AMAZON BASIN, BRAZIL.

No apêndice “D” está anexado o artigo que será submetido para revista “Journal of South American Earth Sciences”. Vale ressaltar que o mesmo foi redigido seguindo as normas da referida revista. Diferente da Dissertação que segue as normas do Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica da Universidade Federal do Pará.

DISCINOIDS FROM THE MANACAPURU FORMATION (SILURO -DEVONIAN),
SOUTH BORDER OF AMAZON BASIN, BRAZIL.

LUIZ FELIPE AQUINO CORRÊA

Universidade Federal do Pará, Rua Augusto Corrêa, 1 - Guamá, 66075-110, Belém-PA,
Brasil.

luizfelipe812@gmail.com

MARIA INÊS FEIJÓ RAMOS

Museu Paraense Emílio Goeldi, Av. Perimetral, 1901 - Terra Firme, 66077-830, Belém-PA,
Brasil.

mramos@museu-goeldi.br

Abstract

The taxonomic study of brachiopods (Discinidae Family) of the upper portion of the Manacapuru Formation (Lochkovian), South border of the Amazon Basin, municipality of Vitória do Xingu, Pará, allowed the recognition of three species of *Orbiculoidea*, *O. baini*, *O. bodenbenderi*, and *O. excentrica* besides other specimens preliminarily identified as belonging to the genus, being kept in open nomenclature, such as *O. sp. 1* and *O. sp. 2*. The specimens referring to the genus *Gigadiscina* also were left in open nomenclature. These are the first record of the species *O. baini*, *O. bodenbenderi*, *O. excentrica* and of the *Gigadiscina* genus for the Manacapuru Formation, and is also the first occurrence for Northern Brazil. The association of discinoids in the present study is older than the previous record in South America (Lochkovian). It can be explained by two factors: during the Early Devonian the Amazon Basin (located in Northwest Gondwana) was closer to Laurasia (which recorded most of the occurrence of *Orbiculoidea* during the Silurian), this proximity would have made it easier for these organisms to migrate first to the referred basin; the other factor is that the global eustatic sea-level increased during the Eodevonian, leading to major transgressions, which reached a large part of northwestern Gondwana, giving rise to shallow seas in that region (represented in the Amazon Basin by marine sediments from the upper portion of the Manacapuru Formation); this condition were favorable for colonization of inarticulate brachiopods. The identified fauna of discinoids in strata of the Manacapuru Formation are characteristic of a shallow marine environment, corroborating with previous proposed for the upper portion of that formation.

Keywords: *Orbiculoidea*. *Gigadiscina*. Lochkovian. Amazon Basin. Gondwana.

1. Introduction

Discinoids are inarticulate brachiopods, formed by two valves of organophosphatic composition, exclusively marine, that appeared in the Ordovician and currently have four living genera (Williams & Rowell, 1965; Emig, 1997). The Ordovician was a period of changes in the configuration of the continental masses (Gondwana was centered on the South Pole) and in climatic conditions, contributing to the Hirnantian Glaciation (Late Ordovician – Early Silurian) that persisted for almost 35 million years (Finnegan et al., 2011); climatic conditions were quite severe in Gondwana, with the persistence of only a few discinoids, such as *Kosoidea australis*, from the Iapó and Vila Maria formations, Paraná Basin (Zabini et al., 2019). During the Silurian, there were melts of part of the polar caps of North Africa and South America, resulting in marine transgressions that reached a large part of the territory of the supercontinent Gondwana (Ludwig, 1964; Carozzi et al., 1973; Caputo, 1984; Caputo & Crowell, 1985; Grahn & Caputo, 1992; Cunha et al., 1994). In this way, the shallow seas arose, during the transition from the Silurian-Devonian, in the northwest of Gondwana (Bolivia, Brazil, Falkland Islands, South Africa, and Australia) with mild temperatures. Such conditions were fundamental for the brachiopods to expand during the Devonian.

Despite this great radiation during the Devonian, the registration of this group is rare and it is little studied in the Amazon and Parnaíba basins. Occurrences are cited, without any taxonomic details, such as the records in strata of the Manacapuru Formation (Pridoli-Lochkovian of the Amazon Basin), Ererê Formation (Eifelian-Givetian of the Amazon Basin) and Pimenteiras Formation (Eifelian-Frasnian of the Parnaíba Basin).

In contrast, in the Paraná Basin the discinoids are easily found in the Devonian marine deposits, mainly in the Ponta Grossa and São Domingos formations, where five species are recorded: *Orbiculoidea baini* Sharpe, 1856; *Orbiculoidea bodenbenderi* Clarke, 1913; *Orbiculoidea excentrica* Lange, 1943; *Gigadiscina collis* Clarke, 1913; *Rugadiscina stagona* Comniskey & Bosetti, 2017 (Clarke, 1913; Lange, 1943; Zabini et al., 2013; Comniskey et al., 2016; Comniskey & Bosetti, 2017). The absence of records and in-depth research of discinoids in the other Paleozoic basins in Brazil (Amazon and Parnaíba basins) make a possible correlation of this fauna that is well defined in the Paraná Basin unfeasible, restricting the evolutionary understanding of these organisms during the Devonian in Brazil.

This work aims the taxonomic study of the brachiopods of the Discinidae family in strata of the Manacapuru Formation (municipality of Vitória do Xingu), the southern border

of the Amazon Basin, contributing to the knowledge of this group, and consequently to the paleoecological models and the patterns of stratigraphic and paleobiogeographic distribution related to the evolution of the configuration of the continents and seas, thus allowing a greater correlation between the Brazilian Paleozoic basins.

2. Material and methods

The studied material consists of 272 brachiopod samples, collected by the TERRAGRAPH PALEONTOLOGIA team between July 2011 and October 2015, through the project entitled “Paleontological Heritage Rescue Program” of the Belo Monte Hydroelectric Plant, municipality of Vitória do Xingu, State of Pará; 4 sampled points were analyzed, C3P1 (9653975 m N, 413823 m L, zona 22M, SAD 69), C9P1 (9655000 m N, 413261 m L, zona 22M, SAD 69), C13P1 (9653898 m N, 414191 m L, zona 22M, SAD 69) e C14P1 (9648213 m N, 406654 m L, zona 22M, SAD 69) (**Fig. 1**). The outcrops are inserted in strata of the Manacapuru Formation.

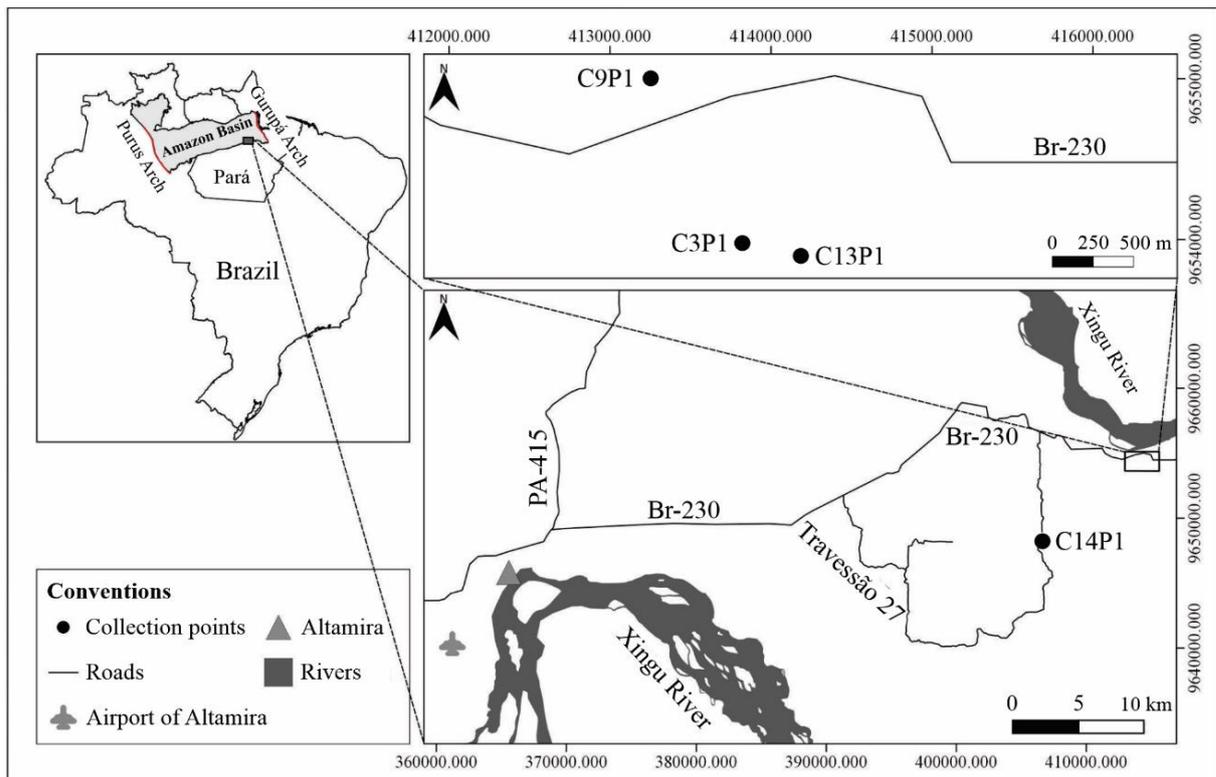


Fig. 1. Location of the study área.

The samples were recovered according to the standard methods in paleontology, described by Tomassi et al. (2015), and plotted into the stratigraphic profiles; for each specimen an individual number was adopted, as following the pattern, CmPn-X.Y, where Cm corresponds to the collection campaign (C1, C2, C3, ...), Pn geographical point within the

campaign (P1, P2, P3, ...), X indicates the position in the stratigraphic column, Y sequential number of the sample taken (1,2,3, ...). The material is housed at the paleontological collection Museum Paraense Emílio Goeldi (Belém - PA).

The analyzed samples underwent mechanical preparation through manual techniques to better highlight their morphological aspects, thus facilitating the identification of fossils. The specimens with the best-preserved morphological characteristics were selected for the acquisition of the photos. The photos were captured with the aid of a high-resolution digital camera (model Canon Powershot A640) and also with the image capture system attached to an electronic magnifying glass (model LEICA M205 A). With the aid of the micrometric lattice of the magnifying glass (model LEICA S8AP0) the measures of length (**L**) and width (**W**) were measured.

The taxonomic analysis occurred through naked eye, as well as with the aid of a magnifying glass and the photos obtained; the specimens were compared to the specific bibliography “Treatise on Invertebrate Paleontology” (Willians & Rowell, 1965; Willians et al., 1997) and with the main articles relevant to the group (Sharpe, 1856; Clarke, 1913; Lange, 1943; Mergl & Massa, 2005; Mergl, 2006; Mergl, 2010; Comniskey & Bosetti, 2017; Carbonaro et al., 2018).

3. Geological setting

The Amazon Basin is limited from the Solimões and Marajó basins by the Purus and Gurupá arches, respectively, located on the South American platform, north of Brazil, covering the States of Amapá, Amazonas and Pará; it covers an area of about 500,000 km² (Cunha et al., 1994) and is classified as an intracratonic “Type I - Simple Interior” (Klemme, 1980). Its origin would be associated with the dispersion of North-South direction efforts, referring to the closing process of the Brazilian Cycle (Cunha et al., 2007). After the distensive processes, the magmatic bodies cooled down, initiating the regional thermal subsidence and the emergence of an intracontinental syneclysis, forming an elongated geometry basin and predominantly filled by siliciclastic rocks, essentially Paleozoic, intruded in the Mesozoic by dikes and diabase sills (Almeida, 1967; Caputo, 1984; Cunha et al., 2007).

According to Cunha et al. (2007), the current stratigraphic framework of the basin presents two first-order mega sequences, one Paleozoic, and another Meso-Cenozoic. The Paleozoic mega-sequence is divided into three second-order sequences: Ordovician-Devonian, Devonian-Tournaisian, Neovisean, and Pennsylvanian-Permian Sequence (Cunha et al., 2007). The Ordovician-Devonian sequence is represented by the rocks that make up the Trombetas

Group and record the initial deposition phase in the intracontinental syneclysis of the Amazon Basin with characteristics of transgressive-regressive pulsations (Ludwig 1964; Cunha et al., 1994). It has sedimentation from the alternation between glacial and marine environments, located onlap over the Arch of the Purus in the westernmost region of the basin. In the eastern portion, sedimentation surpassed the Arco de Gurupá (non-existent in this period) favoring the connection with the basins of northwest Africa (Cunha et al., 2007). The Trombetas Group (Ludwig, 1964), is composed by the Autás-Mirim, Nhamundá, Pitinga, and Manacapuru formations (Cunha et al., 1994). Later, Cunha et al. (2007) proposed a new formation in the Trombetas Group, this being the Jatapu Formation, former Jatapu Member, belonging to the Maecuru Formation (Urupadi Group).

The Manacapuru Formation, from which the study material comes, was first proposed as a Manacapuru member representing the upper portion of the old “Trombetas Formation” (Caputo et al., 1971). Subsequently, it was elevated hierarchically to training (Caputo, 1984). It is characterized by fine to medium sandstones, neritic and coastal pelites, shales, and laminated siltstones, composing a transgressive-regressive sequence, deposited in deltaic environments and shallow platforms (Carozzi et al., 1973; Caputo, 1984; Cunha et al., 1994; Cunha et al., 2007; Souza & Nogueira, 2009; Rocha et al., 2019). Biostratigraphic analyzes performed by Grahn (2005) established a Pridoli – Lochkovian age for the referred formation. The fossiliferous content of the Manacapuru Formation includes brachiopods, conularia, fragments of eurypterids, ichnofossils, palynomorphs, and fish (Lange, 1967; Quadros, 1985; Janvier & Melo, 1988; Grahn & Melo, 1990; Grahn & Paris, 1992; Granh, 2005; Wanderley Filho et al., 2005; Steemans et al., 2008; Rocha et al., 2019).

4. Results

Of the 272 samples of brachiopods from the studied points C3P1, C9P1, C13P1, and C14P1, 205 are discinoids, 57 rhynchonelliforms, and 10 lingulids. The focus of the research was the linguliformeas brachiopods, belonging to the Discinidae family, which is composed of 21 genera, 17 extinct (*Acrosacus*, *Chrustenotreta*, *Chynithele*, *Eoschizotreta*, *Gigadiscina*, *Ivanothele*, *Kosoidea*, *Lindstroemella*, *Lingulodiscina*, *Lochkothele*, *Oehlertella*, *Orbiculoidea*, *Praeoehlertella*, *Roemerella*, *Schizotreta*, *Schizotretinia*, and *Sterbinella*), and 4 living (*Discina*, *Discinisca*, *Discradisca*, and *Pelagodiscus*) (Willians & Rowell 1965, Willians et al. 1997, Mergl & Massa 2005).

Taxonomic studies carried out provided the recognition of three species of *Orbiculoidea* d’Orbigny, 1847, being *Orbiculoidea baini* Sharpe, 1856, (10 specimens),

Orbiculoidea bodenbenderi Clarke, 1913 (5 specimens), and *Orbiculoidea excentrica* Lange, 1934 (34 specimens). Also, other specimens preliminarily were identified as belonging to the genus, being kept in open nomenclature, such as *O. sp. 1* (18 specimens) and *O. sp. 2* (19 specimens); another 99 samples of *Orbiculoidea* could not be identified at specific level due to the poor preservation. The specimens referring to the genus *Gigadiscina* Mergl & Massa, 2005 (20 specimens) also were left in open nomenclature, whose reason is duly explained in the topic of the systematics related to the group.

The four sampled points (C3P1, C9P1, C13P1 and C14P1), which compose the stratigraphic section of the study area (**Fig. 2**), formed from the base to the top by a crystalline basement followed by a layer of approximately 0.5 meters of fine-grained massive sandstone, interspersed with clay lenses, where the discinoids only occur in the sandstone portions; above, a fine-grained sandstone layer with an incipient lamination with discinoids arranged in almost the entire layer; lastly, a laminated siltite package with approximately 2.1 meters, where the discinoids are concentrated at the base, always associated with rhynchonelliforms; on the top of the layer, the lingulids occur isolated.

The upper portion of the Manacapuru Formation is associated with a shallow platform environment and the lower portion with a delta environment (Carrozi et al., 1973; Cunha et al., 2007; Rocha et al., 2019). Thus, taking into account the lithological characteristics, the information provided in the work of Tomassi et al. (2015) and the Final Technical Report of the Paleontological Heritage Rescue Program of the Belo Monte Hydroelectric Power Plant, together with the fossiliferous assembly of brachiopods characteristic of the marine environment (Willians & Rowell, 1965; Clarkson, 1992), we positioned the studied outcrops at the upper portion of the Manacapuru Formation. According to the palynological analyzes carried out by Graham (2005) in the Belo Monte region, the lower part of the Manacapuru Formation is related to the Pridoli age (end of the Silurian) and the upper part of the Lochkovian (beginning of the Devonian). Because the studied outcrops correspond to the marine portion of the referred formation (upper portion), the Lochkovian relative age for the analyzed material was adopted.

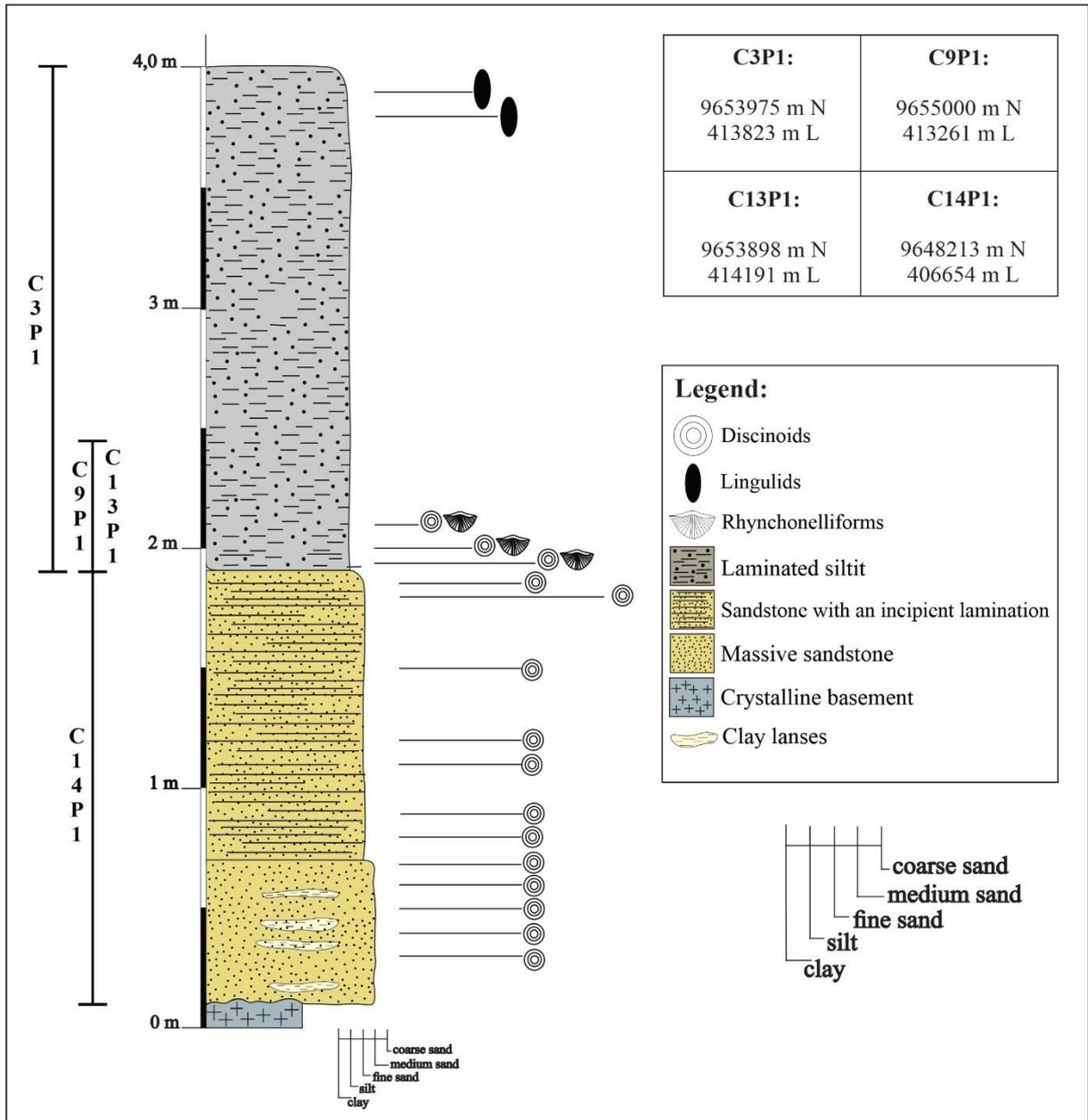


Fig.2. The stratigraphic section composed of the analyzed samples points.

4.1 Systematic paleontology

Class Lingulata (Gorjansky & Popov, 1985)

Order Lingulida (Waagen, 1885)

Superfamily Discinoidea (Gray, 1840)

Family Discinidae (Gray, 1840)

Genus *Gigadiscina* Mergl & Massa, 2005

Type species - *Gigadiscina lessardi* Mergl & Massa 2005

Diagnosis: Discinoid genus characterised by large, convex-planar, subcircular shell, covered by fine regular concentric rugellae; micro-ornament of uniform, very small deep circular pits over entire surface; dorsal valve highly and obtusely conical, with subcentral apex; ventral valve planar, with subcentral apex; pedicle foramen subcircular, resting at the bottom of shallow circular depression; the foramen leads into very short pedicle tube toward the posterior margin; listrium rudimentary, broad and very short (Mergl & Massa, 2005).

Remarks: The genus *Gigadiscina* was proposed by Mergl & Massa (2005) when analyzing samples of Siegenian (Lower Devonian) discinoids from the Tamesna Basin (Algeria). One of the main diagnostic characteristics of this genus is the fact that the valves are large when compared to the other genera in the Discinidae family.

According to Mergl & Massa (2005), *Gigadiscina* differs from *Lingulodiscina*, *Oehlertella*, and *Schizotreta*, due to the apex of the dorsal valve being subcentral (instead of submarginal). Differs from *Roemerella* due to the size of the valves that in *Gigadiscina* are much larger, and the ventral valve of *Gigadiscina* is flat (and not concave). Differs from *Acrosaccus*, *Lochkothele*, and *Orbiculoidea* in that their valves are convex-planar (instead of biconvex), pedicle track circular, short pedicle tube, short and wide listrium (instead of a narrow pedicle track, pedicle tube and listrium long).

Among the diagnostic characteristics of the genus studied was not observed in *Gigadiscina?* sp. small pores arranged over the entire surface in both valves. Besides, the size of the samples analyzed is much smaller when compared to other records in the literature. According to Boucot et al. (2001) the fact that morphological variations occur among some species of discinoids, would be linked to the fact of geographic variation on a large scale, combined with ecological factors. Chuang (1961) demonstrated the relationship between local environmental effects and the growth rate of lingulids.

Gigadiscina? sp.

(Fig. 3. A-D)

Description: Subtriangular shell outline. The dorsal valve is high, convex, and obtusely subconical. Dimensions varying between 9.2 mm - 17.8 mm in length and 8.8 mm - 18.1 mm in width. An apical region well marked and elevated has a concave slope in the anterior portion, which extends from the anterior margin to the apex. Apex flattened, slightly elevated, submarginal, displaced towards the posterior margin. On average, the anterior region corresponds to approximately 80% of the valve area. The rugellae are thin, well-marked, arranged concentrically around the apex. On the posterior margin towards the apex, it has an

average of 22 rugellae, with small and regular interspaces. Poorly preserved ventral valve, it is possible to notice only a short, subcircular pedicular tube.

Occurrence: Sampled points C3P1, C13P1 and C14P1, located at Sítio Belo Monte, municipality of Vitória do Xingu, State of Pará, Brazil; Amazon Basin, Manacapuru Formation (Lochkovian).

Geographic and stratigraphic distribution: The genus *Gigadiscinia* occurs in **Brazil:** in the states of Paraná, at Ponta Grossa and São Domingos formations (Pragian-Emsian), Paraná Basin (Comniskey & Bosetti, 2017) and Mato Grosso, (Pragian) Parecis Basin (Boucot et al., 2001). **Europe:** the genus is registered in Germany, Pragian (Kayser, 1892); Czech Republic, Lochkov Formation (Lochkovian), Praga Basin, (Mergl, 2001). **Africa:** South Africa, Pragian (Reed, 1925); Algeria, Tamesna Basin (Pragian) (Mergl & Massa, 2005) and Libya, Givetian-Frasnian (Mergl & Massa, 2005). **Antarctica,** Horlick Formation, Pragian-Emsian (Rowell, 1965).

Material: 20 samples.

Dimensions: MPEG-C3P1-1.109 (L: 17.8 mm; W: 18.1 mm), MPEG- C13P1-3.1B (L: 14.5 mm; W: 13.6 mm), MPEG-C13P1-3.5 (L: 14.8 mm; W: 15.2 mm), MPEG-C14P1-2.1B (L: 14.8 mm; W: 14.2 mm), MPEG- C14P1-4.2A (L: 10.6 mm; W: 11.2 mm), MPEG-C14P1-4.2B (L: 10.6 mm; W: 11.2 mm), MPEG- C14P1-4.4 (L: 11.8 mm; W: 12.2 mm), MPEG-C14P1-5.9A (L: 13.9 mm; W: 13.3 mm), MPEG-C14P1-5.9B (L: 13.9 mm; W: 13.6 mm), MPEG- C14P1-6.1A (L: 11.5 mm; W: 11.1 mm), MPEG- C14P1-6.1B (L: 11.5 mm; W: 11.1), MPEG- C14P1-7.1 (L: 14.3 mm; W: 13.9 mm), MPEG- C14P1-7.12 (L: 10.1 mm; W: 10.9 mm) e MPEG- C14P1-7.15 (L: 16.8 mm; W:17.1 mm), MPEG-C14P1-8.8A (L: 13.4 mm; W: 12.9 mm), MPEG-C14P1-8.8B (L: 13.4 mm; W: 12.9 mm), MPEG- C14P1-8.10A (L: 12.8 mm; W: 15.2 mm), MPEG-C14P1-8.10B (L: 12.8 mm; W: 15.2 mm), MPEG-C14P1-11.1A (L: 9.2 mm; W: 8.8 mm), and MPEG-C14P1-11.1B (L: 9.2 mm; W: 8.8 mm).

Remarks: The samples described in the present study have morphological characteristics that are close to the description made by Comniskey (2011) and Comniskey & Bosetti (2017) for *Gigadiscina collis*, such as subtriangular shell outline, rugellae thin with small spacing, and high and conical dorsal valve. The small pores arranged over the entire surface of the valves, considered as one of the diagnostic characteristics for the genus *Gigadiscina* (Mergl & Massa, 2005) are not described or illustrated for the species of *Gigadiscina collis* studied by

Comniskey & Bosetti (2017), as well as they are also not seen in the studied material. The difficulty in claiming that *Gigadiscina?* sp. is in fact *Gigadiscina collis* is due to the size of the studied samples being much smaller (which are at most 17.8 mm long and 18.1 mm wide) when compared to what is recorded in the literature by Mergl & Massa (2005), Comniskey (2011) and Comniskey et al. (2017). Despite of the specimens of *Gigadiscina?* sp have smaller sizes when compared to the other records of the genus *Gigadiscina*, it stands out when compared to the other identified discinoids in the present work (*Orbiculoidea baini*, *Orbiculoidea bodenbenderi*, *Orbiculoidea excentrica*, and *Orbiculoidea* sp. 2), except for *Orbiculoidea* sp1.

Gigadiscina? sp. has an outline of the subtriangular shell, with length values greater than that of width, which differs from *Gigadiscina lessardi*, whose outline is almost circular and the length measurements are equal to those of width. The illustrated samples of *Gigadiscina anomala* published by Mergl & Massa (2005) are poorly preserved, making comparison difficult. *Gigadiscina?* sp. features very similar to *Gigadiscina collis*, the only point that differs from each other is the size discrepancy, could it be that the samples of *Gigadiscina?* sp. are juvenile specimens of *Gigadiscina collis*, which would justify this difference in sizes, however, no occurrence of juvenile specimens of *Gigadiscina collis* is recorded in the literature, making possible comparisons difficult.

The absence of micropores on the surface of the valves, combined with the fact that their sizes are much smaller, when compared to the species described in the literature (*Gigadiscina collis*, *Gigadiscina anomalous* and *Gigadiscina lessardi*), it was decided to leave the genus and species in open classification.

Genus *Orbiculoidea* (d'Orbigny, 1847)

Type species - *Orbicula forbesii* Davidson, 1848

Orbiculoidea baini Sharpe, 1856 (Fig. 3. E-H)

1856 *Orbicula bainii* Sharpe, p. 210, pl. 26, fig. 20–23.

1903 *Orbiculoidea baini* Sharpe — Reed, p.168, pl. 20, fig. 4–5.

1913 *Orbiculoidea baini* Sharpe — Clarke, p. 301, pl. 25, fig. 5–15.

1913 *Orbiculoidea baini* Sharpe — Kozłowski, p. 8-108, pl. 1, fig. 11–13.

1925 *Orbiculoidea (Roemerella) baini* Sharpe — Reed, p. 36–38, fig.

1954 *Orbiculoidea baini* Sharpe — Lange, p.33.

1967 *Orbiculoidea baini* Sharpe — Davila, Rodriguez, p. 921-935.

1971 *Orbiculoidea baini* Sharpe — Méndez-Alzola, Sprechmann, p. 517-525.

1985 *Orbiculoidea baini* Sharpe — Melo, p. 48a-57a.

1991 *Orbiculoidea baini* Sharpe — Figueiras, p. 57–64.

2001 *Orbiculoidea falklandensis* Sharpe — Boucot, Rowell, Racheboeuf, Pereira, Melo, Siqueira, p. 111, pl. 2, fig. 1–17.

2011 *Orbiculoidea baini* Sharpe — Comniskey, p. 54-58, pl. 4–7.

2016 *Orbiculoidea baini* Sharpe — Carbonaro, Ghilardi, p. 135-149, fig. 6K.

2017 *Orbiculoidea baini* Sharpe — Cominiskey, Bosetti, p. 175-192, fig 3.3-3.4; 4.4-4.6.

2018 *Orbiculoidea baini* Sharpe — Carbonaro, Comniskey, Corral, Ghilardi, p. 11-20, fig 3.

Diagnosis: Shell circular to sub-circular, small, fine, regular and well-marked rugellae, pedicle large and expressive. Spaced regularly with small shallow interspaces. The pedicle is long and robust (Sharpe, 1856).

Description: Flat ventral valve. Outline of the circular shell, length values very close to those of width. Dimensions varying between 9.2 mm - 14.9 mm in length and 9.7 mm - 15.1 mm in width. Rugellae well-marked arranged concentrically around the apex. Apical region slightly depressed, however in the rest of the valve the flat aspect predominates. Central apex with a smooth displacement towards the posterior region. The anterior region corresponds to approximately 60% of the valve. Between the posterior margin and the apex, it has on average between 15-17 well-marked rugellae, whose thicknesses vary between 0.06 mm - 0.16 mm. The size of the interspaces between the growth lines has an almost imperceptible variation (0.18 mm - 0.24 mm). Well-marked pedicular opening, triangular in shape, starting behind the apical region and extending at least two-thirds of the length of the posterior region.

Occurrence: Sampled point C14P1, located at Sítio Belo Monte, municipality of Vitória do Xingu, State of Pará, Brazil; Amazon Basin, Manacapuru Formation (Lochkovian).

Geographic and stratigraphic distribution: **Brazil:** in the states of Paraná, Paraná Basin, Ponta Grossa and São Domingos formations (Pragian-Givetian) (Clarke, 1913; Lange, 1954; Comniskey & Bosetti, 2017); Goiás, Alto Garças Sub-Basin, Chapada Group Unit 4, (Givetian) (Carbonaro & Ghilardi, 2016; Carbonaro et al., 2018) and Mato Grosso, Parecis Basin, Pragian (Boucot et al., 2001). Rest of **South America:** Argentina, Argentine Pre-Cordillera, Talacasto Formation (Pragian) (Méndez-Alzola & Sprechmann, 1971); Bolivia, Pragian (Davila & Rodriguez, 1967); Falkland Islands, Fox bay Formation, Pragian (Sharpe,

1856) e Uruguay, Chacoparanense Basin, Cordobes Formation (Pragian) (Figueiras, 1991).

Africa: South Africa, Bokkeveld Beds, Lower Devonian (Reed, 1925).

Material: 10 samples.

Dimensions: MPEG-C14P1-5.7 (L:11.7 mm; W: 12.2 mm), MPEG-C14P1-5.8A (fragmented sample), MPEG- C14P1-5.8B (fragmented sample), MPEG-C14P1-5.11 (fragmented sample), MPEG-C14P1-5.12 (L:9.2 mm; W: 9.7 mm), MPEG-C14P1-5.13B (L:10.8 mm; W: 11.00 mm), MPEG-C14P1-5.15 (L:10.7 mm; W: 11.1 mm), MPEG-C14P-5.20A (fragmented sample), MPEG-C14P-5.20B (fragmented sample), and MPEG- C14P1-7.16 (L:14.9 mm; W:15.1 mm).

Remarks: The specimens analyzed show the same diagnostic characteristics of the species, such as circular shell contour, well-marked rugellae, relatively large interspaces, eccentric apex, and well-marked pedicular opening, similar to what was described by Sharpe (1856). The samples of *Orbiculoidea baini* described by Clarke (1913), Lange (1954), Comniskey (2011) and Comniskey & Bosetti (2017), for the Devonian of the Paraná Basin, differ in some aspects of the material analyzed in the present study, as they have more evident rugellae, larger pedicle openings, in addition to being larger in the size of the valves. The specimens analyzed in the present study are larger only concerning the specimens that persisted after the lilliput effect, environmental stress whose one consequence is the decrease in the size of the species (phenotypes with maximum measures L: 7.0 W: 8.0), as discussed by Bosetti et al. (2010a), Bosetti et al. (2012) and Comniskey et al. (2016).

In samples from Devonian Parana, the pedicular opening usually extends to the posterior margin; in the analyzed material only part of the pedicular pedicle opening was preserved, which occupies about two-thirds of the length of the posterior region. A break occurs in the part of the posterior region, responsible for the complete preservation of the pedicular opening, making it difficult to compare it with the other records in the literature. Boucot et al. (2001) described samples from the Lower Devonian of the Parecis Basin, where the pedicle opening is only one-third the length of the valve; despite this disparity, the authors chose not to propose a new species, justifying that such differences would possibly be related to large-scale geographical variation, combined with others ecological factors.

Orbiculoidea bodenbenderi Clarke, 1913
(Fig. 3. I-J)

1913 *Orbiculoidea bodenbenderi*, Clarke, p. 306, pl. 25, fig. 16-22.

1954 *Orbiculoidea bodenbenderi* Clarke — Lange, p. 41.

1985 *Orbiculoidea bodenbenderi* Clarke — Melo, p. 58a.

1991 *Orbiculoidea bodenbenderi* Clarke — Figueiras, p. 57 – 64.

2011 *Orbiculoidea bodenbenderi* Clarke — Comniskey, p. 59-62, pl. 8-10.

2017 *Orbiculoidea bodenbenderi* Clarke — Comniskey, Bosetti, p. 175-192, fig.3.7-3.8; 4.2; 4.7-4.9.

Diagnosis: Shell sub-circular. The rugellae are smooth, concentric and elevated. The interspaces are small. The dorsal valve is slightly elevated and the ventral valve is planar. The pedicle notch is short, fine and restricted to the apical region (adapted from Comniskey & Bosetti, 2017).

Description: Flat ventral valve. Subcircular shell 16.7 mm long and 16.3 mm wide. There is a thinning in the contour of the posterior margin concerning the anterior margin. Subcentral apex slightly shifted to the posterior margin. The distance between the apex and the anterior margin is 11.8 mm, corresponding to approximately 70% of the total length of the valve. Between the left part of the posterior margin until the apex it has roughly evidenced rugellae, with thicknesses of 0.3 mm. It has an average of 16 rugellae in an interval of 5 mm in the anterior region. The spacing between rugellae is small and regular, the distance between one rugellae and the other is approximately 0.7 mm.

Occurrence: Sampled point C14P1, located at Sítio Belo Monte, municipality of Vitória do Xingu, State of Pará, Brazil; Amazon Basin, Manacapuru Formation (Lochkovian).

Geographic and stratigraphic distribution: **Brazil:** in the states of Paraná, Paraná Basin, Ponta Grossa Formation (Pragian-Eifelian) (Clarke, 1913; Lange, 1954; Comniskey & Bosetti, 2017). Rest of **South America:** Falkland Islands, Fox bay Formation, Pragian (Clarke, 1913); Uruguay, Chacoparanense Basin, Cordobes Formation, Pragian (Figueiras, 1991).

Material: 5 samples.

Dimensions: MPEG-C14P1-4.2 (fragmented sample), MPEG-C14P1-6.16A (L:16.6 mm; W:16.3 mm), MPEG-C14P1-6.16B (L:16.6 mm; W:16.3 mm), MPEG-C14P1-6.26A (L: 16.7 mm; W: 16.4 mm), and MPEG-C14P1-6.26B (L: 16.7 mm; W: 16.4 mm).

Remarks: Clarke (1913) carried out the first description and discussion of the species *Orbiculoidea bodenbenderi* but did not define a diagnosis, which made it difficult to standardize a diagnosis for that species in later works. Comniskey & Bosetti (2017) carried out a taxonomic review of the discinoids of the Devonian of the Paraná Basin, in which they proposed the diagnosis for the species, which was adopted in the present work, amended with minor modifications taken from the description made by Clarke (1913).

Among the species of *Orbiculoidea* identified in this work, *Orbiculoidea bodenbenderi* is the one with the highest rugellae number. Besides, the description made by Comniskey & Bosetti (2017) for the species of *Orbiculoidea bodenbenderi* is similar to the material studied here, such as the subcircular outline, thinning at the posterior margin, length and width measurements, number of rugellae, thickness and spacing, characteristics that do not leave its classification in doubt.

A break was observed that extends from the apical region to the posterior margin (Fig. 13-I-J), responsible for not preserving the pedicle opening in the analyzed specimens.

Orbiculoidea bodenbenderi differs from the specimens of *Orbiculoidea baini*, in that its ventral valve is quite flat, due to the thinning in the contour of the posterior margin concerning the anterior margin and also the number of rugellae being much larger, less evident and with short spacing. It differs from *Orbiculoidea excentrica* because rugellae has a regular spacing, the apex slightly displaced and the number of rugellae is equal in both the anterior and posterior regions.

Orbiculoidea excentrica Lange, 1943
(Fig. 3. K-O)

1943 *Orbiculoidea excentrica*, Lange, p.223, pl. 17, fig. 1.

1954 *Orbiculoidea excentrica* Lange — Lange, p. 41-81.

1985 *Orbiculoidea excentrica* Lange — Melo, p. 61a, fig. 1.

2011 *Orbiculoidea excentrica* Lange — Comniskey, p. 63-65, pl.11.

2016 *Orbiculoidea excentrica* Lange — Carbonaro, Ghilardi, p. 135-149, fig.6L.

2017 *Orbiculoidea excentrica* Lange — Comniskey, Bosetti, p 175-192, fig. 3.5-3.6; 4.1

2018 *Orbiculoidea excentrica* Lange — Carbonaro, Comniskey, Corral, Ghilardi, p. 11-20, fig 3C e 3D.

Diagnosis: Show a shell sub-circular and a flat profile. The dorsal valve is slightly elevated; apex towards the posterior margin. The pedicle notch begins nearer to the posterior margin

and it is very short, smooth and thin. Rugellae with irregular spacing. (adapted from Comniskey & Bosetti, 2017).

Description: Concave dorsal valve, an outline of the subcircular shell. The posterior margin is more acuminate than the anterior margin. Dimensions varying between 3.2 mm - 9.9 mm in length and 3.6 mm - 10.1 mm in width. An apical region well marked. The angle of inclination that starts from the anterior margin towards the apex is smaller when compared to the posterior region. The slope is smoothly convex in the anterior region, while in the posterior region it is concave. The apex is submarginal, located near the posterior margin, the distance between the apex and the posterior margin of the dorsal valve is approximately 25% - 30% of the total length of the valve. The tip of the apex is prominent, with a slight inclination towards the posterior margin. From the posterior margin towards the apex, it has an average of 19 rugellae, more concentrated in the anterior portion, generally 7 more than the posterior part, with an average thickness of 0.02 mm - 0.06 mm. The interspaces between the rugellae are irregular, varying between 0.12 mm - 0.26 mm, with the spacing being larger in the anterior part.

Occurrence: Sampled points C3P1, C9P1, C13P1 and C14P1, located at Sítio Belo Monte, municipality of Vitória do Xingu, State of Pará, Brazil; Amazon Basin, Manacapuru Formation (Lochkovian).

Geographic and stratigraphic distribution: in the states of Paraná, Paraná Basin, Ponta Grossa and São Domingos formations (Pragian-Givetian) (Lange, 1943, 1954; Comniskey & Bosetti 2017) and Goiás, Alto Garças Sub-Basin, Chapada Group Unit 4, (Givetian) (Carbonaro & Ghilardi, 2016; Carbonaro et al. 2018).

Material: 34 samples.

Dimensions: MPEG-C3P1-1.30 (fragmented sample), MPEG-C3P1-1.35A (L: 9.6 mm; W: 9.7 mm), MPEG-C3P1-1.35B (L: 9.6 mm; W: 9.7 mm), MPEG- C3P1-1.71A (L: 6.7 mm; W: 6.6 mm), MPEG- C3P1-1.91 (fragmented sample), MPEG-C3P1-1.130B (L: 9.9 mm; W: 10.1 mm), MPEG-C3P1-1.134A (L: 6.1 mm; W: 5.9 mm), MPEG-C3P1-1.139 (L: 7.7 mm; W: 7.6 mm), MPEG-C3P1-1.169 (L: 8.2 mm; W: 8.4 mm), MPEG-C3P1-1.204 (L: 9.1 mm; W: 9.2 mm), MPEG-C3P1-1.210A (fragmented sample), MPEG-C3P1-1.210C (fragmented sample), MPEG-C9P1-4A (L: 7.5 mm; W: 7.3 mm), MPEG-C9P1-4B (L: 7.5 mm; W: 7.3 mm), MPEG-C13P1-3.10A (L: 9.4 mm; W: 9.5 mm), MPEG-C13P1-3.10B (L: 9.4 mm; W: 9.5

mm), MPEG-C13P1-3.13A (L: 3.2 mm; W: 3.6 mm), MPEG-C13P1-3.13B (L: 3.2 mm; W: 3.6 mm), MPEG-C14P1-2.6 (fragmented sample), MPEG-C14P1-3.3A (fragmented sample), MPEG-C14P1-3.3B (fragmented sample), MPEG-C14P1-4.6A (L: 5.5 mm; W: 5.8 mm), MPEG-C14P1-4.6B (L: 5.5 mm; W: 5.8 mm), MPEG-C14P1-6.2A (fragmented sample), MPEG-C14P1-6.2B (fragmented sample), MPEG-C14P1-6.13 (fragmented sample), MPEG-C14P1-6.20 (fragmented sample), MPEG-C14P1-6.23 (L: 5.0 mm; W: 5.4 mm), MPEG-C14P1-7.9 (fragmented sample), MPEG-C14P1-7.13 (fragmented sample), MPEG-C14P1-7.18 (fragmented sample), MPEG-C14P1-8.2 (fragmented sample); MPEG-C14P1-9.2A (L: 4.5 mm; W: 4.6 mm), and MPEG-C14P1-9.2B (L: 4.5 mm; W: 4.6 mm).

Remarks: Because Lange (1943) proposed this species based only on two samples of pedicle valves and did not propose a diagnosis, it made the identification carried out in this research difficult. Later works such as Comniskey (2011), Comniskey & Bosetti (2017), and Carbonaro et al. (2018) allowed a better comparison with the specimens studied here. Thus, the diagnosis of Comniskey & Bosetti (2017) was adopted, adding an amendment with the characteristics presented by Lange (1943).

The studied material presents the typical diagnostic characteristics of the species *Orbiculoidea excentrica*, such as submarginal apex, subcircular outline, the greater number of rugellae in the anterior region, and spacing between irregular rugellae. However, the material described by Lange (1943) has almost twice the rugellae in the anterior region, which was not observed in the studied specimens, with these, on average, seven more rugellae in the anterior region than in the posterior region. The distance from the apex to the posterior margin is very similar to those described by Lange (1943) and very close to the values described by Carbonaro et al. (2018). The species *Orbiculoidea excentrica* differs from *Orbiculoidea baini* due to the irregular spacing of the rugellae, the submarginal apex, and the pedicular opening restricted to the apical region.



Fig. 3. A – D: *Gigadiscina?* sp. - A) MPEG-C14P1-5.9B (dorsal valve, external mould), B) MPEG-C14P1-2.1B (dorsal valve, external mould), C) MPEG-C14P1-8.8A (dorsal valve, external mould) and D) MPEG-C13P1-3.5 (ventral valve, internal mould); **E – H: *Orbiculoidea baini*** - E) MPEG-C14P1-5.13B (ventral valve, internal mould), F) MPEG-C14P1-5.7 (ventral valve, internal mould), G) MPEG-C14P1-5.8B (ventral valve, internal mould) and H) MPEG-C14P1-5.20A (ventral valve, internal mould); **I – J: *Orbiculoidea bodenbenderi*** - I) MPEG-C14P1-6.26A (ventral valve, external mould) and J) MPEG-C14P1-6.26B (ventral valve, counter mold of MPEG-C14P1-6.26A); **K – O: *Orbiculoidea excentrica*** - K) MPEG-C9P1-4A (dorsal valve, external mould), L) MPEG-C9P1-4B (dorsal valve, counter mold of MPEG-C9P1-4A) M) MPEG-C3P1-1.204 (dorsal valve, internal mould), N) MPEG-C13P1-3.10B (dorsal valve, internal mould) and O) MPEG-C14P1-6.13 (ventral valve, internal mould). Escala: 2 mm.

Orbiculoidea sp. 1
(Fig. 4. A-D)

Description: Convex dorsal valve and subcircular outline. Dimensions varying between 9.6 mm - 19.8 mm in length and 10.1 mm - 19.8 mm in width. The width measurements are considerably larger when compared to the length measurements. Larger and longer anterior margin. Rugellae well marked. Apex robust, subcentral, slightly displaced towards the posterior margin. Umbo region well marked and elevated, which makes the convex shell.

Convex ventral valve. Outline of the subcircular shell. Apex flattened, subcentral, slightly displaced to posterior margin. Umbo region with a slight depression. Rugellae very evident, slightly accentuated, most notable in the lateral part of the posterior margin. Robust pedicle tube, cylindrical in shape, starting from the apex to the posterior margin.

Occurrence: Sampled point C14P1, located at Sítio Belo Monte, municipality of Vitória do Xingu, State of Pará, Brazil; Amazon Basin, Manacapuru Formation (Lochkovian).

Geographic and stratigraphic distribution: Brazil, Amazon Basin, Manacapuru Formation (Lochkovian) (record of current work).

Material: 18 samples.

Dimensions: MPEG-C14P1-1.2 (L: 13.9 mm; W: 14.1 mm), MPEG-C14P1-3.4 (L: 9.6 mm; W: 10.1 mm), MPEG-C14P1-4.3A (L: 13.9 mm; W: 14.4 mm), MPEG-C14P1-4.3B (L: 13.9 mm; W: 14.4 mm), MPEG-C14P1-4.11 (L: 12.3 mm; W: 12.9 mm), MPEG-C14P1-5.2 (L: 19.2 mm; W: 19.6 mm), MPEG-C14P1-5.4 (fragmented sample), MPEG-C14P1-5.16A (L: 15.6 mm; W: 16.4 mm), MPEG-C14P1-5.19 (L: 19.2 mm; W: 19.8 mm), MPEG-C14P1-5.21 (L: 11.7 mm; W: 13.1 mm), MPEG-C14P1-6.4 (fragmented sample), MPEG-C14P1-6.17 (L: 11.4 mm; W: 11.8 mm), MPEG-C14P1-6.27A (L: 16.9 mm; W: 17.7 mm), MPEG-C14P1-8.9 (fragmented sample), MPEG-C14P1-11.2 (L: 14.4 mm; W: 16.8 mm), MPEG-C14P1-14A (L: 12.9 mm; W: 14.1 mm), MPEG-C14P1-14B (L: 12.9 mm; W: 14.1 mm), and MPEG-C14P1-15 (L: 11.4 mm; W: 13.2 mm).

Remarks: The samples of *Orbiculoidea* sp. 1 do not have good preservation. The measures of spacing between rugellae, thickness between rugellae, and the number of rugellae per valve could not be measured, not allowing a more accurate classification.

However, some characteristics are quite striking in the analyzed specimens, such as width measurements that are considerably larger when compared to length, giving the

impression that the outline of the valves is "flat" subcircular, which differs from all others species mentioned above, where these L / W values are not so discrepant. It differs from *Orbiculoidea baini* in that the subcircular outline and the robust umbo, while in *Orbiculoidea baini*, the outline is circular and the umbo is more discreet; it differs from *Orbiculoidea excentrica* on account of the umbo, which is more robust and flattened and from the apex which is subcentral, whereas in *Orbiculoidea excentrica* it is smaller and more conical, and the apex is submarginal; differs from *Gigadiscina?* sp. because of its subcircular outline and robust umbo, whereas in *Gigadiscina?* sp. the outline is subtriangular and the umbo is smaller.

Orbiculoidea sp. 2
(Fig. 4. E-I)

Description: Convex dorsal valve, with a subcircular (oval) outline. Dimensions varying between 6.2 mm - 7.9 mm in length and 6.2 mm - 8.4 mm in width. The valve is flat on the margins, with a slight elevation in the apical region. Submarginal apex, displaced towards the posterior margin, with a prominent beak, lower angle of inclination in the anterior region, and greater in the posterior region and conical shape. Umbo is robust and compressed. Rugellae well marked with irregular spacing, most notably close to the edges of the shell.

Convex ventral valve, the outline of the subcircular margin. Conical apex, submarginal, slightly displaced to posterior margin. The ventral valve is less elevated than the dorsal; a short pedicular tube, with a cylindrical shape, extends from the apex towards the posterior margin but restricted to the apical region.

Occurrence: Sampled points C3P1 and C13P1, located at Sítio Belo Monte, municipality of Vitória do Xingu, State of Pará, Brazil; Amazon Basin, Manacapuru Formation (Lochkovian).

Geographic and stratigraphic distribution: Brazil, Amazon Basin, Manacapuru Formation (Lochkovian) (record of current work).

Material: 19 samples.

Dimensions: MPEG-C3P1-1.32A (L: 7.9 mm; W: 8.4 mm), MPEG-C3P1-1.32B (L: 7.9 mm; W: 8.4 mm), MPEG-C3P1-1.34A (L: 6.4 mm; W: 6.2 mm), MPEG-C3P1-1.34B (L: 6.4 mm; W: 6.2 mm), MPEG-C3P1-1.47A (fragmented sample), MPEG-C3P1-1.47C (fragmented sample), MPEG-C3P1-1.138A (fragmented sample), MPEG-C3P1-1.138C (fragmented sample), MPEG-C13P1-1.3B (fragmented sample), MPEG-C13P1-1.9A (L: 6.5 mm; W: 6.9

mm), MPEG-C13P1-1.22A (L: 6.6 mm; W: 6.4 mm), MPEG-C13P1-1.22B (L: 6.6 mm; W: 6.4 mm), MPEG-C13P1-1.29 (L: 7.1 mm; W: 7.0 mm), MPEG-C13P1-2.2A (fragmented sample), MPEG-C13P1-2.2B (fragmented sample), MPEG-C13P1-3.7A (L: 6.2 mm; W: 6.8 mm), MPEG-C13P1-3.7B (L: 6.2 mm; W: 6.8 mm), MPEG-C13P1-3.12A (L: 7.2 mm; W: 6.6 mm), and MPEG-C13P1-3.12B (L: 7.2 mm; W: 6.6 mm).

Remarks: The degree of preservation of the material makes it difficult to classify, however, are the morphological characteristics described here well-differentiated from *Gigadiscina?* sp., *Orbiculoidea baini*, *Orbiculoidea bodenbenderi*, and *Orbiculoidea* sp. 1, and resemble the *Orbiculoidea excentrica*, with subcircular contour and submarginal apex. However, some differences were noted, such as a more robust and flattened umbo, while in *Orbiculoidea excentrica* it is smaller and tapered. The poor preservation of rugellae makes a more accurate comparison difficult. Thus, *Orbiculoidea* sp.21 remained with its classification open.

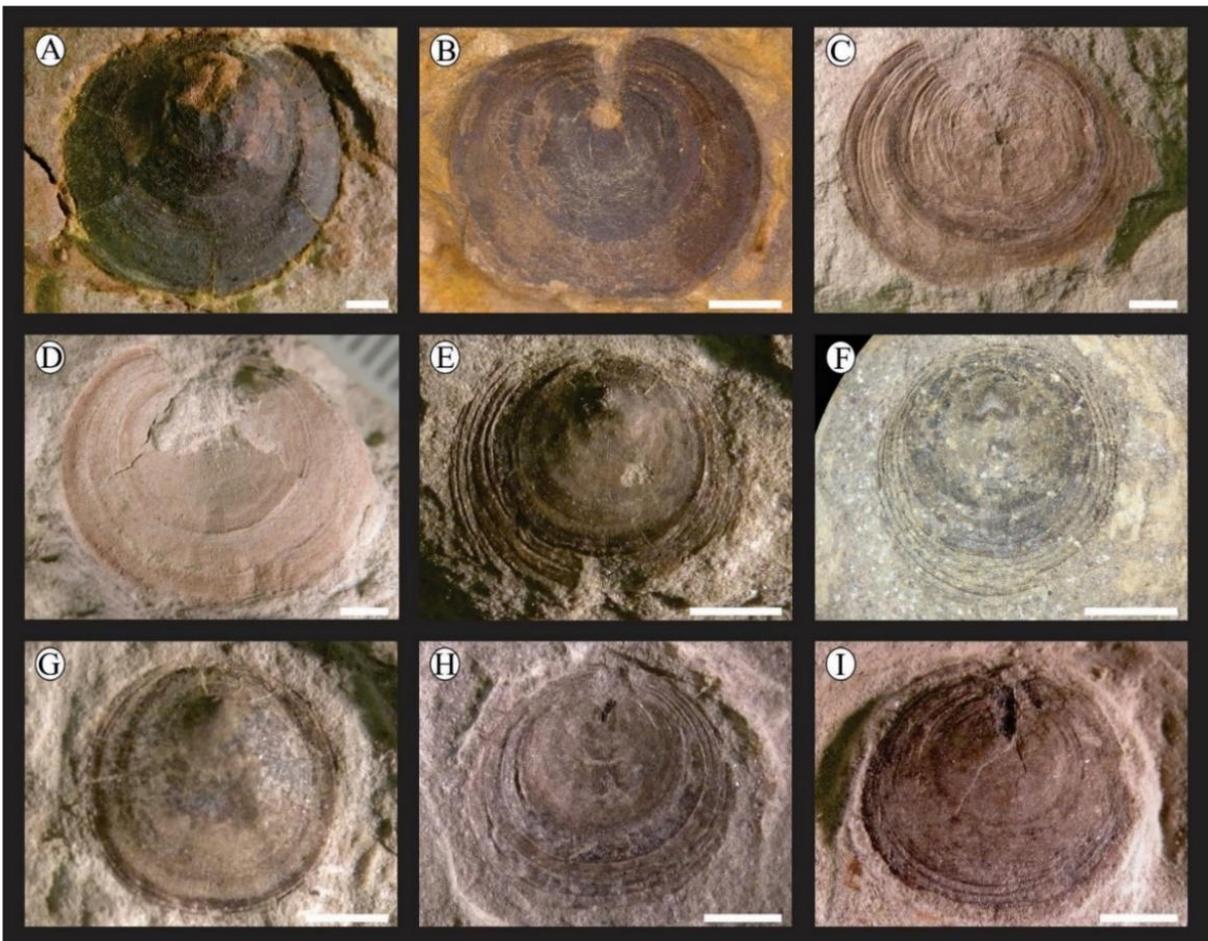


Fig. 4. A – D: *Orbiculoidea* sp. 1 - A) MPEG-C14P1-4.3B (dorsal valve, internal mould), B) MPEG-C14P1-11.2 (ventral valve, internal mould), C) MPEG-C14P1-15 (ventral valve, external mould) and D) MPEG-C14P1-14B (dorsal valve, external mould); **E – I: *Orbiculoidea* sp. 2** - E) MPEG-C3P1-1.32B (dorsal valve, internal mould), F) MPEG-C13P1-3.12A (dorsal valve, internal mould), G) MPEG-C13P1-1.22A (dorsal valve, internal mould), H) MPEG-C13P1-1.9A (ventral valve, internal mould) and I) MPEG-C13P1-3.7A (ventral valve, internal mould). Escala: 2 mm.

5. Discussion

5.1 Paleoeological aspects

Discinoids are brachiopods formed by two valves of organophosphate composition, exclusively marine, occurring in deposits from shoreface to offshore, (Williams & Rowell, 1965; Comniskey et al., 2016). The *Orbiculoidea* genus has a dominant habitat in the neritic zone (Zhang et al., 2018). The Discinidae family has a variable life habit, which has already led to several discussions; more recent research suggests epibenthic habit (Südkamp, 1997; Mergl, 2001). The discinoids identified in the present work (*Gigadiscina?* sp., *Orbiculoidea baini*, *Orbiculoidea bodenbenderi*, *Orbiculoidea excentrica*, *Orbiculoidea* sp. 1 and *Orbiculoidea* sp. 2) have flat or slightly arched ventral valves (described in the topic Paleontological Systematics), which indicates that the fixation of these organisms to the substrate occurred mainly due to the pedicle, and epibenthic habit (Mergl, 2001).

In general, the analyzed material, in almost its totality, is unarticulated valves. According to Südkamp (1997), the fact that inarticulate brachiopods have both valves connected only by muscles explains the fact that the shells commonly preserve themselves apart from each other. Thus, it is possible that occurred a natural death of the studied discinoids (*Gigadiscina?* sp., *O. baini*, *O. bodenbenderi*, *O. excentrica*, *O.* sp. 1, and *O.* sp. 2), without any possible environmental disturbance.

Observations of the habits of the living genera of the Discinoidea Superfamily (*Discina* Lamarck, 1819; *Discinisca* Dall, 1871; *Discradisca* Stenzel, 1964; *Pelagodiscus* Dall, 1908) are used as parameters to shape the life habits of the fossil discinoids, even with a significant temporal distance (Zhang et al., 2018).

The *Orbiculoidea* genus has a dominant habitat in shallow coastal marine environments; this statement is supported, given due proportions, by the fact that the distribution of current discinoids in almost their totality occurs at depths less than 30 meters (Emig, 1997; Zhang et al., 2018); according to Zhang et al. (2018), the majority of *Orbiculoidea* fossil records (92.7%) indicate shallow marine conditions. The discinoids fauna recorded in the Devonian of the Paraná Basin (which is very similar to that identified in the present study) is associated with platform marine deposits (Comniskey, 2011; Comniskey et al., 2016; Comniskey & Bosetti, 2017). Therefore, the presence of *Orbiculoidea baini*, *Orbiculoidea bodenbenderi*, *Orbiculoidea excentrica*, and *Gigadiscina?* sp. in strata of the Manacapuru Formation, suggests a shallow marine environment, corroborating with proposed for the upper portion of that formation (Carrozi et al., 1973; Cunha et al., 2007; Rocha et al., 2019).

When analyzing the discinoids identified in the present research (*Gigadiscina?* sp., *O. baini*, *O. bodenbenderi*, *O. excentrica*, *O. sp. 1* and *O. sp. 2*) we realize that they have morphological characteristics in adult forms, however, when we compare their sizes with the other records in the literature (Méndez-Alzola & Sprechmann, 1971; Boucot et al., 2001; Mergl & Massa, 2005; Comniskey & Bosetti, 2017), we note that the specimens have relatively smaller sizes (**Table 1**); the exception is the *O. baini* and *O. excentrica* species of Givetian from Unit 4 of the Alto das Garças Sub-basin (Paraná Basin), and the upper portion of the São Domingos Formation, Paraná Basin (Comniskey et al., 2016; Comniskey & Bosetti, 2017; Carbonaro et al., 2018), whose reduced size phenotypes would be a consequence of the global biotic crisis “Kačák”, which occurred in the transition from the Eifelian / Givetian.

According to Boucot et al. (2001) there are morphological variations between some species of *Orbiculoidea* would be linked to a geographical variation on a large scale, combined with ecological factors. Chuang (1961) demonstrated the relationship between local environmental effects and the growth rate of lingulids. The fact that the registered fauna has smaller sizes may be linked to paleobiogeographic factors, taking into account that during the Lower Devonian the Amazon Basin was located between latitudes 30° S and 60° S; the other sedimentary basins, Alto das Garças Sub-basin, Paraná Basin and Parecis Basin were closer to the high latitudes 60° S and 90° S, which leads to different local environmental conditions.

Table 1. Comparison between the sizes of the largest discinid valves identified with the record in the literature.

	Comparison between the sizes of the largest discinid valves identified with the record in the literature. Length (L) / Width (W) in millimeter.					
	Current work	Carbonaro et al., (2018)	Comniskey & Bosetti (2017)	Mergl & Massa (2005)	Boucot et al., (2001)	Méndez-Alzola & Sprechmann (1971)
<i>Gigadiscina</i>	L:17.8 W:18.1	X	L:60.0 W:50.0	L:43.0 W:45.0	L: 52.0	X
<i>O. baini</i>	L:14.9 W:15.1	L:7.0 W:8.0	W: 29.00	X	L: 26.0	L: 26.0
<i>O. bodenbenderi</i>	L:16.7 W:16.4	X	L:25.0 W:25.0	X	X	X
<i>O. excentrica</i>	L:9.9 W:10.1	L:8.5 W:9.0	L:20.0 W:21.0	X	X	X

5.2 Stratigraphic and paleobiogeographic distribution

The *Orbiculoidea* genus has a wide geographical distribution (Africa, North America, South America, Antarctica, Asia, Europe, and Oceania) but a restrictive stratigraphic distribution (Ordovician to Permian). The survey of the geographic occurrence allowed to verify that despite the presence of *Orbiculoidea baini* in Pragian strata of South Africa (Reed, 1925), in South America is its greatest geographic and stratigraphic range (**Fig. 5**), registered in Brazil, in the states of Goiás (Givetian) (Carbonaro & Ghilardi, 2016; Carbonaro et al., 2018), Mato Grosso (Pragian) (Boucot et al., 2001) and Paraná (Pragian to Givetian) (Clarke, 1913; Lange, 1954; Comniskey et al., 2016; Comniskey & Bosetti, 2017), and the Pragian of Argentina, Bolivia, Falkland Islands, and Uruguay (Sharpe, 1856; Davila & Rodriguez, 1967; Méndez-Alzola & Sprechmann, 1971; Figueiras, 1991).

Orbiculoidea bodenbenderi is registered only for South America, Brazil in the state of Paraná (Pragian to Eifelian) (Clarke, 1913; Lange, 1954; Comniskey & Bosetti, 2017), in the Falkland Islands (Pragian) and Uruguay (Pragian) (Clarke, 1913; Figueiras, 1991). *Orbiculoidea excentrica* is the only one that occurs only in Brazil, more specifically in the states of Paraná (Pragian, Emsian, and Givetian) (Lange, 1943, 1954; Comniskey & Bosetti, 2017) and Goiás (Givetian) (Carbonaro & Ghilardi, 2016; Carbonaro et al., 2018).

The genus *Gigadiscina* occurs in Europe, Germany (Pragian) and Czech Republic (Lochkovian) (Kayser, 1892; Mergl, 2001); in the African continent, South Africa (Pragian), Algeria (Pragian) and Libya (Givetian - Frasnian) (Reed, 1925; Mergl & Massa, 2005); in South America, in Brazil, states of Paraná (Pragian-Emsian) and Mato Grosso (Pragian) (Boucot et al., 2001; Comniskey & Bosetti, 2017); Antarctica (Pragian-Emsian) (Rowell, 1965). The *Gigadiscina* genus still has few records when compared to *Orbiculoidea*, in addition to a short stratigraphic range (Lochkovian-Pragian), which hinders its evolutionary understanding.

The unprecedented record of the species *Orbiculoidea baini*, *Orbiculoidea bodenbenderi*, and *Orbiculoidea excentrica* in marine facies of the Manacapuru Formation is, until then, the oldest record (Lochkovian), while *Gigadiscina* has already been found in Lochkovian strata of the Prague Basin (Mergl, 2001). Although the *Orbiculoidea* genus has already been mentioned in the literature in layers of the Manacapuru Formation, these are the first occurrences of the species *Orbiculoidea baini*, *Orbiculoidea bodenbenderi*, *Orbiculoidea excentrica* and of the *Gigadiscina* genus for the Manacapuru Formation, and are also the first occurrences for Northern Brazil.

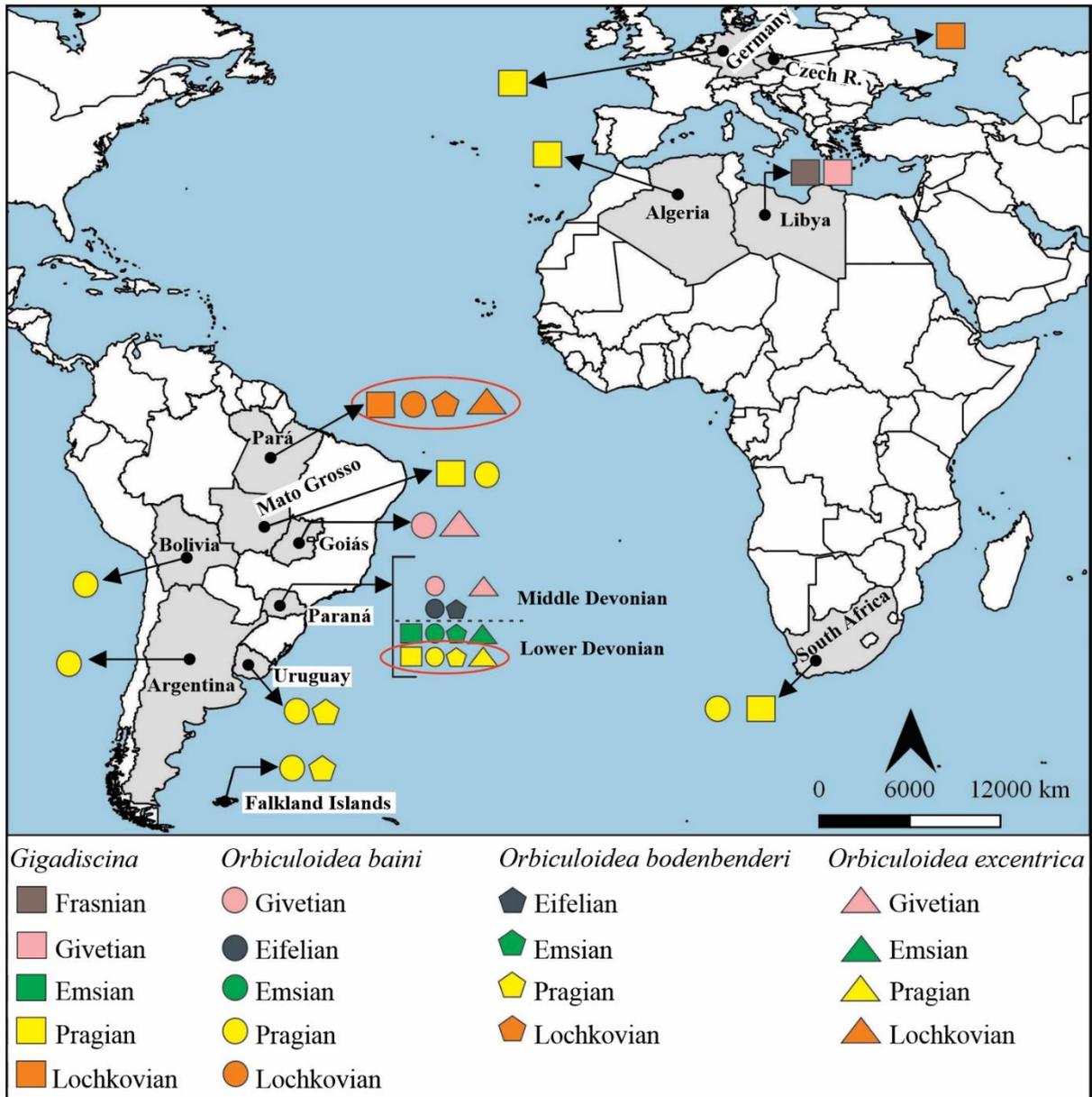


Fig. 5. Geographic distribution of *O. baini*, *O. bodenbenderi*, and *O. excentrica* and of the genus *Gigadiscina*.

An important point that we have to emphasize to understand how the *Orbiculoidea* paleobiogeographic distribution occurred during the Devonian, is the observation reported by Emig (1997) when verifying that modern inarticulate brachiopods, have their distribution controlled by environmental factors, and not by the dispersion potential of their larvae. Zhang et al. (2018) demonstrate that the distribution of *Orbiculoidea* throughout the Paleozoic would be related to global climate changes and the geographical configurations of continental masses.

The genus *Orbiculoidea* appeared in the Neo-Ordovician, in shallow seas of regions located in low latitude (South Baltic, West Bank of Gondwana, and in Laurasia) with relatively hot temperatures (Zhang et al., 2018). At the end of the Ordovician - beginning of

the Silurian (**Fig. 6. A**), the Hirnantian Glaciation occurred, which persisted for almost 35 million years (Finnegan et al., 2011); climatic conditions were quite severe in Gondwana, with the persistence of only a few discinoid, such as *Kosoidea australis*, from the Iapó and Vila Maria formations (Paraná Basin), recorded by Zabini et al., (2019). During the Silurian, post-glacial warming was slow in Gondwana, the environmental conditions were very unstable (Torsvik & Cocks, 2013), disfavoring *Orbiculoidea* colonization in this region. Much of the *Orbiculoidea* records were limited to low latitude regions (part of Laurasia and southern China) (**Fig. 6. B**).

The paleobiogeographic distribution of *Orbiculoidea* expanded significantly to high latitude regions during the Eodevonian (**Fig. 7. B**), especially in Gondwana (Zhang et al., 2018). This migration is linked to two factors: the main continental blocks (Laurasia and Gondwana) were close enough to allow the cosmopolites larvae of invertebrates (*Orbiculoidea*) to cross the oceans more easily (Torsvik & Cocks, 2013; Zhang et al., 2018) (**Fig. 7. A**); the other factor is that the global eustatic sea-level increased during the Eodevonian, leading to major transgressions, which reached a large part of Gondwana (Carozzi et al., 1973; Johnson, 2006; Torsvik & Cocks, 2013); in this way, providing the emergence of shallow seas, in the northwest of Gondwana (Bolivia, Brazil, Falkland Islands, South Africa, and Australia) and a favorable environmental condition for the colonization of inarticulate brachiopods.

These transgressions linked to the approach of the continental masses added to less severe temperatures when compared to the Eosilurian were probably one of the factors that caused a notable increase in the province of the shallow water benthic fauna in Gondwana (Boucot & Blodgett, 2001; Torsvik & Cocks, 2013; Zhang et al., 2018).

During Lochkovian (Lower Devonian), siliciclastic sediments from the upper portion of the Manacapuru Formation (Amazon Basin) were deposited, which is assigned a shallow platform environment (Carrozi et al., 1973; Cunha et al., 2007; Rocha et al., 2019); the Amazon Basin was closer to Laurasia, the environmental conditions were marine, the climate was not as severe as at the beginning of the Silurian, which probably enabled the migration of *Orbiculoidea* larvae from Laurasia to establish themselves in the Amazon Basin first, as shown by the records identified in the present work of *Orbiculoidea baini*, *Orbiculoidea bodenbenderi* and *Orbiculoidea excentrica* in strata of the Manacapuru Formation (Lochkovian).

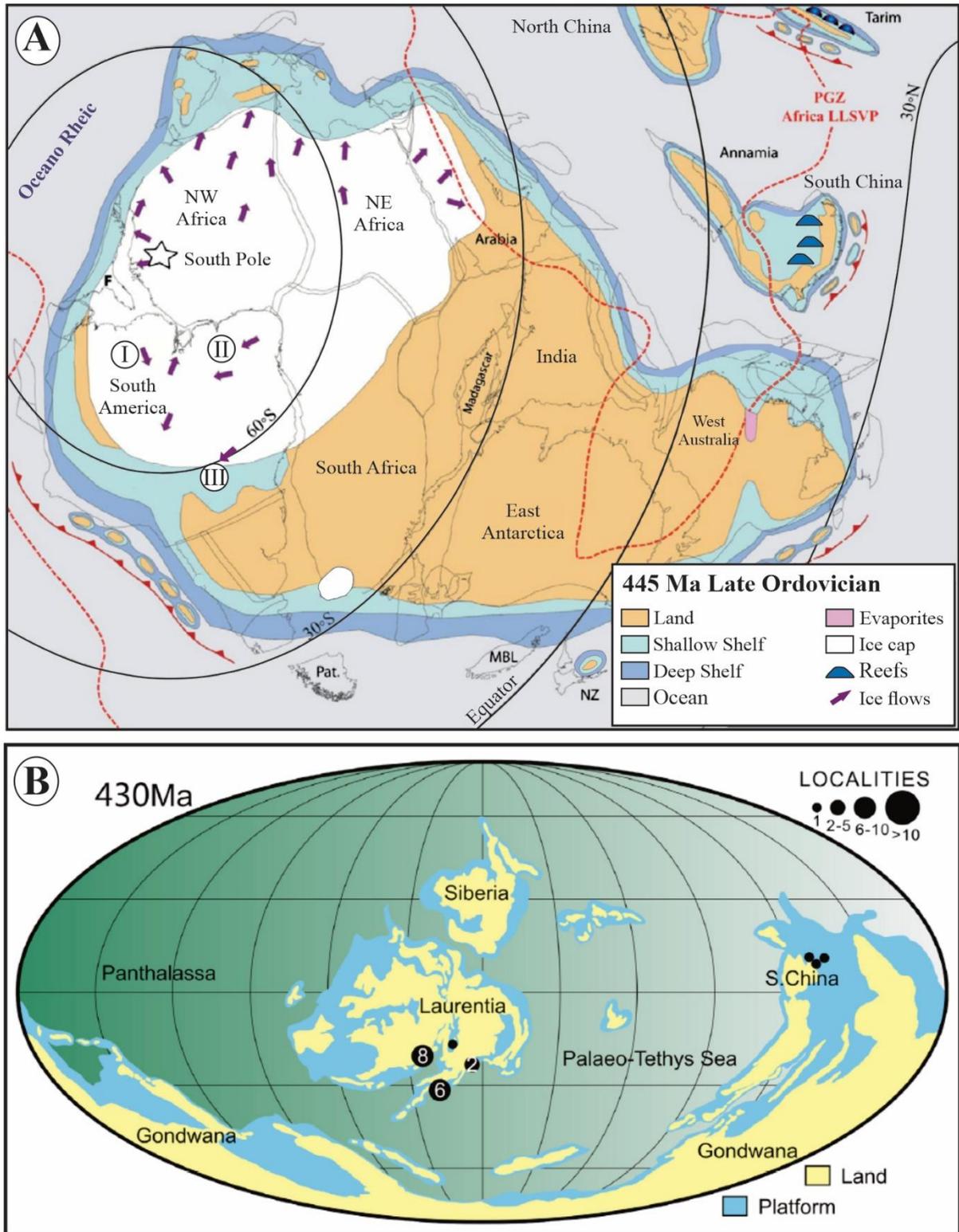


Fig. 6. A) Gondwana 445 Ma paleogeographic arrangement. I) Amazon Basin; II) Parnaíba Basin; III) Paraná Basin. B) Distribution of the *Orbiculoidea* genus during the Silurian (430 Ma); black numbers and circles represent the number of occurrences. Source: A) Modified from Torsvik & Cocks (2013); B) Modified from Zhang et al. (2018).

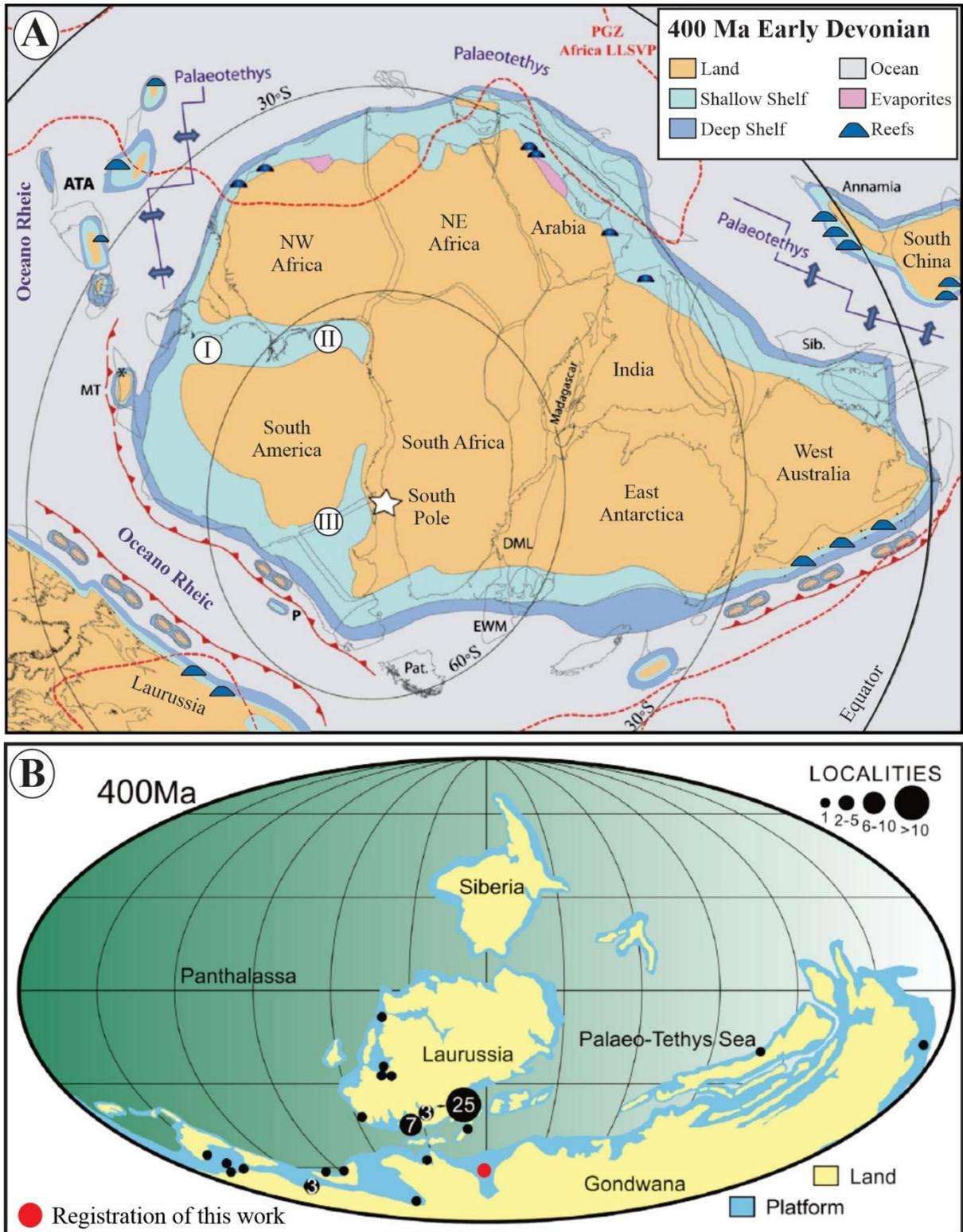


Fig. 7. A) Gondwana 400 Ma paleogeographic arrangement. I) Amazon Basin; II) Parnaíba Basin; III) Paraná Basin. B) Distribution of the *Orbiculoidea* genus during the Lower Devonian (400 Ma); black numbers and circles represent the number of occurrences. Source: A) Adaptado de Torsvik & Cocks (2013); B) Adaptado de Zhang et al. (2018).

The siliciclastic rocks of the Furnas Formation register the passage of the Eodevonian in the Paraná Basin, whose depositional environment is complex, generating many debates (Milani et al., 2007); many authors suggest shallow marine conditions (Petri, 1948; Sanford &

Lange, 1960; Bigarella et al., 1966; Lange & Petri, 1967; Bigarella, 1973; Petri & Fúlfaro, 1983). Northfleet et al. (1969), Schneider et al. (1974), Andrade & Camarço (1980), Melo (1988) and Zalán et al. (1987) point to a fluvial origin; while Bergamaschi (1992) and Assin et al. (1994) indicate deltaic and marine platform conditions. However, what we do know is that there is no occurrence of *Orbiculoidea* recorded in the literature for this interval.

Subsequently, in Pragian (Ponta Grossa Formation) with the establishment of marine conditions (shallow platform), there is first occurrences of the species *Orbiculoidea baini*, *Orbiculoidea bodenbenderi*, *Orbiculoidea excentrica*, *Gigadiscina collis* and *Rugadiscina stagona* in strata of the Paraná Basin (Clarke, 1913; Lange, 1943, 1954; Comniskey & Bosetti, 2017). This diverse fauna of species was more abundant during the end of Pragian and the beginning of Emsian (Comniskey & Bosetti, 2017).

At the end of Emsian, there was a decline in the distribution and abundance of the discinoids of the Devonian of the Paraná Basin; species such as *Orbiculoidea bodenbenderi*, *Gigadiscina collis*, and *Rugadiscina stagona*, in addition to other organisms belonging to the Malvinokaffric Realm, were no longer found in sedimentary successions (Bosetti et al., 2012; Comniskey & Bosetti, 2017).

Horodyski et al. (2014) detected evidence of the global Kačák Eifelian / Givetian transition event in the Paraná Basin. The Kačák event is associated with a transgressive peak which would have resulted in drastic environmental changes, such as changes in temperature and a period of global anoxia (represented by extensive deposits of black shales in the marine environment), which would have affected primary production (House, 1996; House, 2002).

This biotic crisis resulted in the extinction of a large part of the discinoids in the Devonian. Are described occurrences of *Orbiculoidea baini* and *Orbiculoidea excentrica* with reduced sizes (90% smaller) in Givetian strata of the São Domingos Formation; this drastic reduction in the forms of these discinoids is a consequence of the Lilliput Effect (Bosetti et al., 2010 a; Comniskey et al., 2016; Comniskey & Bosetti 2017). There are no occurrences of discinoids in the later units, until then, thus, indicating that the discinoids disappeared from the fossiliferous record at the end of the Devonian of the Paraná Basin, more specifically during the Givetian (Comniskey et al., 2016).

6. Conclusions

The taxonomic study of the specimens analyzed allowed the recognition of the genera *Orbiculoidea* and *Gigadiscina*, although the latter remains with the identification open (*Gigadiscina?* sp.). The *Orbiculoidea* species identified were: *Orbiculoidea baini*,

Orbiculoidea bodenbenderi and *Orbiculoidea excentrica* in addition to *Orbiculoidea* sp. 1 and *Orbiculoidea* sp. 2 that were left with open nomenclature.

Although the *Orbiculoidea* genus has already been mentioned in the literature in layers of the Manacapuru Formation, these are the first records of the species *Orbiculoidea baini*, *Orbiculoidea bodenbenderi*, *Orbiculoidea excentrica* and of the *Gigadiscina* genus for the Manacapuru Formation, and are also the first occurrences for Northern Brazil.

The paleobiogeographic and stratigraphic survey of the identified species allowed us to see that the association composed of *Gigadiscina?* sp., *Orbiculoidea baini*, *Orbiculoidea bodenbenderi*, and *Orbiculoidea excentrica* recorded here for the Lochkovian of the Manacapuru Formation, is very similar to the discinoids fauna of the Pragian of the Ponta Grossa Formation (*Gigadiscina collis*, *Orbiculoidea baini*, *Orbiculoidea bodenbenderi*, *Orbiculoidea excentrica*, and *Rugadiscina Stagona*).

The fact that the association of the studied discinoids (*Gigadiscina?* sp., *O. baini*, *O. bodenbenderi*, *O. excentrica*, *O. sp. 1* and *O. sp. 2*) is older than others records in South America (e.g. Paraná Basin / Pragian-Givetian; Alto das Garças / Givetian Sub-Basin; Argentine Pre-Cordillera / Pragian) can be explained by two factors: the main continental blocks (Laurasia and Gondwana) were close enough to allow the cosmopolites larvae of invertebrates (*Orbiculoidea*) to cross the oceans more easily; thus, during the Early Devonian the Amazon Basin was closer to Laurasia, which would facilitate that these organisms were installed first in the referred basin; the other factor is that the global eustatic sea-level increased during the Early Devonian, leading to major transgressions; it reached a significant part of Gondwana, providing the emergence of shallow seas, in the northwest of Gondwana, a favorable environmental condition for the colonization of inarticulate brachiopods, which are represented by the discinoids identified here in the marine sediments of the upper portion of the Manacapuru Formation in Amazon Basin.

The discinoids identified in the present work (*Gigadiscina?* sp., *Orbiculoidea baini*, *Orbiculoidea bodenbenderi*, *Orbiculoidea excentrica*, *Orbiculoidea* sp. 1 and *Orbiculoidea* sp. 2) have flat or slightly arched ventral valves, which indicates that the fixation of these organisms to the substrate occurred mainly due to the pedicle, and epibenthic habit. In general, the analyzed material, in almost its totality, is unarticulated valves. Thus, it is possible that there occurred a natural death of the studied discinoids, without any possible environmental disturbance.

The *Orbiculoidea* genus has a dominant habitat in shallow coastal marine environments; this statement is supported, given due proportions, by the fact that the

distribution of current discinoids in almost their totality occurs at depths less than 30 meters; The majority of *Orbiculoidea* fossil records (92.7%) indicate shallow marine conditions. The discinoids fauna recorded in the Devonian of the Paraná Basin (which is very similar to that identified in the present study) is associated with platform marine deposits. Therefore, the presence of *Orbiculoidea baini*, *Orbiculoidea bodenbenderi*, *Orbiculoidea excentrica*, and *Gigadiscina?* sp. in strata of the Manacapuru Formation, suggests a shallow marine environment, corroborating with proposed for the upper portion of that formation.

7 Acknowledgments

The authors would like to thank the Museu Paraense Emilio Goeldi (MPEG) for the infrastructure of the laboratories of the Coordenação de Ciências da Terra e Ecologia provided. The Federal University of Pará (UFPA) supported this research through the Programa de Pós Graduação em Geologia e Geoquímica (PPGG). This work was carried out with the support of the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-Brazil (CAPES) – financing code 001.

References

- Almeida F. F. M. 1967. Origem da plataforma brasileira. Boletim da divisão de Geologia e Mineralogia, Rio de Janeiro, **241**: 36.
- Andrade S. M., Camarço P. E. N. 1980. Estratigrafia dos sedimentos devonianos do flanco nordeste da Bacia do Paraná. In: 31 °Congresso Brasileiro de Geologia, Camboriú, **5**: 2828-2836.
- Bennacef A., Beuf S., Biju-Duval B., De Charpal O., Gariel O., Rognon P. 1971. Example of Cratonic Sedimentations: Lower Paleozoic of Algerian Sahara. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, **55**: 2225-2245.
- Bergamaschi S. 1992. Análise sedimentológica da Formação Furnas na faixa de afloramentos do flanco norte do arco estrutural de Ponta Grossa, Bacia do Paraná, Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, p. 1-172.
- Bigarella J. J. 1973. Paleocorrentes e deriva continental (comparação entre África e América do Sul). Boletim Paranaense de Geociências, **31**:141-224.
- Bigarella J. J., Salamuni R., Marques F. L. P. 1966. Texturas e estruturas da Formação Furnas e sua significação paleogeográfica. Boletim da Universidade Federal do Paraná, **18**: 1-114.
- Bosetti E. P., Horodyski R. S., Zabini C., Matsumura W. M. K., Penteado, A.C. 2010a. Ocorrência de fenótipos subnormais no topo da Formação Ponta Grossa (Devoniano), Tibagi,

estado do Paraná, Brasil: implicações tafonômicas e Paleossinecológicas. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*, **5**(2): 135-149.

Bosetti E. P., Grahn Y., Horodyski R. S., Mauller P. M. 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.

Boucot A. J., Blodgett R. B. 2001. Silurian-Devonian biogeography. In: Brunton C. H. C., Cocks L. R. M., Long S. L. (Eds.), *Brachiopods Past and Present*. Taylor and Francis, London, p.335-344.

Boucot A. J., Rowell A. J., Racheboeuf P., Pereira E., Melo J. H. G., Siqueira L. P. 2001. Position of the Malvinokaffric Realm's northern boundary (Early Devonian) based on newly discovered brachiopods from the Parecis Basin (Brazil). *Journal of the Czech Geological Society*, **46**: 109-120.

Caputo M. V. 1984. Stratigraphy, tectonics, paleoclimatology and paleogeography of northern basins of Brazil. Phd Thesis, Universidade da California, p. 1-603.

Caputo M. V., Crowell J. C. 1985. Migration of glacial centers across Gondwana during Paleozoic Era. *Geological Society of America Bulletin*, **96**(8): 1020-1036.

Caputo M. V., Rodrigues R., Vasconcelos D. N. N. 1971. Litoestratigrafia da Bacia do Amazon. Relatório Interno. Belém: Petrobrás, DIREX/RENOR.

Carbonaro F. A., Comniskey J. C., Corral H. S., Ghilardi R. P. 2018. *Orbiculoidea baini* and *Orbiculoidea excentrica* (Brachiopoda, Discinidae) from the Middle Devonian (Alto Garças Sub-basin, Paraná Basin) of Caiapônia, Goiás (Brazil). *Geologia USP, Série Científica*, **18**(4): 11-20.

Carbonaro F. A., Ghilardi R. P. 2016. Fósseis do Devoniano de Goiás, Brasil (Sub bacia Alto Garças, Bacia do Paraná). *Papéis Avulsos de Zoologia*, **56**(11): 135-149.

Carozzi A. V., Pamplona H. R. P., Castro J. C., Contreiras C. J. A. 1973. Ambientes Depositionais e Evolução Tecto-sedimentar da Seção clástica Paleozoica da Bacia do Médio Amazon. In: *Anais do 28º Congresso Brasileiro de Geologia*. Aracaju, 279-314.

Chuang S. H. 1961. Growth of the postlarval shell in *Lingula unguis* (L.) (Brachiopoda). *Proceedings of the Zoological Society of London*, **137**: 299-310.

Clarke J. M. 1899. A fauna siluriana superior do Rio Trombetas: Estado do Pará, Brazil. *Archivos do Museu Nacional*, p. 1-32.

Clarke J. M. 1913. Fósseis devonianos do Paraná. *Monographias do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, Rio de Janeiro*, **1**: 1-353.

Clarkson E. N. K. 1992. *Invertebrate Palaeontology and Evolution*. Chapman & Hall, **3**: 153.

Comniskey J. C., Bosetti E. P. 2017. Discinoids of the Malvinokaffric Realm: Stratigraphic, Paleogeographical Distribution and Systematic Review. *Revista Terr@Plural*, **11**(2): 175-192.

Comniskey J. C., Bosetti E. P., Horodyski R. S. 2016. Taphonomic aspects and the Lilliput Effect on Devonian discinoids of the Paraná Basin, Apucarana Sub-basin, Brazil. *Gaea: Journal of Geoscience*, **9**(1): 55-64.

Comniskey J.C. 2011. Paleontologia dos Discinidae (Brachiopoda: Linguliformea) da sucessão devoniana da Bacia do Paraná, Estado do Paraná, Brasil: Revisão Sistemática, distribuição geográfica e estratigráfica. Ponta Grossa, Paraná. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Ponta Grossa, p. 1-179.

Cunha P. R. C., Gonzaga F. G., Coutinho L. F. C., Feijó F.J. 1994. Bacia do Amazon. *Boletim de Geociências da PETROBRAS*, **8**: 47-55.

Cunha P. R. C., Melo J. H. G., Silva O. B. 2007. Bacia do Amazon. *Boletim de Geociências da PETROBRAS*, **15**: 227-251.

D'Orbigny A. 1847. Considérations zoologiques et géologiques sur les Brachiopodes ou Palliobranches. *Comptes Rendus hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, **25**(7): 266-269.

Davila J., Rodriguez E. 1967. The Devonian System in Bolivia and the problem of its base. *International symposium Devonian System*, **2**: 921-935.

Emig C. C. 1997. Ecology of inarticulated brachiopods. In: Kaesler R. L., (ed.) *Treatise on invertebrate paleontology. Part H. Brachiopoda 1 (revised)*. Geological Society of America & University of Kansas Press, p. 473-495.

Figueiras A. 1991. Fauna eodevonica del Uruguay. *Revista Técnica da YPF*, **12**(1): 57-64.

Finnegan S., Bergmann K., Eiler J. M., Jones D. S., Fike D. A., Eisenman I., Hughes N. C., Tripati A. K., Fisher W. W. 2011. The magnitude and duration of late Ordovician-early Silurian glaciation. *Science*, **331**(6019): 903-906.

Grahn Y. 2005. Silurian and Lower Devonian chitinozoan taxonomy and biostratigraphy of the Trombetas Group, Amazon Basin, northern Brazil. *Bulletin of Geosciences, Prague*, **80**(4): 245-276.

Grahn Y., Caputo M.V. 1992. Early Silurian glaciations in Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **99**: 9-15.

Grahn Y., Melo J. H. G. 1990. Bioestratigrafia dos quitinozoários do Grupo Trombetas nas faixas marginais da Bacia do Amazon. Rio de Janeiro: PETROBRAS / CENPES / DIVEX / SEBIPE. Report produced for the Eletrobras Eletronort, p. 43.

Grahn Y., Paris F. 1992. Age and correlation of the Trombetas Group, Amazon Basin, Brazil. *Revue de Micropaléontologie*, **35**:197-209.

Gray J. 1840. Synopsis of the contents of the British Museum. London: British Museum, 42° *International Symposium Devonian System*, **2**: 921-935.

Horodyski R. S., Holz M., Grahn C. Y., Bosetti E. P. 2014. Remarks on the sequence stratigraphy and taphonomy of the relictual Malvinokaffric fauna during the Kačák event in

the Paraná Basin, Brazil. *International Journal of Earth Sciences*, **103**: 367-380. DOI 10.1007/s00531-013-0954-9.

House M. R. 1996. The middle Devonian Kačák event. Read at the Annual Conference of the Ussher Society, p. 79-84.

House M. R. 2002. Strength, timing and cause of mid-Paleozoic extinctions. *Paleogeography, Palaeoclimatology e Paleoecology*, **181**:5-25.

Janvier P., Melo J. H. G. 1988. Acanthodian fish remains from the Upper Silurian or Lower Devonian of the Amazon basin, Brazil. *Palaeontology*, **31**(3): 771-777.

Johnson M. E. 2006. Relationship of Silurian sea-level fluctuations to oceanic episodes and events. *GFF.*, **128**: 115-121.

Kayser E. 1892. Beitrage zur Kenntnis der Fauna der Siegenischen Grauwacke. *Jahrbuch der koninglichen preussischen geologischen Landesanstalt* **2**(8): 95–107.

Klemme H. D. 1980. Petroleum basins – classification and characteristics. *Journal of Petroleum Geology, Beaconsfield*, **3**(2): 187-207.

Lange F. W. 1954. Paleontologia do Paraná: volume comemorativo do 1º Centenário do Estado do Paraná. Curitiba: Comissão de Comemorações do Centenário do Paraná, p. 1-210.

Lange F. W. 1943. Novos fósseis devonianos do Paraná. *Arquivos Museu Paranaense*, **3**: 223-225.

Lange F. W. 1967. Subdivisão bioestratigráfica e revisão da coluna siluro-devoniana da bacia do baixo Amazon. In: *Simpósio sobre a biota amazônica*. Belém. Atas, **1**: 215-326.

Lange F. W., Petri S. 1967. The Devonian of the Paraná Basin. In: Bigarella J. J. (ed.) *Problems in Brazilian Devonian Geology*. Boletim Paranaense de Geociências, **21**(22): 5-55.

Ludwig G. 1964. Divisão estratigráfico-faciológica do Paleozoico da Bacia Amazônica. *PETROBRAS, Ciência Técnica Petróleo, Seção: Exploração de petróleo*, **1**: 1-72.

Melo J. H. G. 1988. The Malvinokaffric realm in the Devonian of Brazil. In: Mcmillan N. J., Embry A. F., Glass O. J. (Eds.) *Devonian of the world*. Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoir, Calgary, **14**(1): 667-703.

Méndez-Alzola R., Sprechmann P. 1971. Algunas orbiculoideas devónicas de la Precordillera de San Juan, Rep. Argentina. *Rev. As. Geol. Argentina*, **26**(4): 517-525.

Mergl M. 2001. Lingulate brachiopods of the Silurian and Devonian of the Barrandian. *Acta Musei nationalis Pragae, Series B – historia naturalis*, **57**(1-2): 1-49.

Mergl M. 2006. A review of Silurian Discinoid brachiopods from historical British Localities. *Bulletin of geosciences*, **81**(4): 215-236.

Mergl M. 2010. Discinid brachiopod life assemblages: Fossil and extant. *Bulletin of geosciences*, **85**(1): 27 – 38.

- Mergl M., Massa D. 2005. A new giant discinoid brachiopod from the Lower Devonian of Algeria. *Acta Palaeontologica Polonica*, **50**(2): 397-402.
- Milani E. J., França A. B., Medeiros R. Á. 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.
- Northfleet A. A., Medeiros R. A., Mullmann H. 1969. Reavaliação dos dados geológicos da Bacia do Paraná. *Boletim Técnico da Petrobrás*, **12**(3): 291-346.
- Petri S. 1948. Contribuição do estudo do Devoniano paranaense. *Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia, DNPM*, **129**:1-125.
- Petri S., Fulfaro V. J. 1983. *Geologia do Brasil (Fanerozóico)*. EDUSP, p. 631.
- Ponciano L. C. M. O., Fonseca V. M. M., Costa M. D. M. (2012). Tafocenoses da Formação Pimenteira, Devoniano da Bacia do Parnaíba, Piauí: mapeamento, inventário e relevância patrimonial. *Anuário do Instituto de Geociências*, **35**(1): 5-27.
- Quadros L. P. 1985. Distribuição bioestratigráfica dos Chitinozoa e Acritarchae na Bacia do Amazon. Ph.D. Thesis, Universidade Federal do Rio de Janeiro, p. 1-179.
- Reed F. R. C. 1925. Revision of the fauna of the Bokkeveld Beds. *South African Museum Annals*, **22**: 27-225.
- Rocha P. F., Silveira R. R., Barbosa R. C. M. 2019. Age and palaeoenvironments of the Manacapuru Formation, Presidente Figueiredo (AM) region, Lochkovian of the Amazon Basin. *Brazilian Journal of Geology*, **49**(4): 1-12.
- Rowell A. J. 1965. Inarticulate brachiopoda. In: Doumani G. A., Boardman R.S., Rowell A.J., Boucot A.J., Johnson J.G., McAlester A.L., Saul J., Fisher D.W., Miles R.S. (eds.), *Lower Devonian Fauna of the Horlick Formation, Ohio Range, Antarctica. Geology and Paleontology of the Antarctic*, **6**: 241–281.
- Sanford R. M., Lange F. W. 1960. Basin study approach to oil evaluation of Paranaíogeosyncline, south Brazil. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, **44**:1316-1370.
- Schneider R. L., Muhlmann H., Tommasi E., Medeiros A., Daemon R. F., Nogueira A. A. 1974. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: 28 °Congresso Brasileiro de Geologia, Porto Alegre, *Anais*, **1**: 41-65.
- Sharpe D. 1856. Description of Palaeozoic mollusca from South Africa. *Trans. Geol. Soc. London*, **2**(7): 206-215.
- Souza V. S., Nogueira A. C. R. 2009. Manaus-Presidente Figueiredo (AM), borda norte da Bacia do Amazon: um guia para excursão de campo. *Revista Brasileira de Geociências*, **39**(1): 16-29.
- Stemans P., Rubinstein C., Melo J. H. G. 2008. Siluro-Devonian miospore biostratigraphy of the Urubu River area, western Amazon Basin, northern Brazil. *Geobios*, **41**(2): 263-282.

- Sudkamp W. H. 1997. Discovered of soft parts of a fossil brachiopod in the “Hunrsuckschiefer” (Lower Devonian, Germany). *Palaontologische Zeitschrift*, **71**: 91-95. 1997.
- Tomassi H. Z., Almeida C. M., Ferreira B. C., Brito M. B., Barberi M., Rodrigues G. C., Teixeira S. P., Capuzzo J. P., Gama-Júnior J. M., Santos M. G. K. G. 2015. Preliminar results of paleontological salvage at Belo Monte Powerplant construction. *Brazilian Journal of Biology*, **75**(3): 277-289.
- Torsvik T. H., Cocks L. R. M. 2013. Gondwana from top to base in space and time. *Gondwana Research*, **24**: 999-1030.
- Waagen W. 1885. Productus Limestone Fossils. *Palaeontology Indica*, **13**(1): 729-770.
- Wanderley Fiho J. R., Melo J. H. G., Fonseca V. M. M., Machado D. M. C. 2005. Bacias sedimentares brasileiras: Bacia do Amazon. *Phoenix*, **7**(82): 1-6.
- Williams A., Brunton C. H. C., Carlson S. J. 1997. In: Kaesler R. L., (ed.) *Treatise on invertebrate paleontology. Part H. Brachiopoda 1 (revised). Introduction.* Geological Society of America, Lawrence, University of Kansas, p. 473–495.
- Williams A., Rowell A. J., Muir-Wood H. M., Pitrat C. W., Schmidt H., Stehli F. G., Ager D. V., Wright, Elliott G. F., Amsden T. W., Rudwick M. J. S., Hatai K., Biernat G., McLaren D. J., Boucot A. J., Johnson J. G., Staton R. D., Grant R. E., Jope H. M. 1965. *Treatise on invertebrate paleontology. H. Brachiopoda.* In: Moore R. C. (ed.), *Treatise on Invertebrate Paleontology*, **1**: 1-906.
- Zabini C., Comniskey J.C., Bosetti E.P. 2013. John Mason Clarke e os lingulídeos e discinídeos dos estratos devonianos da Bacia do Paraná, estado do Paraná, Brasil: estado da arte. *Revista Terr@ Plural*, **7**: 43-58.
- Zabini C., Furtado-Carvalho A. B., Carmo D., Assine M. L. 2019. A new discinoid *Kosoidea australis* sp. nov. from the Iapó and Vila Maria Formations, NE Paraná Basin, Brazil. *Historical Biology*, p. 1-9. DOI: 10.1080/08912963.2019.1648447
- Zalán P. V., Wolff S., Conceição J. C. J., Vieira I. S., Astolfi M. A. M., Appi V.T., Zanotto O. A. 1987. A divisão tripartite do Siluriano da Bacia do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, **17**: 242-252.
- Zhang Y., Lee S., Wu H. T., He W. H. 2018. Palaeobiogeographical distribution of Orbiculoidea (Brachiopoda, Discinoidea) responding to global climatic and geographical changes during the Palaeozoic. *Palaeontology*, **61**(2): 221-234.