

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**

THAÍS DE ALMEIDA MARCHIORO

**BRACHIOPODA SPIRIFERIDA DEPOSITADOS NO LABORATÓRIO DE
PALEONTOLOGIA DO SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA – UFPR:
CONSIDERAÇÕES TAXONÔMICAS E TAFONÔMICAS**

CURITIBA

2016

THAÍS DE ALMEIDA MARCHIORO

**BRACHIOPODA SPIRIFERIDA DEPOSITADOS NO LABORATÓRIO DE
PALEONTOLOGIA DO SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA – UFPR:
CONSIDERAÇÕES TAXONÔMICAS E TAFONÔMICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Geologia da Universidade Federal do
Paraná como requisito parcial à obtenção do
grau de Bacharel em Geologia.

Orientador(a): Prof(a).Dr(a) Cristina Silveira Vega

CURITIBA

2016

AGRADECIMENTOS

Para realização deste trabalho, algumas pessoas contribuíram de forma direta ou indireta, a elas sou imensamente grata.

À Cristina Silveira Vega, minha orientadora, por toda paciência, por não desistir de mim, e compartilha comigo um pouco do seu conhecimento.

Ao Bruno Guimarães Titon, Cláudio Guerra, Francine Kurzawe, Jéssica Thaís Ferreira Oste, Lara de Lima Lange, pelas dicas e auxílio nas diferentes etapas do trabalho.

À Universidade Federal do Paraná e ao Departamento de Geologia por todas as oportunidades durante os anos de graduação.

À Larinha, Claudio e Re por estarem comigo em todas as aventuras relacionadas a paleontologia. Aventuras que me inspiraram a escolher a paleontologia como tema para o tcc.

A todos os amigos pelos ótimos momentos, pelos conselhos e palavras de incentivo quando as coisas pareciam difíceis.

À minha família, em especial minha mãe, por todo suporte e compreensão ao longo desse tempo, além do amor incondicional de toda vida.

Aos que tiveram a sorte de coletar os fósseis de Spiriferida que foram estudados: Robson, Vanessa, Assine, Alan Macedo, Alex Gregório, Caroline Galvão, Carlos Henrique, Juliano Rovigati, Aline Muriel, Nathalia Yurika, Kaku de Oliveira, Tainá Vicari, Fernando Guimarães, Rodrigo Schuh, Anderson Sant'Anna, Nilton Luiz Ceccon, Alberto Carvalho, Cristina S. Vega, Matheus das Chagas, Gabriel Gineste, Saulo Strapasson, Malton Fraga e Leonardo Ralagano.

RESUMO

O Laboratório de Paleontologia do Setor de Ciências da Terra, da Universidade Federal do Paraná, conta com diversos fósseis em sua coleção, principalmente do Devoniano paranaense. Dentre esses fósseis, estão Brachiopoda Spiriferida, composto por animais exclusivamente marinhos, alguns deles, como os abordados neste estudo, foram extintos no Permiano. Neste trabalho, foi realizado o levantamento e descrição destes Spiriferida presentes no referido laboratório, que foram coletados no Estado do Paraná, advindos de seis afloramentos, assim denominados: Jaguariaíva, Ponta Grossa, Tibagi, Rio Caniú, Aeroporto Sant'Anna, e de uma região incerta, sabendo-se apenas que sua procedência é deste estado. Foram analisadas 50 amostras com um total de 78 fósseis, preservados como moldes internos e externos, tanto da valva pedicular como da valva braquial. Associados aos Spiriferida, ocorrem outros táxons como outros braquiópodes. Por meio da análise morfológica, e considerando as descrições disponíveis na literatura, foram determinadas as possíveis espécies, todos exemplares do gênero *Australospirifer*. As espécies identificadas são *Australospirifer iheringi*; *A. kayserianus*; *A. contrarius*; *A. antarcticus*; *A. parana*. Através da análise tafonômica, verificou-se que 17 amostras estão articuladas, pouco fragmentadas e duas delas apresentam valva aberta, essas amostras indicam soterramento rápido, com pouco transporte. As demais amostras estão desarticuladas e fragmentadas, indicando maior tempo na interface água/sedimento, maior transporte e soterramento lento. Com os dados obtidos nesse trabalho, o registro do laboratório torna-se mais completo, apresentando um registro mais detalhado da Coleção de Paleontologia de Invertebrados.

Palavras chave: Brachiopoda Spiriferida. *Australospirifer*. Formação Ponta Grossa. Devoniano.

ABSTRACT

The Paleontology Laboratory in the Earth Sciences Sector of Universidade Federal do Paraná has numerous fossils on its collection, mainly representing the Devonian period in the Paraná state. Among these specimens, there are exemplars of Brachiopoda Spiriferida, comprised exclusively by marine organisms, including those discussed in this study, that were extinct during Permian period. The Spiriferida currently deposited in the laboratory, collected in the state of Paraná, were catalogued and characterized, as part of this study. They were collected in six distinct outcrops, located in Jaguariaíva, Ponta Grossa, Tibagi, Rio Caniú, Aeroporto Sant'Anna and also from unknown regions within Paraná state. In total, 50 samples were analyzed containing 78 specimens preserved as both molds and casts from the pedicle valve and brachial valve. Other Brachiopoda taxa occur associated with Spiriferida. Applying morphological analysis and descriptions available in the literature, the species were determined, all belonging to *Australospirifer* genus. The species identified are *Australospirifer iheringi*; *A. kayserianus*; *A. contrarius*; *A. antarticus* and *A. parana*. Taphonomic studies show that 17 samples are still articulated, almost not fragmented, with two of them displaying open valves. These features indicate rapid burial and limited transportation. The remaining samples are disarticulated and fragmented, reflecting more time in sediment-water interface, gradual burial and high degree of transportation. The data obtained during this study allowed for a more complete inventory in the laboratory.

Keywords: Brachiopoda Spiriferida, *Australospirifer*, Ponta Grossa Formation, Devonian.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Mapa geológico da Formação Ponta Grossa com indicação dos locais de coleta. Com exceção dos afloramentos Riu Caniú e Aeroporto Sant'Anna, as localizações são aproximadas. O registro de Paraná não está representado (modificado de Ferreira <i>et. al.</i> ,2010)	02
FIGURA 2 - Mapa geológico simplificado da Bacia Sedimentar do Paraná e representação das Supersequências (Milani, 2004)	04
FIGURA 3 – Carta cronoestratigráfica da Supersequência Paraná. A direita a curva de variação do nível do mar, notar a queda do nível durante a deposição do Membro Tibagi e retomada da transgressão no Givetiano (Assine, 1996)	08
FIGURA 4 – Representação esquemática da estrutura interna do Brachiopoda <i>Terebratulina</i> (modificado de Williams <i>et al.</i> , 1965)	09
FIGURA 5 - Esquema geral da parte externa e estruturas da concha de brachiopoda. Vista lateral esquerda (a), dorsal (b) e dorsolateral (c) (Williams <i>et al.</i> , 1965 modificado por Fonseca, 2011)	10
FIGURA 6 – Representação esquemática da concha anaestrófica (A) e estrófica (B) (Marques, 2006)	11
FIGURA 7 – Vista interna do lófóforo de um Brachiopoda Spiriferida (modificado de Fonseca, 2011)	12
FIGURA 8 – Padrões de dobras em Brachiopoda (Williams <i>et al.</i> , 1965)	13
FIGURA 9 – Representação esquemática da concha (modificado de Marques, 2006).13	
FIGURA 10 - À esquerda, representação do ângulo cardinal. Em (A) concha não mucronado; (B) mucronado de ala desenvolvida; (C) concha mucronada (Marques, 2006). À direita, foto da amostra NR 6814 evidenciando o aspecto não-mucronado	15
FIGURA 11 – Exemplos de Spiriferida basais. 1 a 4 Cyrtinioidea, 5 a 7 Delthyridoidea (retirados de Marques, 2006)	16

FIGURA 12 – Desenho esquemático do processo de formação de molde e contra- molde em uma concha (Cassab, 2010)	21
FIGURA 13 - Principais etapas do processo de fossilização desde a biocenose até a orictocenose (Simões <i>et al.</i> ,2010)	22
FIGURA 14 – Divisões do estudo tafonômico e ciências correlatas (Holz & Simões 2002, modificado por Simões <i>et al.</i> , 2010)	23
FIGURA 15 – Matrizes rochosas das amostras analisadas. (A) arenito amarelado a acastanhado NR 743; (B) folhelho acinzentado NR 7981; (C) argilito NR 1776; (D) provável concreção NR 5975 C	33
FIGURA 16 – Amostras com carapaça recobrando o molde. (A) NR 749 atentar ao detalhe do molde de arenito na extremidade direita; (B) NR 3427	34
FIGURA 17 – Amostras deformadas. (A) NR 5975 B; (B) NR 764; (C) NR6039	36
FIGURA 18 – Amostra NR 5883, com película cor acastanhada, onde pode ser observadas finas linhas concêntricas, com tons esbranquiçados cortadas por linha radial incipiente.	37
FIGURA 19 – Amostras de Jaguariaíva NR 753, NR 1808, NR 6012, NR 5647 e NR 7360	38
FIGURA 20 – Amostras do afloramento Aeroporto Sant'Anna NR 6815, NR 7756A, NR 7981, NR 6813.....	39
FIGURA 21 – Amostras de Tibagi NR 761, NR754, NR 761, NR763	40
FIGURA 22 – Amostras Paraná NR 743, NR 747, NR749	41
FIGURA 23 – Amostra de Ponta Grossa NR 748 e NR 3427.....	42
FIGURA 24 – Amostras do afloramento Rio Caniú NR 6322 AB.....	42
FIGURA 25 – Amostras com bordas ausentes NR 741, NR 1808, NR 2712B, NR6014	43
FIGURA 26 – Amostras classificadas como <i>A. iheringi</i> NR 6460, NR 6814, NR 7756A	46

FIGURA 27 – Esquerda: amostra 739 interpretada como <i>A. parana</i> com baixo grau de confiabilidade. Direita: amostra NR 748 interpretada como <i>A. contrarius</i>	46
FIGURA 28 – Amostras classificadas como <i>A. kayserianus</i> NR 5883, NR6815, NR 588	47
FIGURA 29 – Amostras classificadas como <i>A. antarticus</i> NR 749	48
FIGURA 30 – Amostras com características morfológicas que atendem mais de uma espécie. NR 5647 com características de <i>A. iheringi</i> e <i>A. antarticus</i> . NR2712 A com características de <i>A. iheringi</i> , <i>A. antarticus</i> e <i>A. kayserianus</i> ; NR 2964 B e C com características de <i>A. kayserianus</i> e <i>A. parana</i>	50
FIGURA 31 - Exemplos de amostras desarticuladas e fragmentadas NR 1808, NR 742 com fóssil associado, NR 7756 B, NR 1776	51
FIGURA 32 – Exemplos de amostras articuladas NR 6814 vista anterior e posterior, NR764 deformada durante a fossildiagênese, NR 5888AB	53
FIGURA 33 – Amostra NR 2964 de Jaguariaíva	54
FIGURA 34 – Amostra NR 4466 de Tibagi	56

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS MORGOLÓGICAS DESCRITAS POR CLARKE (1913)	19
TABELA 2 – FÓSSEIS ANALISADOS	28
TABELA 3 – TIPOS DE MOLDES PRESENTES NA COLEÇÃO E LOCAL ONDE FORAM COLETADOS	35
TABELA 4 – ESPÉCIES DE <i>Australospirifer</i> E LOCAIS COLETADOS	48

LISTA DE GRAFICOS

Gráfico 1 - SPIRIFERIDA DEPOSITADO NO LabPaleo	48
--	----

SUMÁRIO

<u>1. INTRODUÇÃO.....</u>	<u>1</u>
<u>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</u>	<u>3</u>
<u>2.1. GEOLOGIA REGIONAL – BACIA SEDIMENTAR DO PARANÁ.....</u>	<u>3</u>
<u>2.1.1. FORMAÇÃO PONTA GROSSA.....</u>	<u>6</u>
<u>2.2. FILO BRACHIOPODA.....</u>	<u>8</u>
<u>2.2.1. BRACHIOPODA SPIRIFERIDA.....</u>	<u>14</u>
<u>2.2.2. ESPÉCIMES DESCRITOS POR CLARKE (1913).....</u>	<u>17</u>
<u>2.3. CONCEITOS DE TAFONOMIA BÁSICA.....</u>	<u>19</u>
<u>3. MATERIAIS E MÉTODOS.....</u>	<u>27</u>
<u>4. RESULTADOS.....</u>	<u>32</u>
<u>5. DISCUSSÃO.....</u>	<u>44</u>
<u>5.1. <i>Australospirifer</i> DO ACERVO DO LabPaleo.....</u>	<u>44</u>
<u>5.2. ANÁLISE TAFONÔMICA BÁSICA.....</u>	<u>50</u>
<u>6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</u>	<u>57</u>
<u>REFERÊNCIAS.....</u>	<u>59</u>

1. INTRODUÇÃO

O Laboratório de Paleontologia do Setor de Ciências da Terra (LabPaleo), da Universidade Federal do Paraná, está localizado no campus III - Centro Politécnico, no município de Curitiba. O referido laboratório apresenta grande diversidade de fósseis, especialmente invertebrados devonianos, coletados durante as aulas de campo das disciplinas de Paleontologia ministradas para os cursos de graduação em Geologia e Ciências Biológicas. Os afloramentos visitados durante essas excursões de campo são aqueles que apresentam boa representatividade desses organismos no estado do Paraná.

Por vezes não é possível a completa preparação e identificação precisa dos fósseis, o que causa certa deficiência no detalhamento de dados nos registros do laboratório. Além disso, embora o material esteja devidamente tombado na coleção, não há uma descrição formal das espécies registradas nos distintos afloramentos, o que dificulta a compreensão da diversidade das amostras presentes no laboratório, bem como nos afloramentos.

O presente trabalho tem por objetivo fazer a análise e descrição dos fósseis dos Brachiopoda Spiriferida paranaenses presentes no laboratório, com intuito de promover um registro mais completo desse táxon, e quando possível realizar a identificação da espécie. Além do estudo morfológico, também visa uma análise tafonômica básica.

Os Brachiopoda Spiriferida presentes no LabPaleo, são oriundos de rochas da Formação Ponta Grossa, representando o Devoniano da Bacia Sedimentar do Paraná. Segundo Cerri (2013) o gênero *Australospirifer*, foi proposto por Caster, em 1939, para diferenciar os espécimes austrais, que segundo ele possuem estrutura fimbriada, lamelar e radial, das espécies boreais que não apresentam essa ornamentação. No Estado do Paraná são identificados 5 espécies desse gênero: *Australospirifer iheringi*; *A. kayserianus*; *A. contrarius*; *A. antarticus*; *A. parana*.

A coleção de espiriferideos do laboratório conta com integrantes de todas as espécies, preservados de modo geral por processo de moldagem. Conforme registrado no livro-tombo, as amostras foram coletadas em seis afloramentos diferentes, denominados: Jaguariaíva, Ponta Grossa, Tibagi, Afloramento Rio Caniú,

Afloramento Aeroporto Sant'Anna, e Paraná, este último não sendo detalhado no livro exatamente de qual região pertence (FIGURA 1).

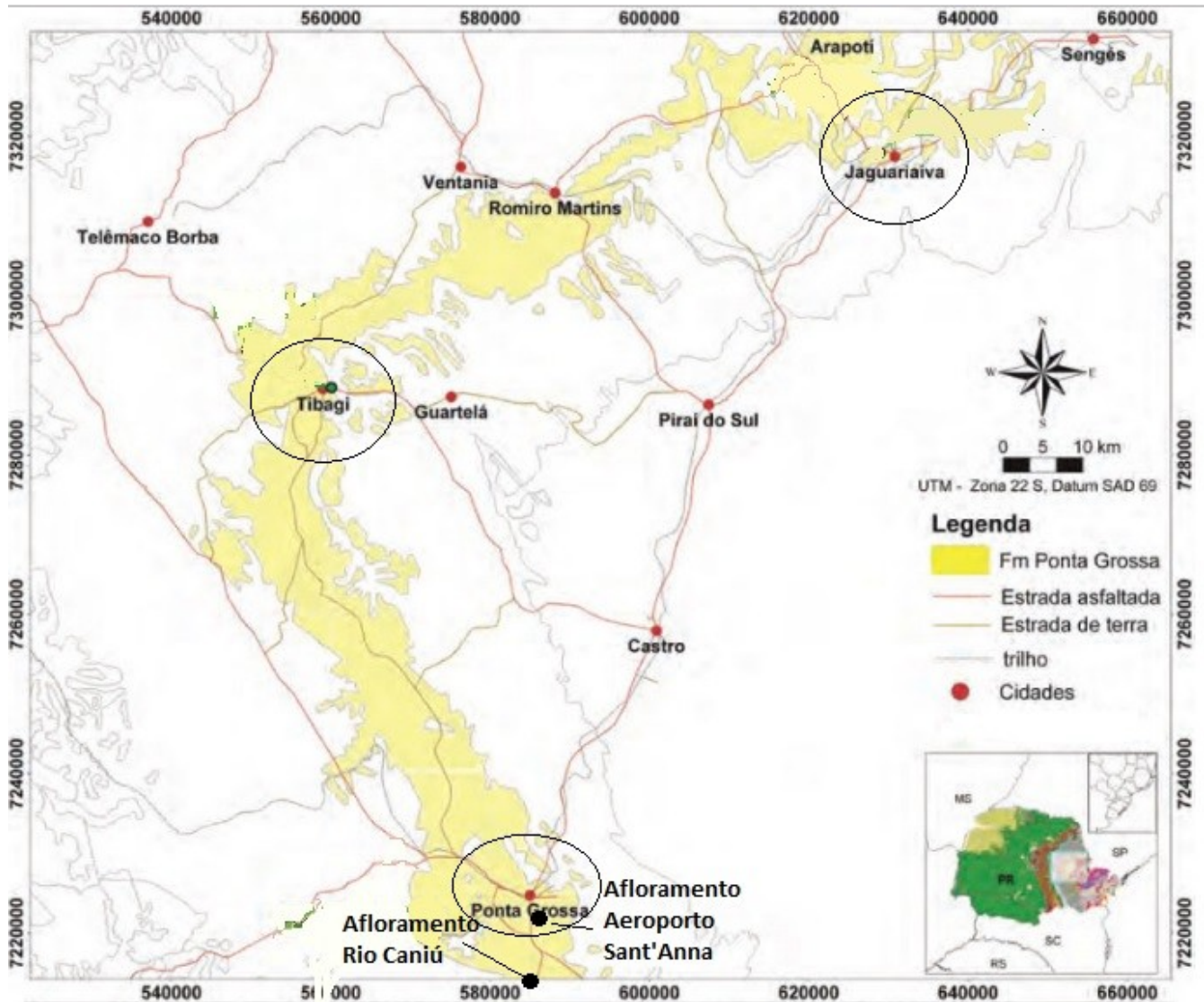


FIGURA 1 – mapa geológico da Formação Ponta Grossa com indicação dos locais de coleta. Com exceção dos afloramentos Rio Caniú e Aeroporto Sant'Anna, as localizações são aproximadas. A amostra registrada apenas como procedente do Estado do Paraná não está representado (modificado de Ferreira *et. al.*, 2010)

A realização deste trabalho resulta no melhor conhecimento do material depositado no laboratório, com amostras em condições de serem novamente catalogadas, agora devidamente identificadas, que passam a fazer parte da Coleção Científica de Paleontologia de Invertebrados do laboratório.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. GEOLOGIA REGIONAL – BACIA SEDIMENTAR DO PARANÁ

Uma das grandes sinéclises paleozoica brasileira, a Bacia Sedimentar do Paraná (FIGURA 2) tem aproximadamente 1,5 milhões de quilômetros quadrados e abrange porções do Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai. O registro estratigráfico contém uma sequência de rochas sedimentares e magmáticas com espessura em torno de sete mil metros, possui geometria ovalada de eixo N-S e depocentro coincidindo com a calha do rio Paraná (Milani *et al.*, 2007).

Considerada uma bacia intracratônica, alguns autores acreditam que o desenvolvimento não tenha se dado inteiramente no interior continental, tendo se iniciado como um golfo com abertura para o Panthalassa e posteriormente se tornado restrita. A evolução da bacia tem origem no Paleozoico (Neo-Ordoviciano) e se estende ao Mesozoico (Neo-Cretáceo) sendo resultado de diversos ciclos transgressivos-regressivos e sedimentação continental (Milani & Ramos, 1998).

Milani (1997) e Milani e colaboradores (2007) distinguem seis Supersequências para a Bacia do Paraná, denominadas Rio Ivaí (Ordoviciano-Siluriano), Paraná (Devoniano), Gondwana I (Carbonífero-Eotriássico), Gondwana II (Meso a Neotriássica) Gondwana III (Neojurássico-Eocretáceo) e Bauru (Neocretáceo). As sequências paleozoicas estão relacionadas aos ciclos regressivos e transgressivos, o restante remonta à história continental e ígnea da bacia.

Mesmo sendo desenvolvida sobre um terreno estável, no contexto geral as rochas da bacia foram influenciadas por esforços compressivos atuantes nas adjacências (Milani & Ramos, 1998).

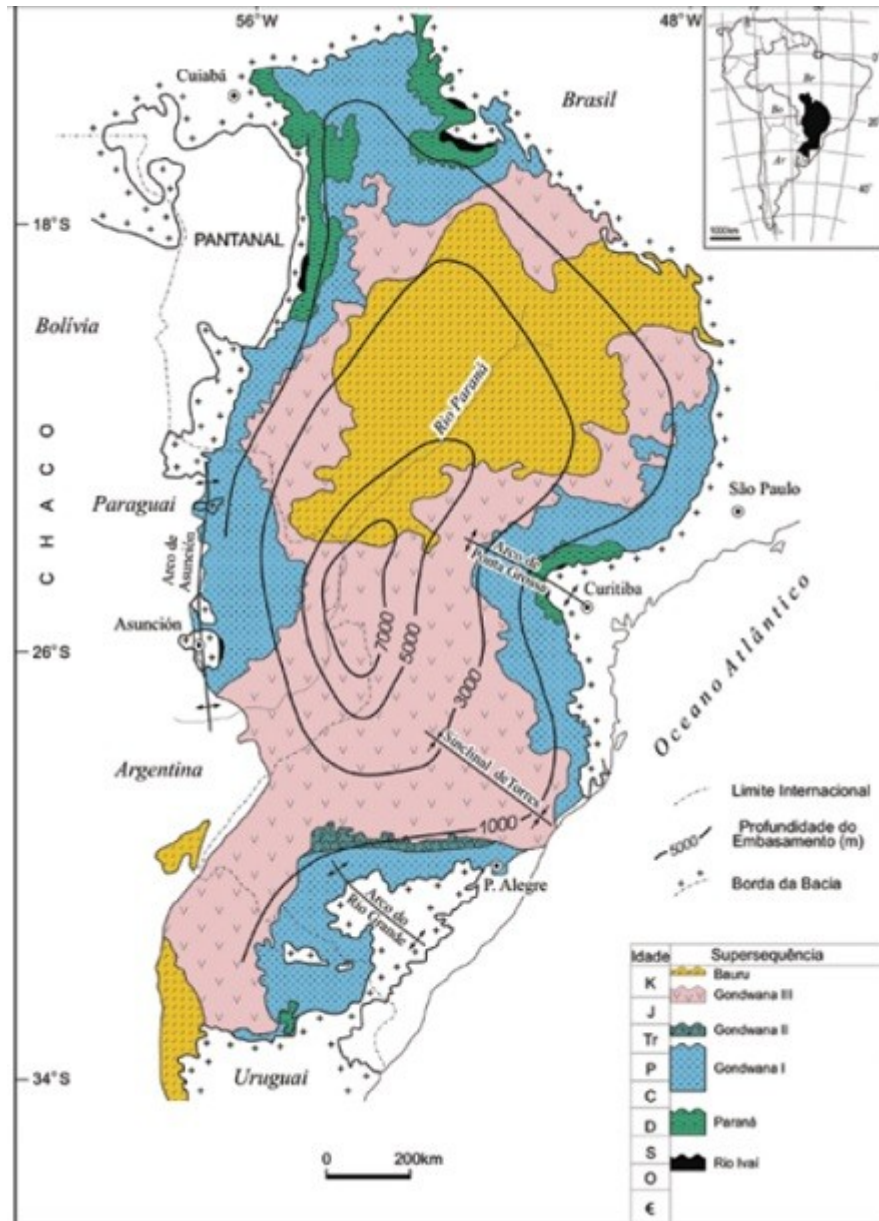


FIGURA 2 - Mapa geológico simplificado da Bacia Sedimentar do Paraná e representação das Supersequências (Milani, 2004)

Milani e Ramos (1998) interpretam algumas das orogenias responsáveis ou influenciadoras dos mecanismos de subsidência da bacia. Segundo os autores, a primeira fase é relacionada à implantação da bacia, e serviu de resposta à acomodação dos esforços da Orogenia Oclóyca, com idade ordovício-siluriana, e é relacionada a um provável início de rifteamento com direção principal SW-NE, possuindo depocentros estreitos e alongados, sendo representado pela Supersequência Rio Ivaí. Milani (2004) menciona que o regime transtensivo de descontinuidades ordovício-siluriana proporcionou localmente a geração de rocha

ígnea basáltica, o basalto Três Lagoas é uma ocorrência única com idade Ar/Ar (em plagioclásio) de 443 ± 10 Ma (York, 2003 *apud* Milani, 2004). A Supersequência Paraná representa uma nova fase de subsidência, marcada pelos pacotes arenosos tabulares da Formação Furnas, seguida da sequência pelítica da Formação Ponta Grossa, evidenciando uma rápida taxa de subsidência e máxima inundação ligada à Orogenia Precordilheiriana. No Eocarbonífero, outra fase de subsidência está relacionada à Orogenia Chanica, mas não apresenta registros na Bacia do Paraná em decorrência das geleiras instaladas. A retomada da sedimentação ocorre no Westfaliano (Milani & Ramos, 1998). Para Milani *et al.* (2007), o provável mecanismo de subsidência da bacia corresponde à flexura litosférica por sobrecarga tectônica.

A Supersequência Paraná representa o segundo ciclo regressivo-transgressivo que ocorre na Bacia do Paraná. Engloba os arenitos da Formação Furnas na base, e pelitos da Formação Ponta Grossa no topo, e está assentado sobre as rochas do Grupo Rio Ivaí, e por vezes no próprio embasamento da bacia. A sedimentação tem idade devoniana e possui espessura máxima em torno de 800 metros. Em ambos os limites da Supersequência são reconhecidas feições erosivas, uma na base da Formação Furnas, configurando uma superfície de discordância regular e aplainada, e outra no topo da Formação Ponta Grossa, discordância regional datada do final do Devoniano início do Carbonífero (Milani *et al.*, 2007).

Os dados sedimentológicos e palinológicos de Grahn *et al.* (2010) indicam hiato deposicional entre a Formação Ponta Grossa e a Formação Furnas, o limite entre as duas unidades geológicas define uma superfície de ravinamento formada no final do Praguiano e Eo-Emsiano.

O mapa de isópacas da Formação Ponta Grossa indica a geração das duas sub-bacias, Apucarana (sul) e Alto Garças (norte). Assine (1996) confere ao tectonismo sinsedimentar do Arco de Assunção a responsabilidade pela compartimentação. A feição que serviu de alto estrutural para a separação das sub-bacias é amplamente discutida na literatura. O levantamento histórico abordado em Ferreira *et al.* (2010) cita Ramos (1970), que admite o lineamento Alto Três Lagoas-Campo Grande como provável estrutura; outros, como Ferreira (1981), consideram o alinhamento Guapira, que é limite setentrional do Arco de Ponta Grossa; Ferreira *et*

al. (2010) também cita Zalán *et al.* (1987,1990), que diz que a junção do lineamento Araçatuba (NE) e Guapira formam o alto estrutural Três Lagoas.

2.1.1. FORMAÇÃO PONTA GROSSA

Os primeiros registros referentes à Formação Ponta Grossa foram realizados pela Comissão Geológica do Império do Brasil, em 1875, coordenada pelo geólogo Charles Frederich Hartt e uma grande equipe. O Estado do Paraná foi inicialmente estudado por Luthero Wagoner que encontrou alguns fragmentos fósseis, posteriormente Derby identificou como moluscos, braquiópodes e equinodermos, associando-os aos fósseis devonianos do Estado do Amazonas. Em 1913, Clarke publica a obra Fósseis Devonianos da Bacia do Paraná (Fósseis Devonianos do Paraná). Em 1948, Petri formaliza as unidades devonianas da Bacia do Paraná, e em 1967 Lange e Petri propõem subdividir a Formação Ponta Grossa em três membros, da base para o topo, denominados Membro Jaguariaíva, Membro Tibagi e Membro São Domingos, proposta amplamente aceita até hoje (Bosetti *et al.*,2007).

Grahn *et al.* (2013) sugere dividir a sub-bacia Apucarana em três formações denominadas Formação Furnas, Formação Ponta Grossa e Formação São Domingos com base nas evidências sedimentológicas e palinológicas, sendo o Membro Tibagi pertencente à formação do topo. É adotada neste trabalho a proposta de Lange e Petri (1967) que, conforme relatado acima, continua sendo amplamente aceita.

As rochas que constituem a Formação Ponta Grossa são folhelhos, folhelhos sílticos, arenitos e siltitos, localmente carbonosos, micáceos e com presença de fósseis. Quando alterados, apresentam cores variando entre arroxeadas, amareladas e acastanhada. As principais estruturas observadas são laminações plano-paralelas, estratificação cruzada *hummocky* de pequeno porte, além de flaser, marcas onduladas, e bioturbação (Bosetti *et al.*, 2007).

No Estado do Paraná são reconhecidos os três membros adotados neste trabalho. Para Assine (1996), o Membro Jaguariaíva tem idade Emsiana, é constituído por folhelhos altamente fossilíferos, por vezes bioturbado, e na porção central desse membro encontram-se folhelhos com alto teor de matéria orgânica,

tornando-a potencial gerador de hidrocarbonetos. Os arenitos do Membro Tibagi, de idade Eifeliano, apresenta padrão de granocrescência ascendente, são de granulação fina a muito fina, sílticos e micáceos, e apresentam as mesmas estruturas citadas anteriormente para a Formação Ponta Grossa. Com idade Givetiana/Frasniana, a unidade de topo conhecida como Membro São Domingos é definida por folhelhos laminados, por vezes betuminosos, e assim como a unidade basal da formação apresenta fósseis mas com menor quantidade de indivíduos.

Os resultados da gamaespectrometria realizada por Ferreira *et al.* (2010) sugerem que o Membro Jaguariaíva representa o intervalo de inundação máxima e possui alto teor de carbono orgânico total (COT); já os arenitos do Membro Tibagi apresentam assinatura típica de granocrescência ascendente; por fim, o Membro São Domingos é caracterizado por padrões pelíticos.

A deposição das rochas da Formação Ponta Grossa sugere pequenas variações do nível do mar, onde inicialmente se tem o aumento deste nível que recobre os sistemas transicionais da Formação Furnas (Milani *et al.*, 2007). Assine *et al.* (1998) interpreta o Membro Tibagi como um evento regressivo dentro de uma história transgressiva no contexto da Formação Ponta Grossa (FIGURA 3). A compartimentação em duas sub-bacias permitiu uma deposição diferenciada, no flanco nordeste (sub-bacia Alto Garças) os depósitos deltaicos gradam para sistemas marinhos, e no Paraná (sub-bacia Apucarana) o ambiente é marinho com ação de ondas de tempestade e de barras costa-afora, não preservando sedimentação deltaica. Segundo Assine (1996), durante o Givetiano, a deposição dos sedimentos formam o Membro São Domingos, os sistemas deltaicos são afogados, e há ligação entre as sub-bacias. O Frasniano tem caráter regressivo, e o Eocarbonífero é marcado pela discordância observada no topo da Supersequência Paraná.

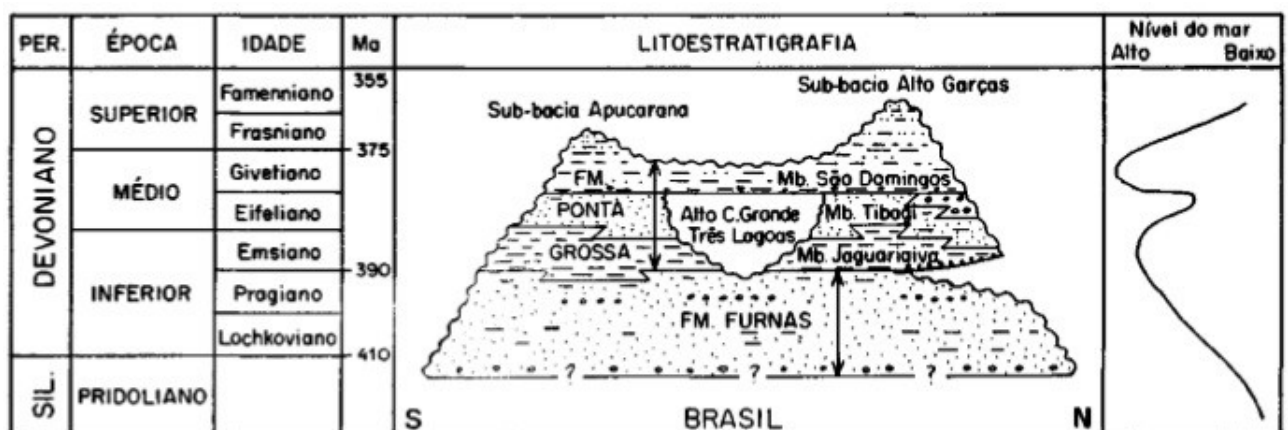


FIGURA 3 – Carta cronoestratigráfica da Supersequência Paraná. A direita a curva de variação do nível do mar, notar a queda do nível durante a deposição do Membro Tibagi e retomada da transgressão no Givetiano (Assine, 1996).

2.2. FILO BRACHIOPODA

Os Brachiopoda surgiram no Cambriano e estão presentes até hoje, mas existem alguns grupos já extintos. São animais exclusivamente marinhos, bentônicos com hábito de vida solitário e tendência gregária. Epibionte, podem viver livres durante a fase larval, fixados ao substrato ou parcialmente enterrados. Se alimentam de bactérias, plânctons e detritos por filtração (Fonseca, 2011).

Apesar do grande declínio de diversidade que o Filo apresenta na atualidade, durante o Paleozoico eram bastante abundantes, estimando-se que durante o Caradociano podem ter existido três vezes mais gêneros. Atualmente existem representantes em todos os continentes, tanto em espécies vivas como fósseis (Williams *et al.*, 1965). Fonseca (2011) destaca que na edição do “*Treatise on Invertebrate Paleontology*” de 2007 são descritos 4200 gêneros de Brachiopoda sendo a grande maioria de espécimes extintos.

Uma das primeiras tentativas de classificar os Brachiopoda foi baseado no sistema de abertura da concha, esta classificação é adotada por Williams *et al.*, (1965) que distingue duas classes: Brachiopoda articulados quando existe um sistema de abertura; e Brachiopoda inarticulados quando a função é realizada somente por músculos. Os autores citam diferenças na composição da concha dessas classes, formada por carbonato e matéria orgânica respectivamente, além da diferença na forma do surgimento do pedículo e terminação do canal alimentar.

Atualmente o filo Brachiopoda é subdividido em três sub-filos: Linguliformea, Craniiformea e Rhynchonelliformea; sendo os dois primeiros equivalentes à classe inarticulado e o último aos articulados. No total são oito classes. Os termos articulado/inarticulado ainda é usado como forma de separar em dois grupos (Fonseca, 2011).

O interior do braquiópode é dividido em duas partes, na porção anterior encontra-se a cavidade do manto, e na posterior o celoma (FIGURA. 4). Possuem o corpo protegido por concha secretada pelo epitélio externo, constituída por duas

valvas bilateralmente simétricas (FIGURA 5C) que possuem diferentes formas, tamanhos e ornamentações. A valva ventral, também chamada de pedicular, possui a estrutura de fixação com o substrato (pedículo) na região posterior. A outra valva é denominada dorsal ou braquial, e costuma ser menor (Williams *et al.*, 1965).

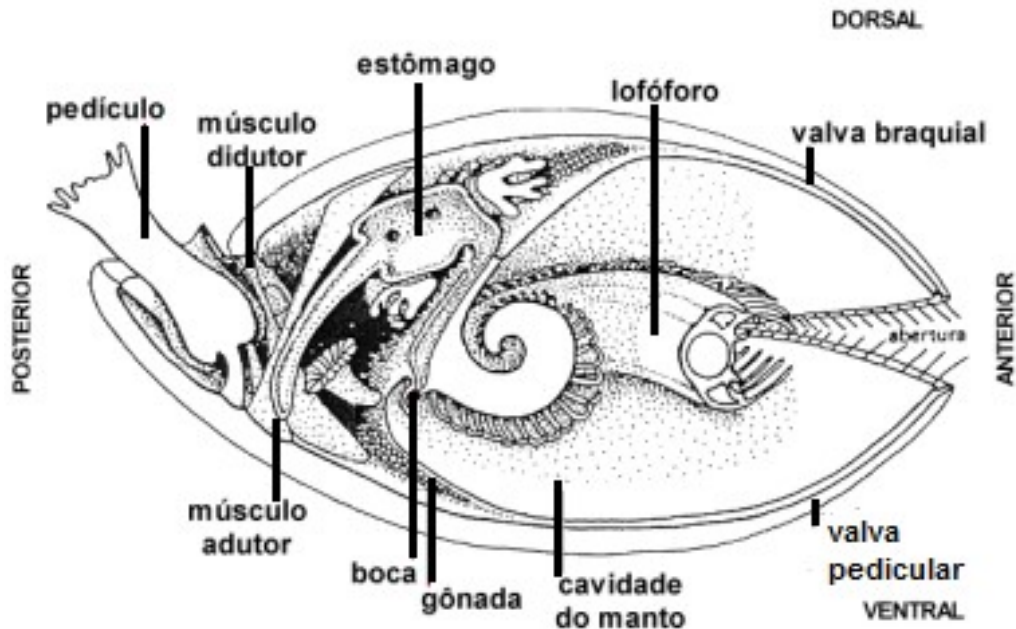


FIGURA 4 – Representação esquemática da estrutura interna do Brachiopoda *Terebratulina* (modificado de Williams *et al.*, 1965)

Conforme descrito por Williams *et al.* (1965) e demonstrado na (FIGURA 4), no celoma estão os órgãos digestivos, excretor, reprodutivo e os sistemas musculares responsáveis pela abertura e fechamento da concha, além de um sistema nervoso e circulatório primitivo. A cavidade do manto é constituído por estruturas ligadas a alimentação como o braquídio e lófolos.

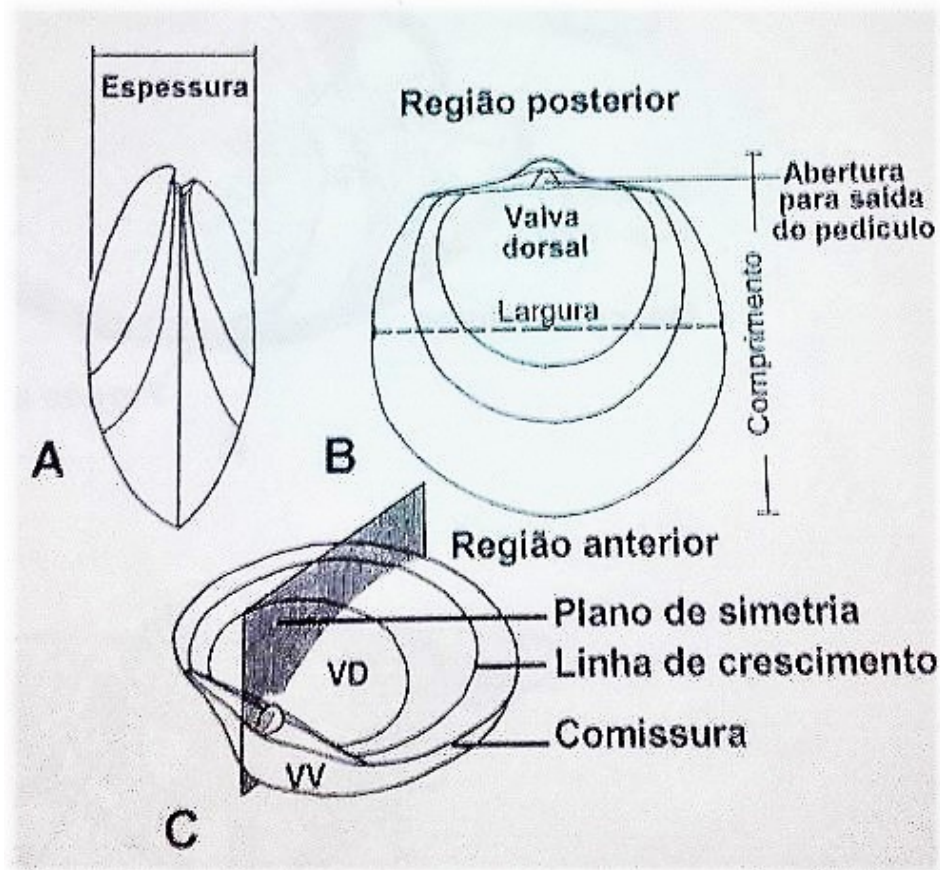


FIGURA 5 - Esquema geral da parte externa e estruturas da concha de brachiopoda. Vista lateral esquerda (a), dorsal (b) e dorsolateral (c) (Williams *et al.*, 1965 modificado por Fonseca, 2011)

Em algumas conchas as áreas cardinais formam as interáreas. São denominadas conchas estróficas aquelas que possuem interárea reta concordante à linha de charneira, quando não apresenta esta característica, a concha é denominada anaestrófica (FIGURA 6). A interárea ventral é maior que a dorsal, e estas podem ser inclinadas em relação a linha de comissura, e conforme o ângulo formado surgem diferentes classificações, sendo as mais comuns são apsáclina e anaclina (Williams *et al.*, 1965).

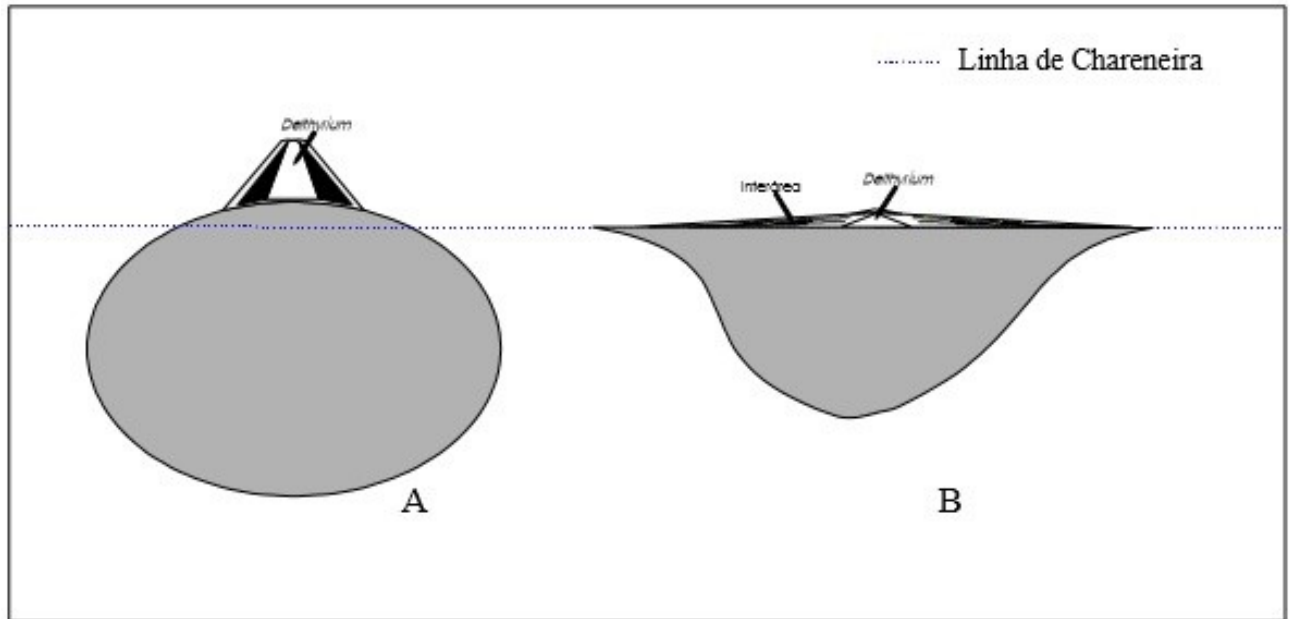


FIGURA 6 – Representação esquemática da concha anaestrófica (A) e estrófica (B) (Marques, 2006)

Independente do tipo de concha, existirá um ápice ou bico das valvas (FIGURA 5a), e a região entorno é chamada de umbo (Williams *et al.*, 1965). Segundo Fonseca (2011), nos braquiópodes articulados, a abertura do pedículo é protegida pelo deltírio (valva pedicular) e nototírio (valva braquial), que são estruturas mais comuns em espécimes do Paleozoico Inferior. Nas formas mais recentes são substituídas pelo deltídio, quilídio e pseudodeltídio. Em alguns táxons, como por exemplo espiriferídeos, o pedículo pode ser atrofiado, e os indivíduos são fixos através de espinhos ou se tornam de vida livre.

Fonseca (2011) descreve os mecanismos de abertura e fechamento da concha de braquiópodes articulados compostos por músculos, dois dentes na valva pedicular e duas fossetas dentárias na valva braquial. Os músculos adutores, quando contraídos, mantêm a concha fechada, e os músculos didutores, ao realizarem o mesmo movimento, abrem a concha. Por se tratarem de tecido mole, são observados nos fósseis somente as cicatrizes musculares. Segundo a autora, nos braquiópodes inarticulados esse movimento é realizado por um sistema muscular complexo.

Na valva braquial está contida uma estrutura denominada braquídio, com função de sustentar o lofóforo (FIGURA 7). Este órgão é composto por filamentos

que drenam a água para obter os alimentos e oxigênio. Os braquídeos podem ou não estar preservado nos fósseis (Fonseca, 2011).

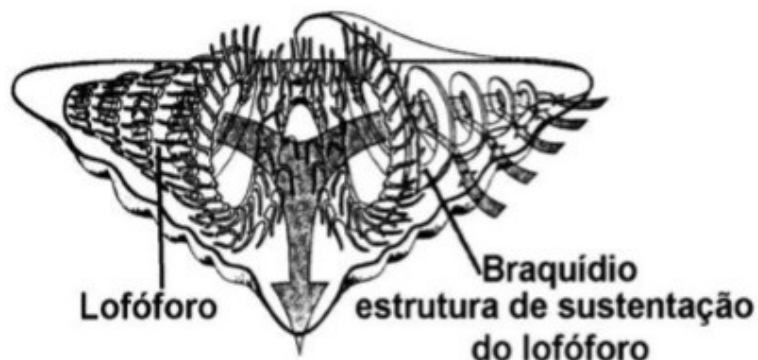


FIGURA 7 – Vista interna do lofóforo de um Brachiopoda Spiriferida (modificado de Fonseca, 2011)

A concha de braquiópodes articulados é formada por três camadas, o perióstraco é ausente nos fósseis pois têm composição orgânica e reveste a superfície externa, a camada primária ou calcária externa, e camada secundária ou calcária interna. As conchas mais comuns encontradas nesse filo são biconvexas, plano-convexas e côncavo-convexas. (Fonseca, 2011)

Existem variados tipos de contornos das conchas (FIGURA 8). Na superfície das valvas são observadas depressões chamadas de sulcos, as maiores elevações são dobras. A geração de dobras e sulcos implica em uma deformação, e pode ocorrer de dois modos: no primeiro caso, dobras e sulcos são desenvolvidas de forma oposta nas duas valvas resultando no padrão margem reta comum à valvas altamente convexas. Na segunda condição, essas estruturas são formadas de modo complementar, onde na linha de comissura as elevações correspondem às plicas e as depressões são sinus (FIGURA 9) (Willams *et al.*, 1965).

A ornamentação radial é chamada de costelas (FIGURA 9), são semelhantes as dobras mas menores, podendo ser triangular ou arredondada em seção transversal. Possui um ponto de origem (nó protegual). Em alguns táxons são observadas costilhas, pequenas estruturas semelhantes às costelas, sendo que o conjunto dessas estruturas definem diferentes padrões. (Willams *et al.*, 1965).

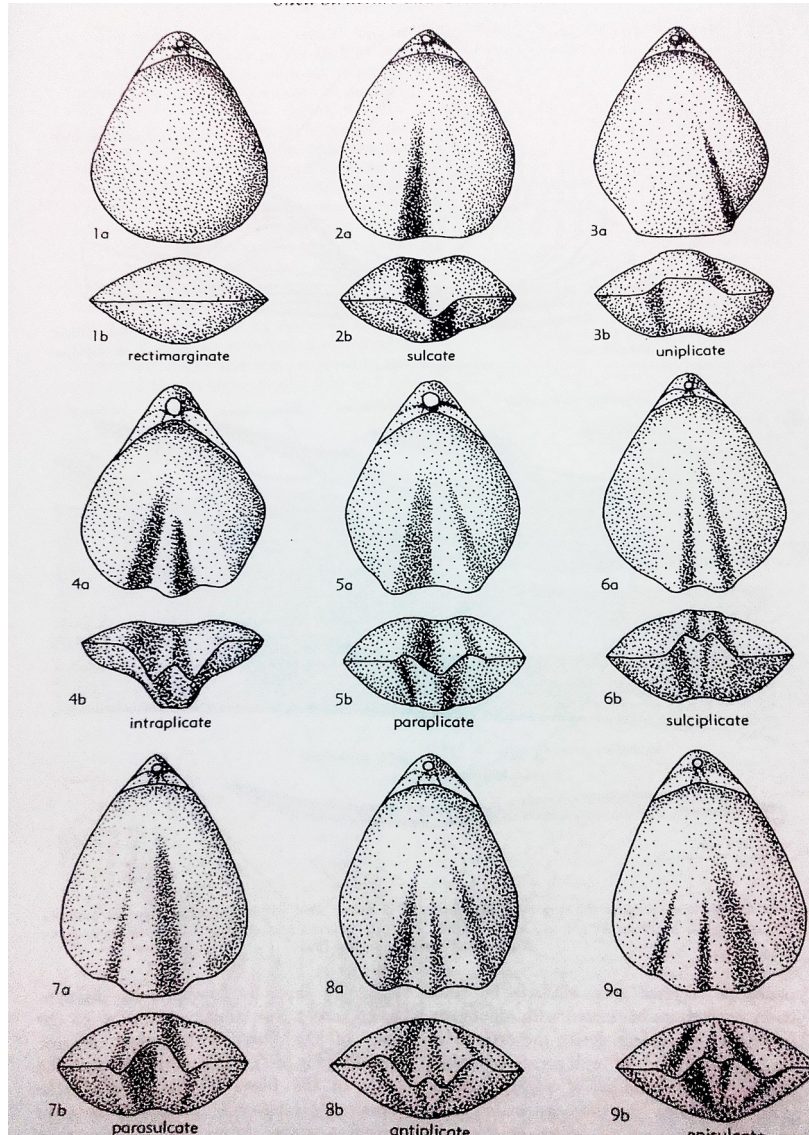


FIGURA 8 – Padrões de dobras em Brachiopoda (Williams *et al.*, 1965)

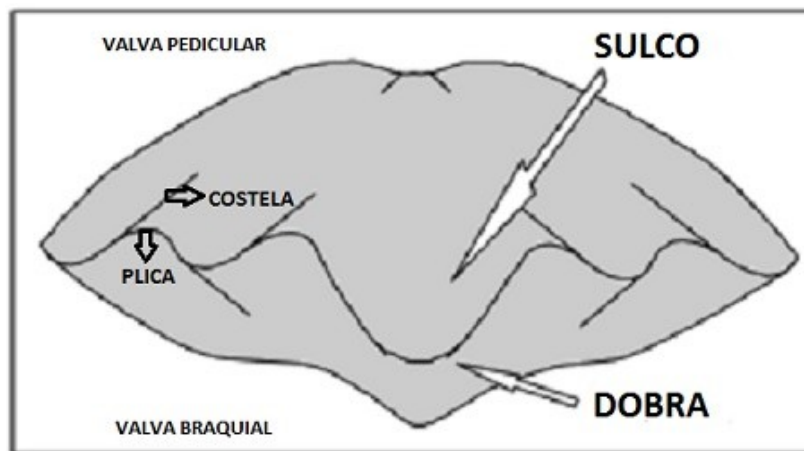


FIGURA 9 – Representação esquemática da concha (modificado de Marques, 2006)

Comumente a superfície da concha é lisa, as linhas concêntricas que podem estar presentes são linhas de crescimento (FIGURA 5b). Também podem ser observadas evaginações concêntricas que formam lamelas, que eventualmente se prolongadas podem formar espinhas ou protuberâncias nodosas (Willams *et al.*, 1965).

Em algumas conchas são observadas pequenas perfurações com material orgânico associado, denominadas pontos (*punctae*). Essas estruturas atravessam a parede da concha, podendo ou não atravessar por completo. Quando presentes, as conchas são chamadas de pontuadas, quando ausentes impontuadas, existem ainda as pseudopontuadas, quando são atravessadas por espículas calcárias (Fonseca, 2011).

2.2.1. BRACHIOPODA SPIRIFERIDA

“Braquiópodes articulados com braquídio espiralado (exceto *Leptocoeliidae*); jugum presente ou ausente. Concha pontuada ou impontuada, sem ocorrência de pseudopontuada; principalmente lenticular (biconvexo), raramente plano-convexo, com relativamente grande cavidade do corpo, cicatriz de ligamento incomum, deltírio aberto ou fechado, forame circulares presente ou ausente M.Ord.- Jur” (Willams *et al.*, 1965 p.H632)

Algumas características morfológicas comuns à Spiriferida basais são utilizados na distinção desses espécimes (Marques, 2006). Os aspectos analisados por Marques (op.cit.) são: formato da extremidade cardinal, forma dos sulcos, variação no padrão de plicas, além de demais ornamentações.

Marques (op.cit.) exemplifica os aspectos analisados, segundo o autor, o formato da extremidade cardinal da concha, indica o caráter mucronado da mesma; quando angulosa ou de ala desenvolvida, é dita como mucronada, e não-mucronado quando a ponta tem forma arredondadas (FIGURA 10). Com relação a feições da concha nota-se que os sulcos podem apresentar em forma de “U”, “V”, “calha” e “V” com ângulo arredondado. As ondulações presentes no plano de comissura são chamadas de plicas (FIGURA 9), podem ocorrer no sulco das conchas, e por vezes apresentam-se bifurcadas e com ramificações originando diferentes padrões. As plicas podem ter mesma largura ou menores que o sinus. Também podem estar presentes as linhas de crescimento; quando as linhas são visíveis, indicam menor taxa de crescimento, e a ausência dela indica maior taxa de crescimento, porém

esse caracter pode ser influenciado por fatores ambientais dando pouco credibilidade ao dado.

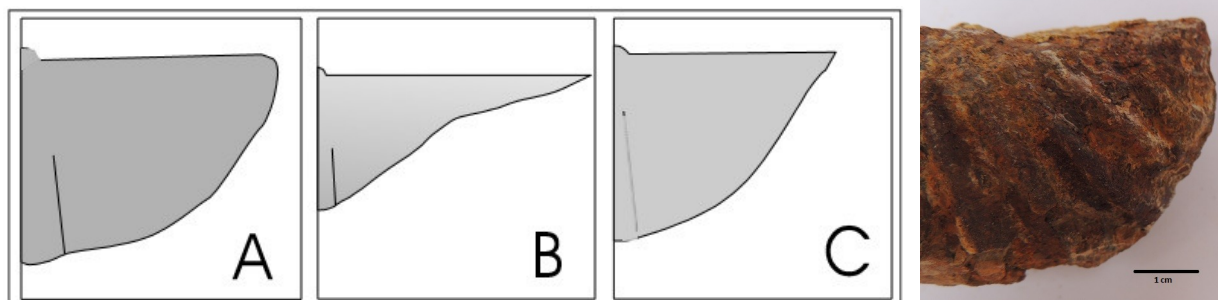


FIGURA 10 – À esquerda, representação do ângulo cardinal. Em (A) concha não mucronado; (B) mucronado de ala desenvolvida; (C) concha mucronada (Marques, 2006). À direita, foto da amostra NR 6814 evidenciando o aspecto não-mucronado

Outro caracter analisado é a convexidade da concha, descritas como igual ou subigual indicando qual valva é maior. Cita-se que o aumento da valva pedicular, e consequentemente maior interárea pedicular, é indicativo de substrato lamoso (Marques, 2006).

A placa crural se estende da base da valva braquial, podendo chegar até a metade da concha, é localizado próximo ao ctenofórdio, termo designado para o processo cardinal estriado, em forma de pente, que ocorre em Spiriferida. O processo cardinal é comum aos Brachiopoda, e é localizado na cardinália, com a função de auxiliar a fixação do músculo didutor na valva braquial. Na interárea, podem ser observadas costelas. Capiliação e espinhos são microornamentações em conchas de Spiriferida (Marques, 2006).

Dentre os caracteres rejeitados por Marques (2006) na análise de Spiriferida basais do Devoniano na sub-bacia Alto Garças, estão número de plicas, alongamento da concha, processo julgal e curvatura da interárea pedicular (concha apsáclina ou anáclina). O autor considera essas características não confiáveis por serem passíveis de modificações durante a fossildiagênese. Contudo, essas são algumas das características adotadas por Clarke (1913) na distinção dos espécimes paranaenses.

Segundo Marques (2006) a origem do Spiriferida é incerta. O autor relata que para alguns autores tenham surgido a partir da Ordem Orthida, possivelmente dos que possuem concha estrófica impontuada, outros sugerem uma origem a partir da

Ordem Rhyconellida, ou ainda surgimento a partir de um ancestral comum com Orthida.

São considerados grupos basais da Ordem Spiriferida (FIGURA 11) os fósseis de Cyrtinioidea, Delthyridoidea, Reticularioidea, Theodossioidea, Ambocoelioidea e Martinioidea (Marques, 2006).

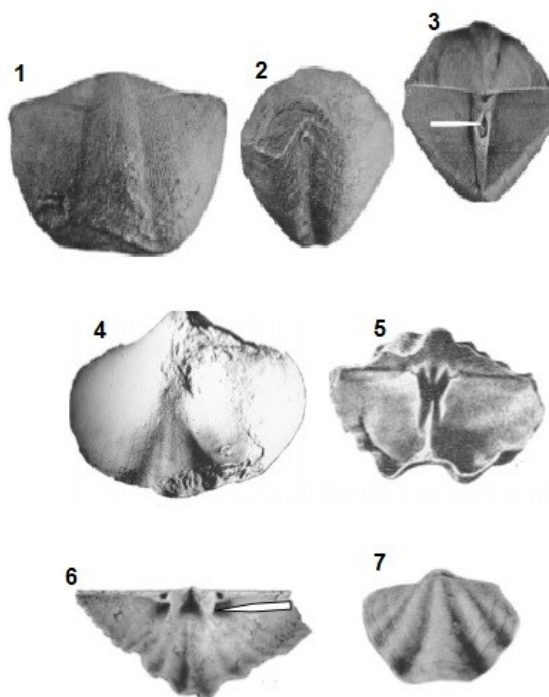


FIGURA 11 – Exemplos de Spiriferida basais. 1 a 4 Cyrtinioidea, 5 a 7 Delthyridoidea (retirados de Marques, 2006)

Segundo Cerri (2013), o gênero *Australospirifer* foi proposto por Caster, em 1939, por serem observadas diferenças nas formas austrais em comparação aos espécimes boreais. Os fósseis austrais apresentam ornamentações fimbriadas, radial e lamelada.

Os *Australospirifer* são representantes dos Delthyridoidea, e são os únicos táxons presentes no Eomesodevoniano da Bacia do Paraná (Marques, 2006). Fonseca (2011) destaca que o *Australospirifer* é considerado um gênero válido, que compreende Spiriferida austrais da Província Malvinocáfrica.

O termo *Australospirifer*, cunhado por Caster, é posterior ao trabalho de Clarke, que descreveu espécimes desse gênero em 1913, desse modo, em “Fósseis Devonianos do Paraná” a nomenclatura utilizada é *Spirifer*. Como citado acima, *Australospirifer* é um gênero válido, e portanto nesta monografia, será utilizado este termo mesmo quando se referir ao trabalho de Clarke.

Segundo Cerri (2013), *Australospirifer* possui cinco espécies descritas para a Formação Ponta Grossa, porém os caracteres diagnósticos que as diferem são passíveis de modificação tafonômica, fato evidenciado nos exemplares analisados pelo autor.

As espécies são descritas para as formas austrais por Clarke (1913) são: *Australospirifer iheringi*; *A. kayserianus*; *A. contrarius*; *A. antarcticus*; *A. parana*; *A. hawkinsii*; *A. orbignii*, Sendo as cinco primeiras descritas com detalhe, encontradas em território paranaense.

Carvalho (1969) descreve braquiópodes do devoniano paranaense obtidos nos municípios de Jaguariaíva, Ponta Grossa e Tibagi, tratando-se de moldes internos e externos, em geral de *Chonetes falklandicus*, *Australocoelia tourteloti*, e *Australospirifer kayserianus*, *A. iheringer*, *A. antarcticus*.

2.2.2. ESPÉCIMES DESCRITOS POR CLARKE (1913)

No trabalho de Clarke (1913) fala-se em pelo menos 20 espécies presentes nas camadas devonianas da África Austral e América do Sul. No território paranaense são descritas cinco espécies que compreendem o gênero *Australospirifer*. Como mencionado anteriormente, o termo *Australospirifer* foi proposto posteriormente ao trabalho de Clarke, e este autor utiliza a denominação *Spirifer*. Como *Australospirifer* é um termo atualmente considerado válido, para este trabalho o termo *Spirifer* de Clarke foi substituído.

Clarke (1913) analisou centenas de *Australospirifer*, advindos do Paraná e das Ilhas Malvinas. Seu estudo é baseado principalmente na escultura externa, desse modo, as espécies designadas pelo autor, são diferenciadas principalmente pela morfologia externa, como pode ser observado na TABELA 1.

Entre as características distintivas, estão número de plicas, que apresenta padrão semelhante em quase a totalidade das espécies. A notação utilizada por Clarke (1913) segue o padrão: nº de plicas “bem definidas” + nº de plicas obscuras. As plicas obscuras são plicas mais incipientes na região da extremidade lateral. Os *A. iheringi* podem possuir diferentes números de plica ao longo da vida, chegando a sete ou oito, logo a notação para essa espécie é 5+1 (1+1), sendo plicas “bem definidas” (5)+ plicas obscuras (1) (possível sétima plica + possível oitava plica).

Clarke (1913) também distingue as espécies comparando a relação de tamanho entre a linha de charneira e extensão da valva, onde uma pode ser maior que a outra, ou serem proporcionais. Forma do sulco e dobra, espaçamento entre as plicas, forma do ângulo cardinal e proporções da concha são outros caracteres de distinção das espécies.

As espécies encontradas em território paranaense, e descritas pelo autor são:

Filo BRACHIOPODA Duméril, 1806

Sub-filo RHYNCHONELLIFORMEA Williams *et al.*, 1996

Classe RHYNCHONELLATA Williams *et al.*, 1996

Ordem SPIRIFERIDA Waagen, 1883

Superfamília SPIRIFERACEA King, 1846

Família DELTHYRIDIDAE Waagen, 1883

Gênero AUSTRALOSPIRIFER Caster, 1939

A. iheringi Kayser, 1897

A. parana Clarke, 1913

ESPÉCIES

A. contrarius Clarke, 1913

A. kayserianus Clarke, 1913

A. antarcticus Morris and Sharpe, 1946

TABELA 1 - RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS MORGOLÓGICAS DESCRITAS POR CLARKE (1913)

	<i>A. iheringi</i>	<i>A. paraná</i>	<i>A. contrarius</i>	<i>A. kayserianus</i>	<i>A. antarcticus</i>
Largura / comprimento	0.55	0,48	0,27		
Grau de inflação	Inflada			Deprimida	
Plicas	5+1(1+1)	3+1	5+1	5+1	7+2
Espaçamento entre plicas	Proporciona à plica		Largo e baixo	Pouco menor que a plica	
Ângulo entre plicas	Arredondada	Arredondada	Angular	Arredondada	
Dobra mediana	Curta e baixa	Arredondada e baixa	Curta e alta	Baixa	Baixa
Sulco mediano	Curto, baixo e plano	Arredondado e baixo		Baixo	Baixo
Ângulo Cardinal	Não-mucronado			Não-mucronado, raramente mucronado	
Linha de charneira / valva	Valva maior	Linha de charneira maior		Proporcional	Linha de charneira maior
Aspecto fimbriado		Presente na fase jovem		Presente na fase juvenil	

FONTE: modificado de Cerri (2013)

2.3. CONCEITOS DE TAFONOMIA BÁSICA

Os indícios de vida preservados em rochas são chamadas de fósseis, termo em latim que significa extraído da terra (= *fossilis*). Para ser considerado fóssil, o organismo deve ter no mínimo 11000 anos, sendo os mais recentes chamados de

subfósseis. Essas preservações se dão por modo de restos ou vestígios (Cassab, 2010).

A fossilização de partes do organismo é chamado de resto. A preservação das partes moles, como peles e músculos, são extremamente raras, necessitando de condições excepcionais. Exemplo dessa preservação são os fósseis do folhelho de Burgess (Canadá). Outra forma de fossilização de partes moles pode ser por preservação em âmbar e mumificação. As partes duras como conchas, dentes e ossos, são estruturas biomineralizadas portanto mais fáceis de preservar (Cassab, 2010).

Cassab (op. cit.) classifica 5 tipos de fossilização para das partes duras, denominadas: incrustação, ou seja, cristalização de minerais na superfície revestindo o organismo; permineralização, que é o preenchimento de poros ou cavidades por algum mineral; recristalização, onde ocorre a modificação da estrutura cristalina do mineral original, mantendo a mesma composição química; substituição, quando o mineral original que constitui o organismo é substituído por outro; e carbonificação, que ocorre pela perda gradual de elementos voláteis, restando apenas o Carbono original do organismo.

Denomina-se vestígios quando somente as evidências de um organismo ou de suas atividades são preservadas. Citam-se como exemplos os moldes, coprólitos, marcas de pegadas (Cassab, 2010). Para Holz & Simões (2002), os moldes são formados pelo preenchimento de espaços vazios por sedimentos, seguido da dissolução das partes duras, mantendo a impressão física desse organismo na matriz da rocha. Os moldes internos (convexos) conservam a morfologia interna como músculos, e os moldes externos (côncavos) preservam as ornamentações externas da estrutura. Se durante a dissolução o espaço for preenchido por algum mineral preservando a forma original, a estrutura gerada é denominada contra-molde (FIGURA 12).

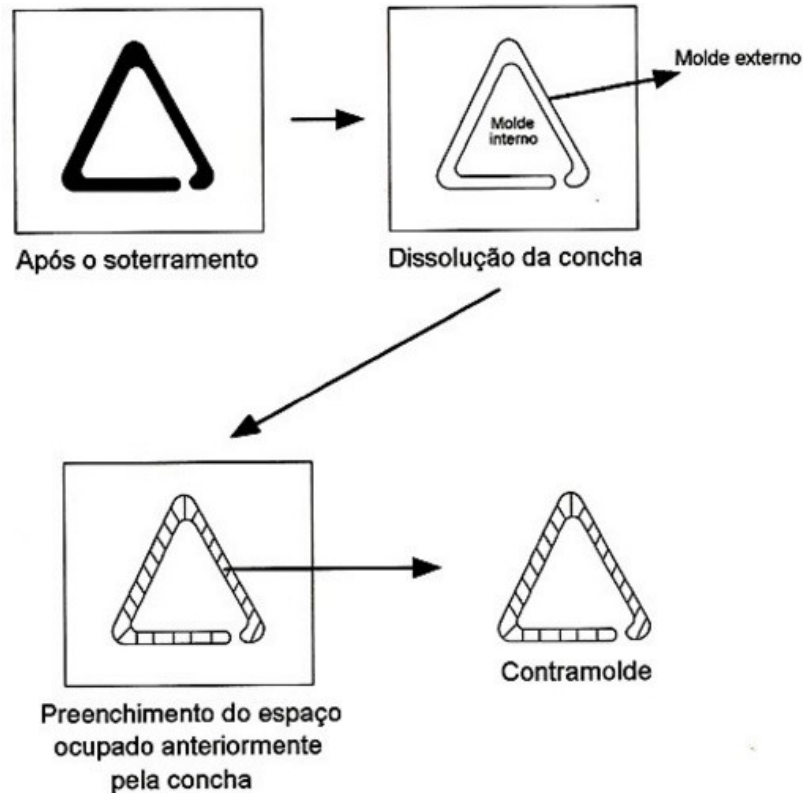


FIGURA 12 – Desenho esquemático do processo de formação de molde e contra-molde em uma concha (Cassab, 2010)

Ciência paralela à paleontologia, a tafonomia (do grego: *tafos*= sepultamento; *nomos*= leis) é o estudo das leis de transição do resto orgânico da biosfera para a litosfera (Holz & Simões, 2002). Segundo os autores, o termo foi proposto pelo alemão Efremov, em 1940, conhecido como pai da tafonomia, embora a curiosidade a respeito dos fósseis e como estes aparecem preservados nas rochas, datem da Grécia antiga. O pensamento tafonômico evoluiu juntamente a outras ciências e crenças até o conhecimento atual, dito como tafonomia moderna, que é baseada nos processos de preservação e história do registro fóssilífero. A tafonomia engloba a bioestratigrafia, ou seja, a história sedimentar de um organismo até o soterramento, e a fossilização, processo responsável pela alteração dos restos esqueléticos após o soterramento.

Holz & Simões (2002) e Simões *et al.* (2010) relatam que para compreender as leis tafonômicas é preciso entender que os restos orgânicos se comportam como partículas sedimentares, e portanto são sujeitas aos mesmos processos. Os autores citam que Seilacher, em 1970, propôs inicialmente esses ideais, e também definiu alguns dos termos empregados em tafonomia que correspondem às etapas do

processo de fossilização. Os conceitos introduzidos por Seilacher (1970), segundo Holz e Simões (2002) são: biocenose (retrato da vida) que compreende os organismos que formará a assembleia fóssil; tafocenose (retrato da morte) são os restos orgânicos soterrados, a fase entre a pós-morte e pré-soterramento final é denominada de tanatocenose; a concentração fossilífera é denominada orictocenose (FIGURA 13).

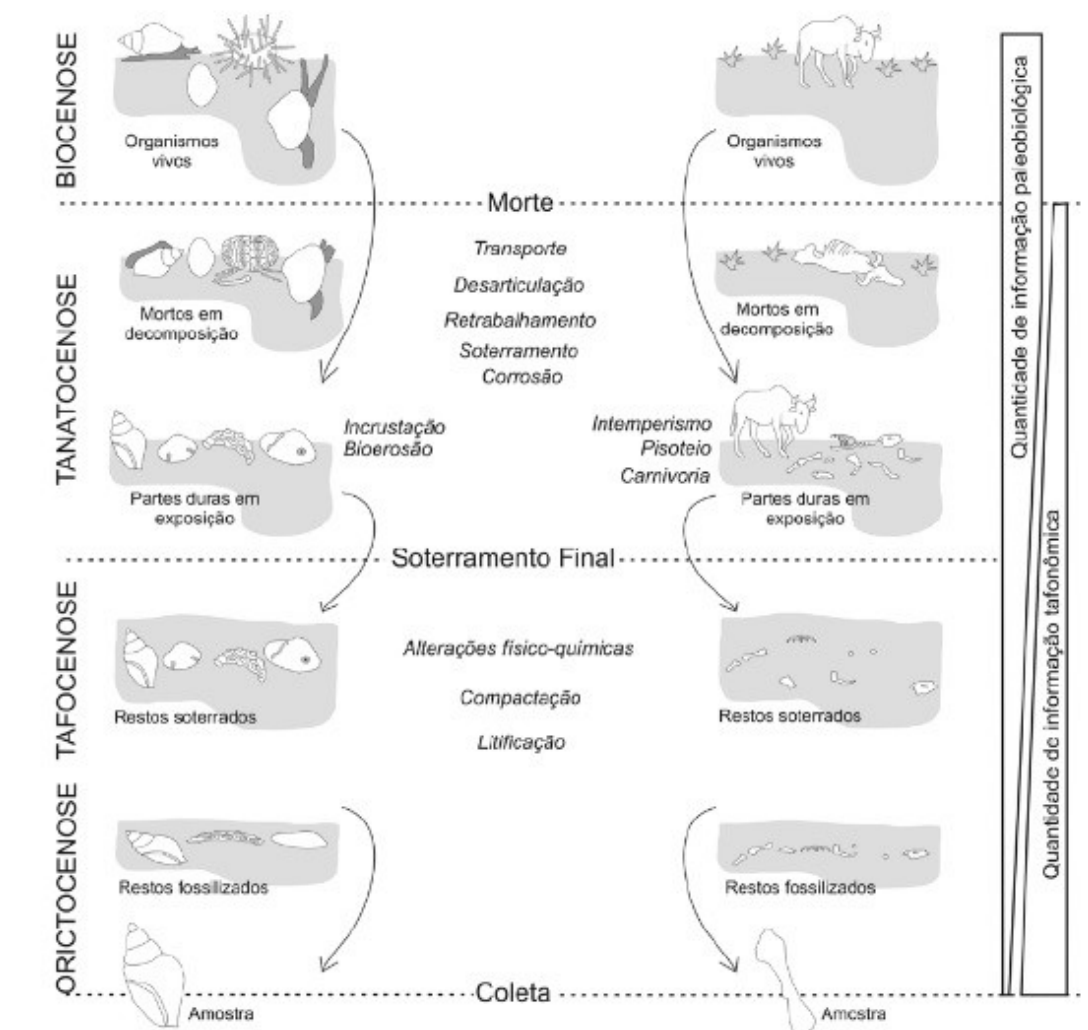


FIGURA 13 - Principais etapas do processo de fossilização desde a biocenose até a orictocenose (Simões *et al.*,2010)

Todos os processos que ocorrem durante a vida do organismo, bem como sua interação com os demais e com o ambiente, é objeto de estudo da Paleoecologia (FIGURA 14). Após a morte, todos os processos que envolvem a formação do fóssil

são objeto de estudo da Tafonomia. Esses processos envolvem a morte, necrólise, desarticulação, transporte, soterramento e retrabalhamento (Bioestratinomia), e os processos pós-soterramento, como diagênese (Fossildiagênese). Já abordando a área Tectônica, pode ocorrer o soerguimento desses estratos (Holz & Simões, 2002).

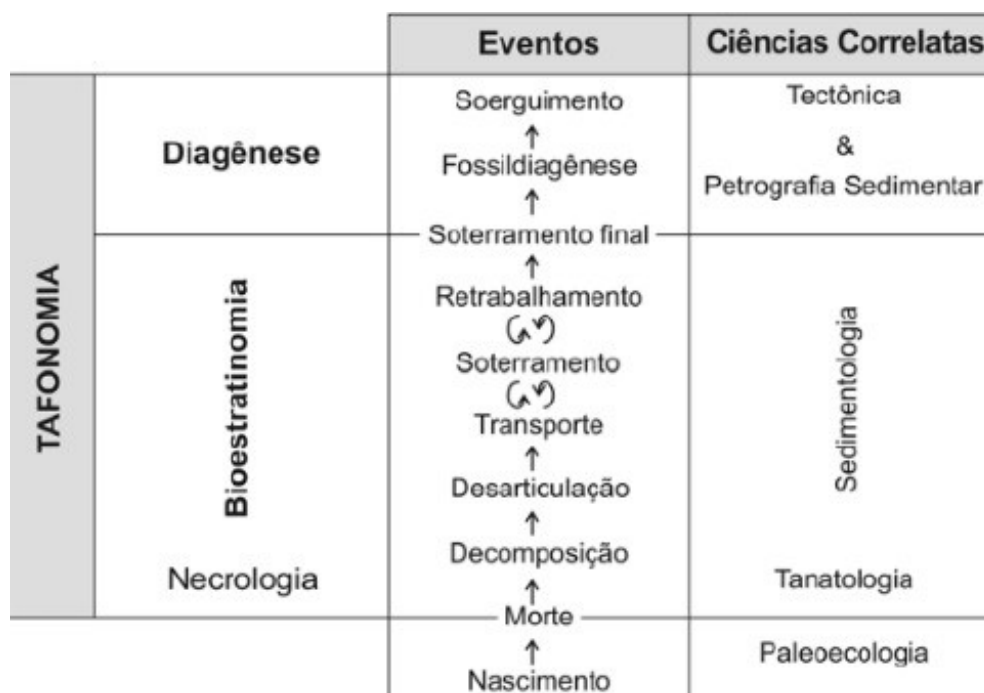


FIGURA 14 – Divisões do estudo tafonômico e ciências correlatas (Holz & Simões 2002, modificado por Simões *et al.*, 2010)

A morte é a primeira etapa da história tafonômica, e muitas vezes o interesse é na *causa mortis* do indivíduo, sendo as mais comuns aquelas causadas por doenças, predações e acidentes. Existem dois tipos de morte, a morte seletiva, que afeta os indivíduos menos capacitados, característica comum aos mais jovens e velhos, resultando em um tratamento estatístico bimodal. Já a morte não-seletiva ou catastrófica é referente a grandes eventos que causem a morte da população, indistintamente da idade, cuja estatística revela uma distribuição que reflete quase que fielmente a biocenose (Holz & Simões, 2002).

A necrólise trata da decomposição dos tecidos moles. É um importante fator a ser considerado, pois indica a velocidade de putrefação desses tecidos após a morte, permitindo interpretar se houve soterramento rápido quando conchas são preservadas articuladas, por exemplo, visto que o tecido de ligamento entre as valvas não foi necrosado a fim de separar as mesmas. A necrólise é resultado dos

processos químicos por ação de bactérias exógenas e endógenas tanto em ambientes aeróbicos como anaeróbicos (Holz & Simões, 2002).

Para Holz & Simões (op. cit.), o somatório dos processos bioestratigráficos e o tempo de exposição após a morte são refletidas no registro fossilífero, pois antes do soterramento os organismos ficam suscetíveis ao transporte, reorientação, fragmentação e corrosão. A desarticulação é iniciada juntamente à necrólise, indica o tempo de exposição e intensidade do transporte, e depende da anatomia do indivíduo. Em cada grupo de invertebrados, a desarticulação ocorre de modo diferente, e comumente diminui em ambientes de menor energia.

De forma análoga aos sedimentos, os restos orgânicos são transportados por agentes, sendo o mais comum, neste caso, a água. O esqueleto em desarticulação configura a área-fonte e, conforme aumenta a distância, menores são os elementos corporais e estes apresentam sinais mais evidentes de abrasão e fragmentação (Holz & Simões, 2002). Segundo os autores, a disposição dos fósseis e das estruturas sedimentares sindeposicionais permitem interpretar o regime de fluxo unidirecional, oscilatório, ou ambos, atuando no ambiente. A fragmentação age de diferentes formas; por exemplo, ossos e dentes de um animal morto recentemente são mais resistentes que ossos fósseis ou pré-fossilizados uma vez que a elasticidade é diferente; no primeiro caso, ocorre quebra irregular, e no outro forma superfícies planas. Nos fundos oceânicos, correntes turbulentas suspendem conchas pequenas e leves, e por isso são menos fragmentadas que conchas mais pesadas atritadas ao fundo. As feições de desgaste dependem do ambiente e grau de energia que o resto orgânico está exposto. Em ambientes de alta energia, com sedimentação de areia mal selecionada, predomina a abrasão mecânica (principalmente no desgaste de conchas preferencialmente nas feições proeminentes como umbo); já ambientes de águas mais profundas, de fundo argiloso predomina bioerosão (causada por organismos perfuradores) e a dissolução (ação de águas intersticiais, insaturadas em carbonato ou de pH baixo). Esses fatores indicam o tempo de exposição na interface água/sedimento, e não necessariamente atuam da mesma forma no todos os ambientes aquáticos (Holz & Simões, 2002).

A transformação de sedimentos em rocha sedimentar ocorre devido aos processos diagenéticos por mecanismos de compactação e cimentação, e compreende a eodigenênese, metadiagenese e telodiagenese. As mudanças físico-químicas que atuam nesse processo influenciam os restos orgânicos presentes, resultando na fossilização que pode causar a preservação total, ou a preservação com ou sem alteração do organismo (Holz & Simões, 2002).

As modificações impostas durante a diagênese, por exemplo a carga de peso durante a compactação possibilita modificações das feições morfológicas, requerendo cuidados durante a análise, principalmente de invertebrados cujos táxons muitas vezes são distinguidos por caracteres morfométricos (Holz & Simões, 2002). Segundo Simões *et al.* (2010), o termo tafotáxon, proposto por Lucas em 2001, é utilizado para espécies definidas por esses caracteres modificados durante a fossilização.

Cerri (2013) aponta que alguns fósseis da Fm. Ponta Grossa como os gêneros *Australospirifer*, *Schuchertella* e *Derbyina* possuem suas características morfológicas alteradas no processo de fossilização, configurando tafotáxons.

No estudo tafonômico três parâmetros devem ser levados em consideração: completude, mistura temporal e mistura espacial. A completude é a representatividade de um táxon no registro, e depende da morfologia dos organismos. Mistura temporal (*time averaging*), como o próprio nome diz, são sedimentos de diferentes idades misturados, esse processo se dá em decorrência do retrabalhamento do substrato pela ação de agentes hidráulicos. A mistura espacial é referente a organismos de diferentes ambientes preservados juntos; morfologia e hábito de vida são características que influenciam nesse parâmetro, uma vez que uma concha pode ser altamente transportada e um icnofóssil (pista) é preservado *in situ* (Simões *et al.*, 2010).

Holz & Simoes (2002) comentam que nos sistemas continentais e marinhos são registrados os eventos de grande magnitude, influenciando no registro fóssil. Em uma tempestade, com mudança no nível do mar, que cause a erosão do substrato nas localidades de águas rasas, resulta na exumação da infauna, misturando conchas articuladas fechadas e abertas fora da posição de vida, causando mistura temporal; enquanto que nas regiões mais profundas, os sedimentos finos, ao saírem

do regime de suspensão, tem alta taxa de soterramento, preservando os animais em posição de vida e forma os chamados depósitos *obrution*. Os autores citam que Rocha-Campos (1994), Aneli e colaboradores (1998) observaram situações semelhantes na Formação Rio do Sul (Eopermiano) e Formação Ponta Grossa (Devoniano) da Bacia do Paraná, respectivamente.

Holz & Simões (2002) descrevem outras características que deve-se levar em consideração na análise tafonômica, como as feições sedimentológicas que incluem o grau de empacotamento, seleção, orientação em planta e perfil; feições estratigráficas que determinam a geometria do registro; e feições paleoambientais que estuda a concentração da assembleia fossilífera e sua relação com o meio. A análise dessas feições possibilitam definir melhor a história tafonômica, principalmente a atuação do componente hidráulico.

Os processos tafonômicos preservam os organismos, e por vezes dão indícios da interação desse indivíduo com o meio em que habita, por exemplo uma preservação em posição de vida, ou um coprólito que pode permitir inferências sobre a dieta do animal. Essa relação com o meio físico compreende o campo da paleoecologia e permite entender como era a vida em tempos passados (Holz & Simões, 2002).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Os fósseis analisados neste trabalho encontram-se tombados no Laboratório de Paleontologia do Setor de Ciências da Terra (LabPaleo) da UFPR. Foram coletados ao longo dos anos, durante aulas de campo da disciplina de Paleontologia e eventualmente em campanhas de coleta.

A primeira etapa, pós levantamento bibliográfico, consistiu na separação das amostras através da triagem das gavetas, selecionando fósseis de braquiópodes Spiriferida coletados no Estado do Paraná, buscando as informações contida no livro-tombo do laboratório. Outros dados adquiridos nesse processo foram a unidade litoestratigráfica à qual o material foi coletado, data de registro e data de coleta.

Em seguida o material foi separado por localidade de coleta. Verificou-se que são distribuídos em 6 afloramentos paranaenses, incluindo as amostras de localidade incerta, cujo registro no livro-tombo afirma serem do Paraná.

Em poucas amostras foi necessário realizar preparação mecânica, com finalidade de expôr melhor o fóssil, e para tanto foi utilizado um pequeno cinzel e canivete. Algumas amostras foram mantidas com parte encoberta devido ao risco de danificar o material. A preparação ocorreu concomitantemente à análise dos fósseis.

A análise de cada amostra seguiu três etapas. Na primeira, verificou-se as características gerais da peça, como NR (número de registro) no LabPaleo, localização, o estado do material (isolado ou na matriz rochosa), quando em matriz, características petrográficas, e quantidade de fósseis.

A segunda etapa corresponde à caracterização dos aspectos tafonomicos, onde se analisou o tipo de fossilização, o que foi preservado e grau de preservação, além da ocorrência de outros táxons associados.

A terceira etapa correspondeu à análise morfológica, iniciada pelo dimensionamento do fóssil, medindo a largura (distancia entre extremidades laterais) e comprimento (distancia da região posterior e anterior), a análise da porção posterior, seguida da porção anterior e ornamentações. As medidas foram feitas com auxílio de escalímetro (escala 1:100), portanto todas as medidas adquiridas são aproximadas. Na porção posterior, quando presentes, foram descritos a dimensão e

ângulo da área cardinal, relação do plano axial e linha de comissura, presença de dentes e fossetas dentárias, preservação das cicatrizes musculares, descrição do umbo, processo cardinal, deltírio e nototírio. Na porção anterior foram caracterizadas as dobras e sulcos medianos, e eventualmente as plicas. Como ornamentação a distribuição e padrão das costelas, linhas de crescimento, e outras características observadas.

A TABELA 2 apresenta os dados obtidos pelo livro-tombo e características gerais para cada amostra analisada.

Nas amostras estudadas, nota-se que o padrão das plicas é o mesmo das costelas, desse modo quando as plicas não eram visíveis a análise foi baseada nas costelas.

TABELA 2 – FÓSSEIS ANALISADOS (considerações gerais observadas em cada amostra analisada neste trabalho, incluindo parte dos resultados obtidos. As abreviações v.p. são referentes à valva pedicular, e v.b. referentes a valva braquial

NR	LOCAL DE COLETA	MATRIZ ROCHOSA	FOSSILIZAÇÃO	PRESERVAÇÃO
743	Paraná	Arenito	Molde interno da v.p.	Material fragmentado
747	Paraná	Isolado com vestígios de folhelho	Molde interno da v.p.	Desarticulado, fragmentado
749	Paraná	Isolado	Molde das duas valvas, substituição parcial da concha	Articulado, fragmentado, recoberto por carapaça
754	Tibagi	Folhelho	Molde interno a v.p.	Material fragmentado com película ferruginosa
761	Tibagi	Isolado	Molde interno das duas valvas	Molde formado por arenito. Articulado, fragmentado
763	Tibagi	Isolado	Molde interno das duas valvas	Molde formado por arenito. Articulado, fragmentado por manuseio
764	Tibagi	Isolado	Molde interno das duas valvas	Molde formado por arenito. Valvas articuladas. Material deformado
4466	Tibagi	Arenito	Molde externo das duas valvas	Diversos moldes articulados, fragmentados, bordas não preservadas. Presença de moldes de conchas não identificadas

748	Ponta Grossa	Folhelho	Molde externo da v.p.	Sem indícios de fragmentação ou articulação
3427	Ponta Grossa	Isolado	Molde das valvas com substituição parcial da concha	Material fragmentado
6813	Aeroporto Sant'Anna	Isolado	Molde da v.b. com substituição parcial da concha	Material fragmentado de baixa qualidade de preservação
6814	Aeroporto Sant'Anna	Isolado	Molde das duas valvas, substituição parcial da concha	Material articulado, pouco fragmentado
6815	Aeroporto Sant'Anna	Isolado	Molde da v.p., substituição parcial da concha	Material fragmentado com indícios de valvas articuladas
7756 A B	Aeroporto Sant'Anna	Argilito	A - molde interno da v.p. B - molde externo da v.p.	Fragmentado. Outro fóssil preservado por carbonificação, provavelmente lingula ou orbiculoide
7981	Aeroporto Sant'Anna	Folhelho	Molde externo v.b.	Material fragmentado
6322 A B	Rio Caniú	Folhelho	A - molde interno da v.p. B - molde externo da v.p.	Material fragmentado com baixa qualidade de preservação
739	Jaguariaíva	Folhelho	Molde externo da v.p.	Material fragmentado. Película acastanhada evidenciando ornamentações finas
741	Jaguariaíva	Argilito	Molde externo da v.b.	Região posterior não preservada. Baixa qualidade de fossilização
742	Jaguariaíva	Folhelho	Molde interno da v.b.	Material fragmentado, presença de película cinza escura, linhas de crescimento incipiente. Fóssil de outro braquiópode associado
753	Jaguariaíva	Isolado	Molde interno da v.b. e parte da v.p.	Material articulado, fragmentado
759	Jaguariaíva	Folhelho	Molde interno da v.b.	Material fragmentado com bordas ausentes, presença de película cinza escura. Outro fóssil associados (provavelmente crinoide)
1776	Jaguariaíva	Siltito	Molde interno da v.p.	Baixa qualidade de preservação com várias estruturas "apagadas" e fraturadas
1808	Jaguariaíva	Folhelho	Molde interno da v.p.; molde externo da v.p.;	Material varia de completo a altamente fragmentado. Presença de fósseis de

			molde não identificado	braquiópodes diversos.
1830	Jaguariaíva	Folhelho	Molde interno da v.p.	Material fragmentado. Presença de uma película cor avermelhada
2712 A	Jaguariaíva	Folhelho	Molde interno da v.b.	Material fragmentado
2712 B	Jaguariaíva	Folhelho	Molde externo da v.b.	Material fragmentado com bordas não preservadas
2964 A	Jaguariaíva	Arenito	Molde interno das duas valvas	Material articulado visível somente a porção posterior. Moldes de conchas fósseis diversas associadas
2964 B	Jaguariaíva	Arenito	Molde interno da v.p.	5 exemplares articulados e fragmentados. Moldes de conchas fósseis diversas associadas
2964 C	Jaguariaíva	Arenito	Molde interno da v.p.; molde externo da v.p.	Exemplares fragmentados, provavelmente articulados. Moldes de conchas fósseis diversas associadas
3307	Jaguariaíva	Folhelho	Molde externo da v.p.	Material fragmentado com baixa qualidade de preservação. Fósseis de braquiópodes diversos associados
3693	Jaguariaíva	Folhelho	Molde externo da v.b.	Material fragmentado com indícios de articulação. Baixa qualidade de preservação. Fóssil indeterminado associado
5646	Jaguariaíva	Folhelho	Molde interno da v.b.	Material fragmentado com baixa qualidade de preservação. Presença de película cor acastanhada
5647	Jaguariaíva	Folhelho	Molde interno da v.p.	Material fragmentado com baixa qualidade de preservação. Presença de película cor acastanhada. Fragmento de fóssil preservado por carbonificação associado (não identificado)
5834	Jaguariaíva	Matriz arroxeadada (concreção?)	Molde externo da v.b.	Material fragmentado. Presença de película cor cinza escura. Linhas de crescimento incipiente. Outros fósseis associados
5883	Jaguariaíva	Matriz arroxeadada (concreção?)	Molde interno v.b.	Material fragmentado. Presença de película cor cinza escura. Linhas de crescimento incipiente preferencialmente nas bordas.
5884	Jaguariaíva	Matriz arroxeadada (concreção?)	Molde interno da v.p.	Parte do material encoberto. Presença de película alaranjada que realça a ornamentações finas.
5888 A B	Jaguariaíva	A – Folhelho B - isolado	A – molde externo da v.b.	Material fraturado de baixa qualidade de preservação envolto por película alaranjada de alteração. Amostra A com

			B – molde interno da v.b.	diversas estruturas apagadas.
5975 A	Jaguariaíva	Matriz arroxeadada (concreção?)	Molde interno da v.p.; molde externo da v.p.	Material fragmentado. Outros fósseis associados como de outros braquiópodes e crinoides ou tentaculitoides
5975 B	Jaguariaíva	Isolado	Molde das duas valvas	Material fragmentado, articulado e deformado. Presença de cristais de pirita
5975 C	Jaguariaíva	Matriz arroxeadada (concreção?)	Molde externo da v.b.	Dois moldes, um deles inteiro e outro fragmentado. Cristais de pirita sobre o molde. Presença de linhas de crescimento, e ornamentação fina preferencialmente nas bordas. Outros fósseis associados como de outros braquiópodes e crinoides ou tentaculitoides
6012	Jaguariaíva	Folhelho	Molde interno da v.p. e parte da v.b.	Material fragmentado, com indícios de articulação. Baixa qualidade de preservação
6014	Jaguariaíva	Folhelho	Molde interno da v.p.	Material fragmentado com baixa qualidade de preservação
6039	Jaguariaíva	Folhelho	Molde interno da v.p.	Material fragmentado com indícios de articulação. Deformado. Presença de película alaranjada
6040	Jaguariaíva	Argilito	Molde interno da v.p.	Material fragmentado com baixa qualidade de preservação e diversas estruturas “apagadas”
6255	Jaguariaíva	Folhelho	Molde interno da v.b.	Material fragmentado. Presença de película acastanhada que evidencia a ornamentação fina que ocorre preferencialmente nas bordas. Fóssil não identificado associado
6465	Jaguariaíva	Isolado	Molde interno das duas valvas	Material fragmentado, articulado. Presença de uma película alaranjada
7360	Jaguariaíva	Folhelho	Molde interno da v.p.	Material fragmentado com bordas incompletas. Presença de película alaranjada

Todos os dados obtidos foram condensados em forma de tabela utilizando o programa LibreOffice Calc. Neste programa, também foram confeccionados gráficos.

Os dados obtidos nas etapas anteriores, além da observação das estampas de Spiriferida, auxiliaram na análise morfológica, sendo possível definir as prováveis espécies para algumas amostras

4. RESULTADOS

Durante o processo de triagem do material, foram selecionadas 50 amostras de Brachiopoda Spiriferida, que ocorrem de forma isolada ou na matriz rochosa. Como algumas amostras possuem mais de um indivíduo preservado, o total analisado é de 78 fósseis.

As amostras procedem de seis afloramentos diferentes, sendo 32 de Jaguariaíva, 6 do Aeroporto Sant'Anna, 5 de Tibagi, 3 do Paraná, 2 de Ponta Grossa e 2 do Rio Caniú. Observando a TABELA 3, nota-se que Jaguariaíva e Tibagi possuem algumas amostras com mais de um indivíduo.

Conforme o livro-tombo do LabPaleo, todas as amostras procedem da Formação Ponta Grossa, porém não é registrado de qual membro pertencem. A matriz rochosa das amostras é variada (FIGURA 15), composta por arenito de cor amarelada a acastanhada, os minerais presentes são quartzo e variáveis porcentagens de muscovita com granulação fina. Outra rocha presente é um folhelho com cor acinzentada levemente azulada/esverdeada, com muscovita de granulação fina normalmente em abundância, evidenciando a laminação incipiente. Argilitos e siltitos com estrutura maciça também estão presentes. Algumas amostras ocorrem em rocha cor cinza escuro a arroxeada, provavelmente uma concreção, com granulação muito fina e estrutura maciça. Nota-se a presença de cristais de muscovita e pirita, este ocorre de forma escassa e muitas vezes concentrado nos fósseis, ambos formam cristais de granulação fina. De modo geral, as rochas apresentam variados graus de alteração intempérica.

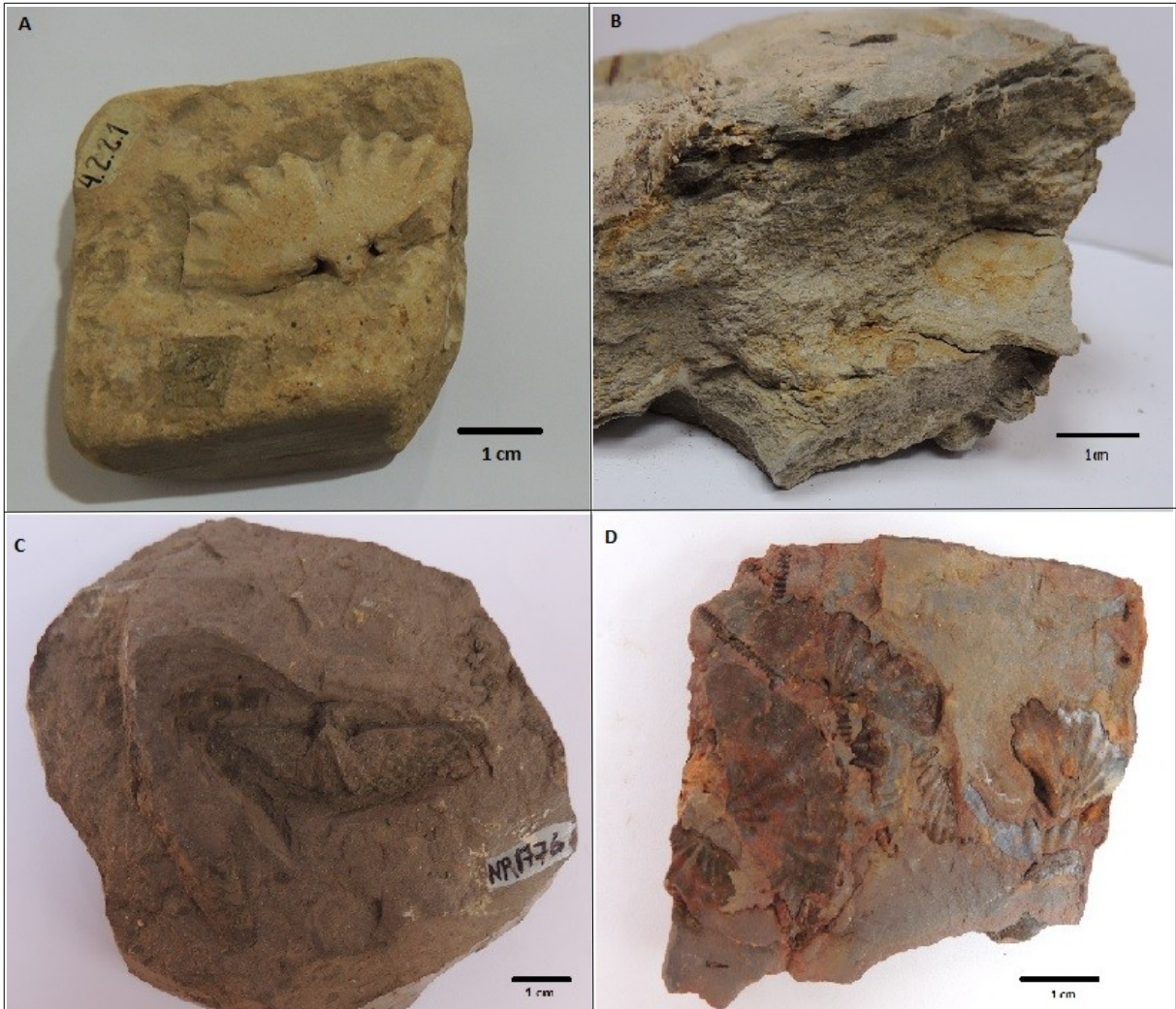


FIGURA 15 – Matrizes rochosas das amostras analisadas. (A) arenito amarelado e acastanhado NR 743; (B) folhelho acinzentado NR 7981; (C) argilito NR 1776; (D) provável concreção NR 5975 C.

Os materiais analisados caracterizam moldes dos organismos (Capítulo 2.3. Conceito de tafonomia básica). As amostras NR 749, NR 3427, NR 6813, NR 6814 e NR 6815 apresentam o molde recoberto por uma carapaça de cor cinza escura e diferentes espessuras (FIGURA 16), que pode ser interpretado como parte da concha fossilizada pelo processo da substituição gerando um contra-molde. As amostras NR 6815, NR749 apresentam evidências de molde constituído por arenito. As amostras NR 6815 e NR 3427, possuem as valvas articuladas parcialmente abertas com interior recoberto por sedimentos, indicando um soterramento rápido, porém não imediato.

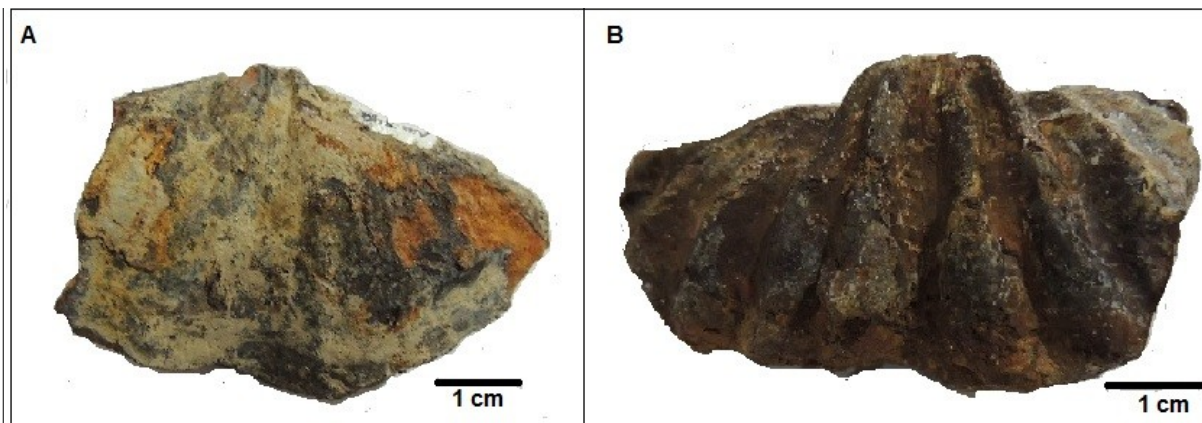


FIGURA 16 – Amostras com carapaça recobrimdo o molde. (A) NR 749 atentar ao detalhe do molde de arenito na extremidade direita; (B) NR 3427

Dos 78 exemplares, 26 são de moldes externos, 38 de molde internos, 5 amostras com valva provavelmente substituída, e 9 de material não identificado. Desses, 32 representam a valva pedicular, 18 a valva braquial, 2 provavelmente articuladas e 18 amostras articuladas, no qual 8 estão isoladas e 12 em meio a matriz.

Do total de 50 amostras, em 43 os fósseis estão fragmentados, cuja origem pode ser a evolução da tanatocenose ou durante a coleta e posterior manuseio. A TABELA 2 indica quais amostras estão fragmentadas.

O grau de fragmentação varia de pouco a muito fragmentado, no primeiro caso somente alguma extremidade quebrada, o que não influencia na análise do fóssil. Quando extremamente fragmentada resulta na ausência de grande parte do molde, dificultando a análise. Com relação aos exemplares incompletos, as medidas de comprimento e largura sugerem a proporção do molde, porém não representa a realidade.

TABELA 3 – TIPOS DE MOLDES PRESENTES NA COLEÇÃO E LOCAL ONDE FORAM COLETADOS. (Relação dos fósseis de Brachiopoda Spiriferida e localidades. Os campos mostram a quantidade de fósseis, qual tipo de molde e local onde coletado Os espaços vazios indicam a ausência dessas preservações na coleção do LabPaleo. Não foram contabilizadas as amostras não identificadas)

	Jaguariaíva	Tibagi	Aeroporto Sant'Anna	Paraná	Ponta Grossa	Rio Caniú
Molde externo da valva braquial	8		1			
Molde externo da valva pedicular	7		1		1	1
Molde interno da valva braquial	9					
Molde interno da valva pedicular	16	1	2	2 (1 delas é isolada)		1
Moldes articulados internos e externos	2 (matriz) 3 (isolado)	10 (7 externo, 3 internos)				
Concha com provável substituição			3	1	1	
Total de fósseis	45	11	6	3	2	2
Total de amostras	32	5	6	3	2	2

Entre o material estudado, três amostras apresentam sinais de deformação (FIGURA 17): a NR 6039 e NR 764 possuem a parte posterior e anterior comprimida, tornando os fósseis com padrão cilíndrico; a NR 5975 B compreende um molde interno articulado isolado com espessura semelhante a um fio de cabelo, indicando que a concha foi achatada.

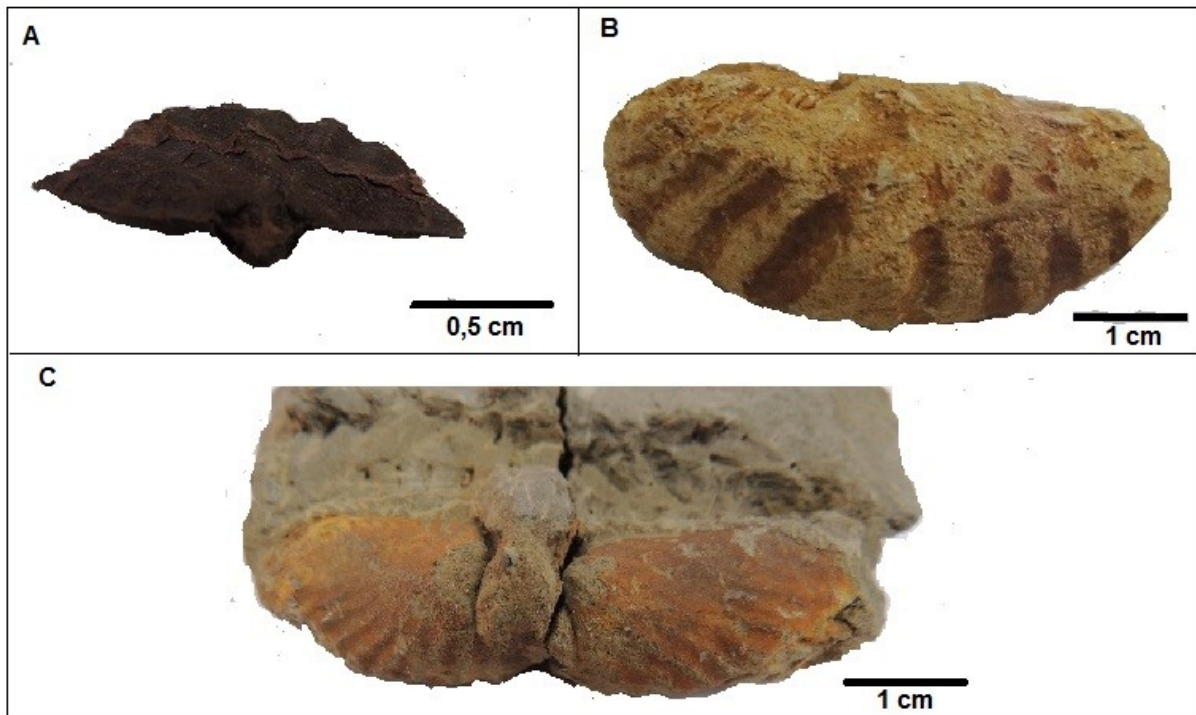


FIGURA 17 – Amostras deformadas. (A) NR 5975 B; (B) NR 764; (C) NR6039

A baixa qualidade de preservação é notada não só pela fragmentação e deformação do material mas também pela ausência de algumas estruturas essenciais na identificação do táxon. As amostras NR 3693, NR 5888 A, B, NR 6014, NR 1776, NR1808 (valva indeterminada), NR 5646, NR 6040, NR 7360, NR747 e NR754, possuem a superfície completamente lisas ou com costelas incipientes.

Sobre muitos moldes ocorre uma película, normalmente de cor acastanhada a alaranjada, como pode ser visto na TABELA 2. A película por vezes ressalta a ornamentação de finas linhas concêntricas algumas vezes cortada por finas linhas radiais, que ocorre em toda a extensão do molde mas é concentrado preferencialmente nas bordas (FIGURA 18). Essa ornamentação é observada somente nas amostras NR 739, NR 5834, NR 5883, NR 5884, NR 5975C, e NR 6255.



FIGURA 18 – Amostra NR 5883, com película cor acastanhada, onde pode ser observadas finas linhas concêntricas, com tons esbranquiçados cortadas por linha radial incipiente.

Diversos fósseis ocorrem associados à Spiriferida, entre eles moldes de diversos tipos de conchas de outros braquiópodes, crinoides, e um provável tentaculitoideo. Ainda preservados por carbonificação ocorrem fragmentos do que podem ser lingulas, orbiculoides, além de outros táxons não identificados. A relação das amostras e fósseis presentes está na TABELA 2.

As descrições sobre características morfológicas a seguir desconsidera as amostras altamente fraturadas ou de muito baixa qualidade de preservação. Dessa forma, para a identificação, foram consideradas as amostras NR 747, NR 748, NR 749, NR 1830, NR 2712A, NR 2964, NR 3427, NR 5834, NR 5883, NR 5884, NR 5975 AC, NR 6255, NR 6465, NR 6814, NR 6815, NR 7756 AB.

Com relação aos fósseis de Jaguariaíva (FIGURA 19), os moldes possuem dimensões bastante variadas. Na região posterior, nota-se o predomínio da linha de charneira maior que a extensão da concha, poucas são proporcionais, e a NR 6465 apresenta a linha de charneira menor. Com exceção da NR 2964 A, B e C que será discutida posteriormente, as amostras são de aspecto não mucronado, ou seja, ângulo cardinal arredondado. Nos moldes internos da valva pedicular, em poucas amostras é preservado o campo muscular na porção posterior, representado por finas ranhuras radiais na região do umbo, que por vezes tem a região central

abaulada que se estende até o sulco. Raramente pode ser observado o molde dos dentes. No molde interno da valva braquial quando preservado, o processo cardinal apresenta forma arredondada.

O número de costelas nos exemplares de Jaguariaíva não apresenta padrão definido, registrando de 3 até 7+2 costelas. São arredondadas, as vezes maiores no centro e diminuem conforme se aproximam da extremidade cardinal. O espaçamento entre elas costuma ser proporcional ou menores, sendo rasas a pouco profundas. A região mediana é marcada por um sulco ou dobra, conforme a valva, baixos e com tendência achatada, em forma de U suave. Algumas amostras preservam uma linha cortando toda a extensão da dobra mediana.

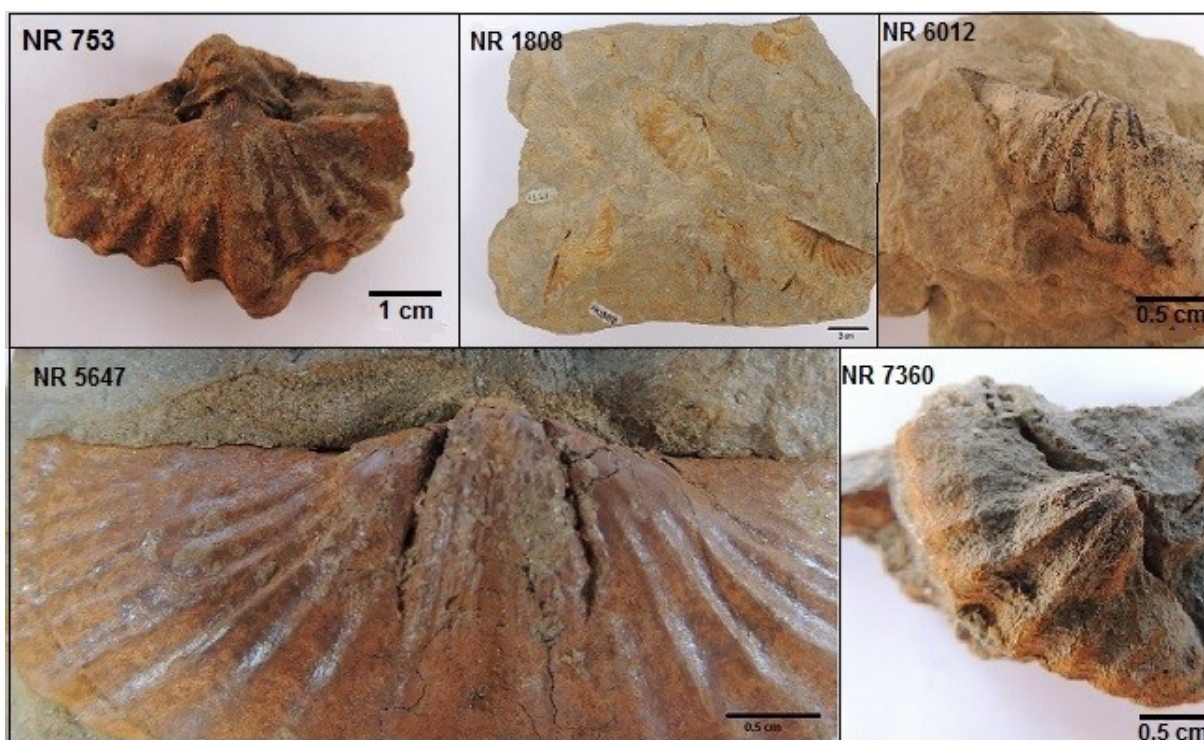


FIGURA 19 – Amostras de Jaguariaíva NR 753, NR 1808, NR 6012, NR 5647 e NR 7360.

O material decorrente do afloramento Sant'Anna (FIGURA 20), em parte, são amostras isoladas, cujo molde é recoberto por uma crosta de diferentes espessuras. Esses fósseis são encontrados em concreções. Os fósseis estão com concha articulada ou com indício de articulação, todos fragmentados. A razão largura comprimento varia entre 3,0 cm a 4,5 cm, as características de extremidade cardinal estão ausentes, com exceção da amostra NR 6814 que apresenta a linha de charneira proporcional a valva e é não mucronada, e preserva o molde dos dentes. A

amostra NR 6815 possui a região do umbo com forma de V. A amostra NR 6813 está bastante alterada e preserva poucas estruturas. Possuem em torno de 4 ou 5 costelas arredondadas, com espaçamento entre elas proporcionais a pouco menores. Dobra mediana é baixa e o sulco mediano é raso.

Outras amostras desse afloramento correspondem ao molde interno e externo da valva pedicular e o molde externo da valva braquial, todos fragmentados. Apesar da baixa qualidade de preservação, nota-se uma tendência ao aspecto não mucronado. O número de costelas do molde pedicular é 5+1, são arredondadas, com espaçamento proporcional, pouco profundo e diminui conforme se afasta do centro, possui sulco raso e com tendência plana. Na amostra da valva braquial são 4+1 costelas arredondadas com espaçamento proporcional e pouco profundo, a dobra é baixa com aparente forma de U, e em toda sua extensão é cortada por uma linha incipiente.

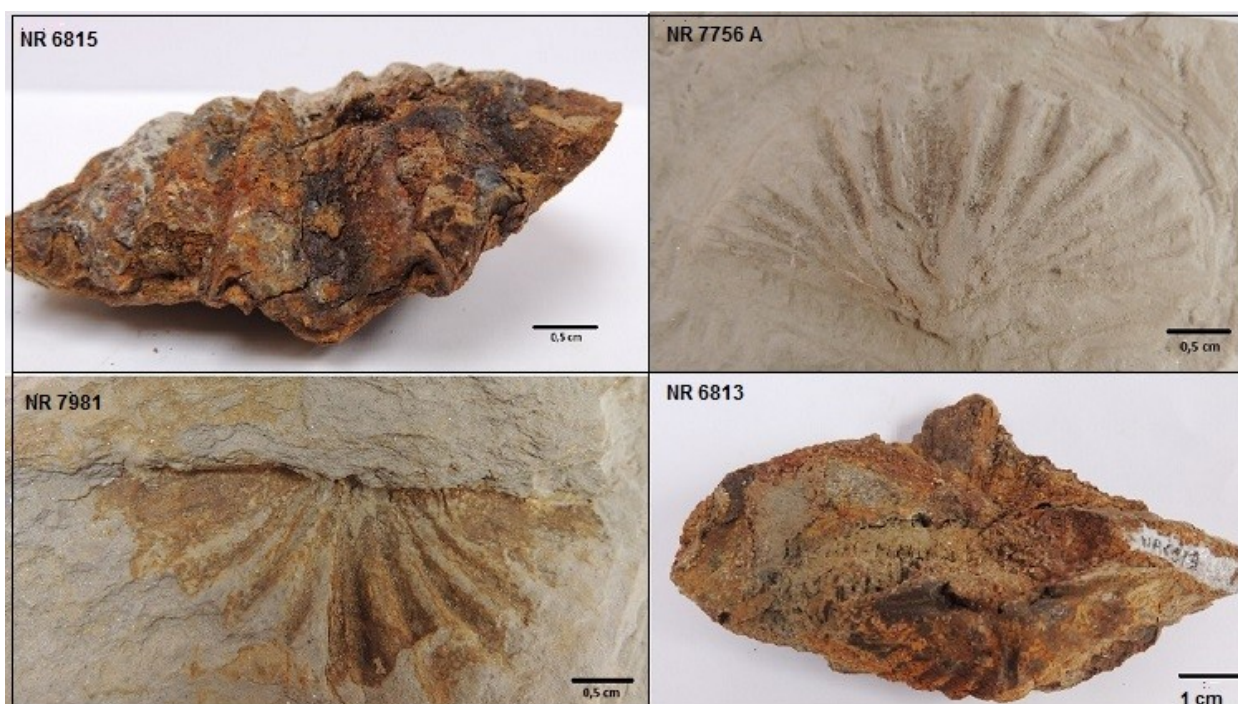


FIGURA 20 – Amostras do afloramento Aeroporto Sant'Anna NR 6815, NR 7756A, NR 7981, NR 6813.

As amostras de Tibagi (FIGURA 21) correspondem a moldes internos isoladas e na matriz, formadas por arenito acastanhado, com exceção da amostra NR 754, que é formada por folhelho. A NR 4466 será discutida posteriormente, portanto desconsideradas neste momento.

A razão largura/comprimento é em torno de 2,0 cm e 3,0 cm. Possuem aspecto não mucronado e, quando possível identificar a linha de charneira, esta tende a ser maior que a extensão da concha. As amostras NR 761 e NR 763 são apoclina. Em todas se observa o molde dos dentes. Raramente é preservado as marcas de inserção muscular. As amostras em arenito possuem padrão de costelas 4+1, são arredondadas com espaçamento entre elas proporcional à costela, e pouco profunda. A amostra em folhelho tem padrão 6+1, são arredondadas com espaçamento raso e pouco maior que a costela. Nas amostras de Tibagi, dobra e sulco mediano são bastante variados, de baixa a alta, rasa a profunda, mas todas apresentam forma de U, sendo a amostras NR 761 em forma de U suave.

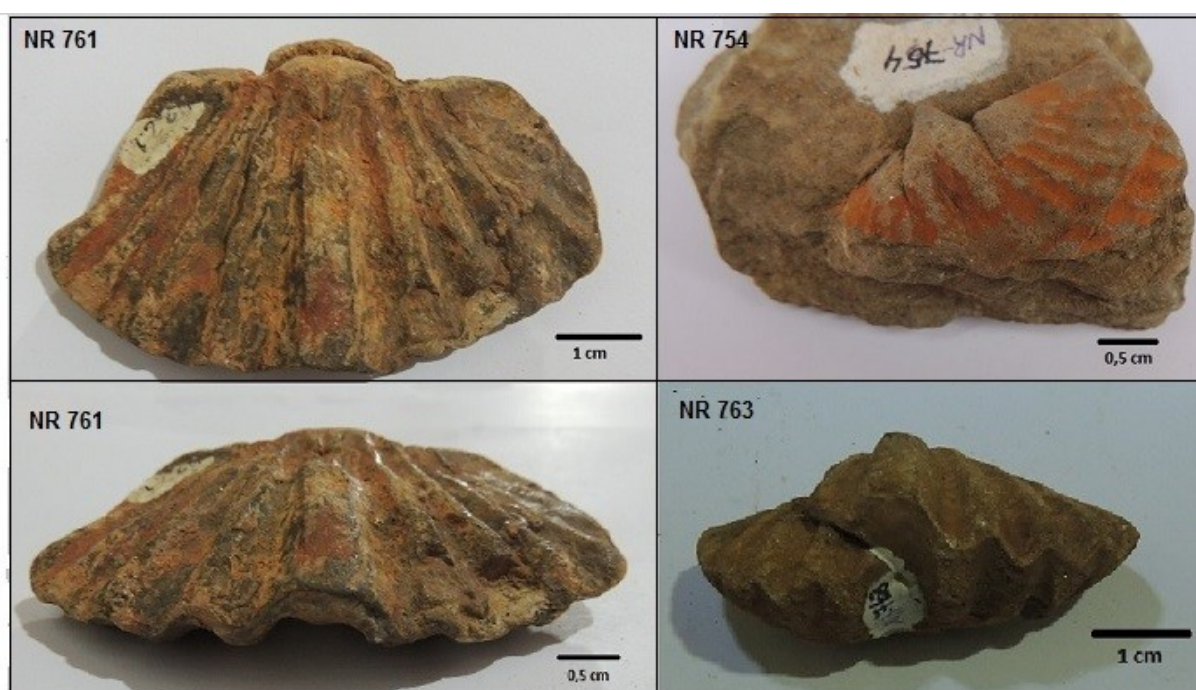


FIGURA 21 – Amostras de Tibagi NR 761, NR754, NR 761, NR763.

As amostras catalogadas como procedentes do Estado do Paraná (FIGURA 22) são bastante distintas entre si. A NR743 corresponde a um molde interno da valva pedicular preservada em arenito, possui valva maior que a linha de charneira, os moldes dos dentes são pequenos, 5+1 costelas arredondadas com espaçamento proporcional entre elas, o ângulo entre costelas aparenta formato triangular, possui sulco baixo e curto, e este surge do meio da valva.

As amostras NR 747 e NR 749 são de material isolado, sendo que a última apresenta a crosta mencionada anteriormente. A primeira apresenta linha de

charneira proporcional a extensão da valva, e a segunda possui a valva maior. Ambas são de tendência não mucronada, apresentam o molde dos dentes, e na região do umbo preserva o campo muscular com ranhuras incipientes. A NR 749 é apsáclina. O número de costelas também é bastante variado, sendo cerca de 4 e 7 costelas, mas de baixíssima qualidade. As dobras e sulco são baixos e rasos, com forma de U.

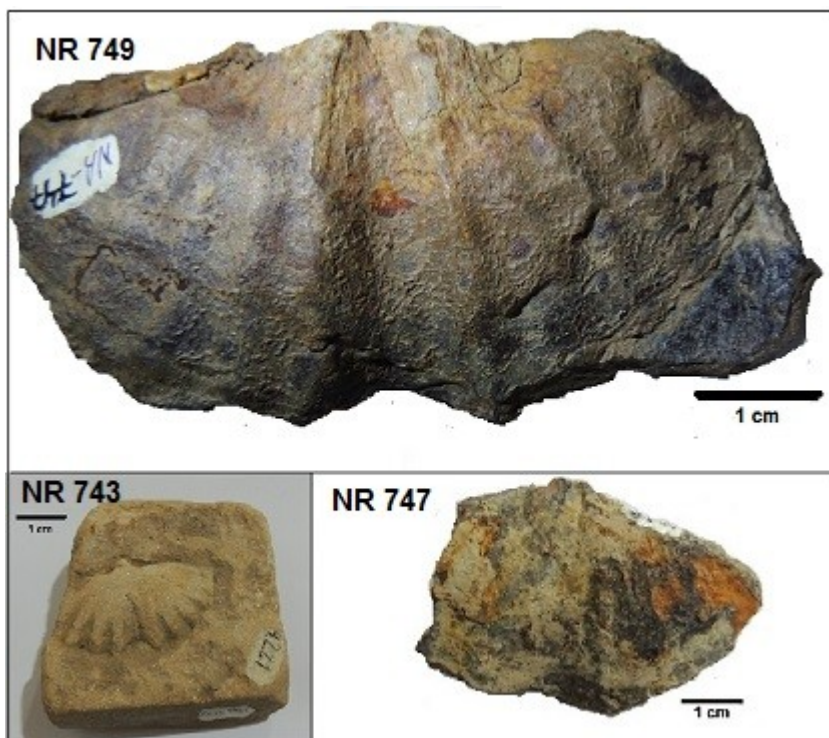


FIGURA 22 – Amostras Paraná NR 743, NR 747, NR749.

Procedentes de Ponta Grossa (FIGURA 23) são duas amostras, a NR 748 é um molde externo da valva pedicular, com pequenas dimensões, apresenta valva maior que a linha de charneira, não mucronada. O número de costelas é 5+1, são arredondadas, com espaçamento maior que as costelas. A NR 3427 tem o molde articulado envolvido pela crosta, valva e linha de charneira são proporcionais e de aspecto não mucronado. No umbo fragmentado preserva-se o campo muscular incipiente. Apresenta molde dos dentes, e evidências do processo cardinal. O padrão de costelas é 4+1, são arredondadas com espaçamento proporcional. Dobra baixa e sulco pouco profundo.

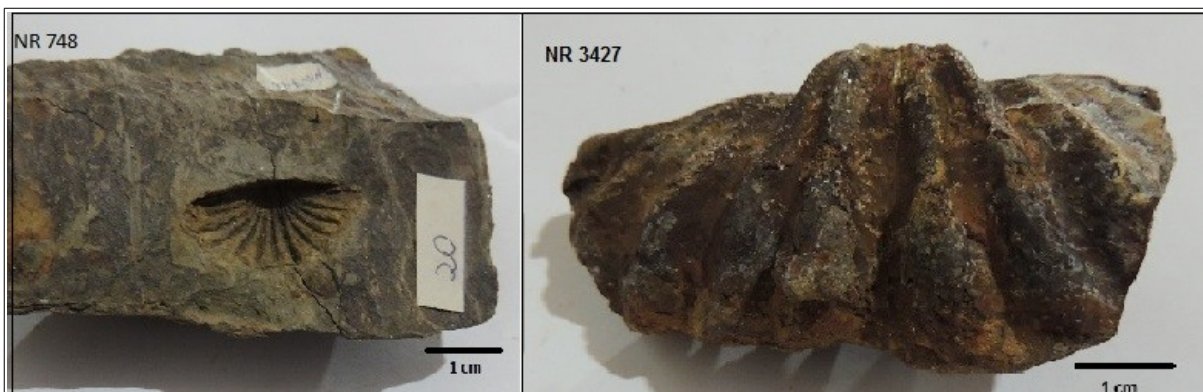


FIGURA 23 – Amostras de Ponta Grossa NR 748 e NR 3427.

As amostras do afloramento Rio Caniú (FIGURA 24) são interpretados como moldes de um mesmo indivíduo já que são complementares e se encaixam, correspondem ao molde interno e externo da valva pedicular. A razão largura/comprimento é de 2,4 cm, região posterior pouco preservada mas se observa uma tendência a ser não mucronada. O padrão de costelas é 4+1 arredondadas e com espaçamento proporcional. O sulco mediano é baixo, de tendência retilínea.



FIGURA 24 – Amostras do afloramento Rio Caniú NR 6322 AB.

Dentre o material estudado, 18 amostras ocorrem articuladas, o restante não apresenta indícios de articulação, sendo consideradas desarticuladas. As amostras articuladas (NR 749, NR 753, NR 761, NR 763, BR 764, NR 2964 ABC, NR 3427, NR 3693, NR 4466, NR 5888A, NR 5975B, NR 6012, NR 6039, NR 6465, NR 6814,

NR 6815) indicam soterramento rápido. Por apresentarem diferentes níveis de fragmentação, pode-se dizer que o soterramento não foi imediato, e portanto os organismos sofreram pouco transporte.

Quase a totalidade das amostras, encontram-se fragmentadas. As amostras NR 741, NR 743, NR 1808, NR 2712B, NR 3307, NR 3622, NR 6014 e NR 7981 apresentam as bordas das valvas ausentes, indicando maior tempo na interface água/sedimento, o desgaste mecânico nesta fase pode ser responsável pela falta de preservação não só das bordas, como das costelas na amostra NR 6014 (FIGURA 25). Amostras fragmentadas, desarticuladas indicam soterramento lento, com ação de organismos decompositores (FIGURA 25).

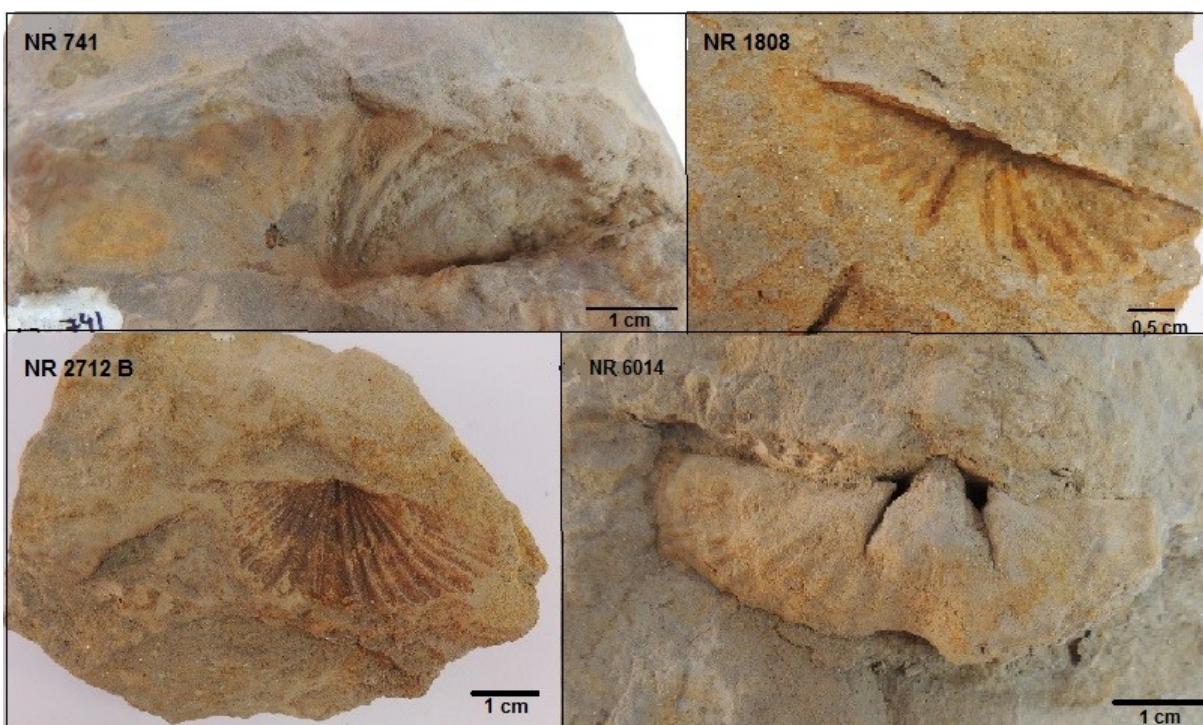


FIGURA 25 – Amostras com bordas ausentes NR 741, NR 1808, NR 2712B, NR6014.

As interpretações tafonômicas para as amostras analisadas serão apresentadas posteriormente.

5. DISCUSSÃO

O presente capítulo é dividido em dois tópicos. Primeiramente, será apresentada uma discussão a respeito dos fósseis os quais foram possíveis de se identificar a espécie. A outra etapa consiste na análise tafonômica, com enfoque para duas amostras, a NR 4466 de Tibagi e NR 2964 ABC de Jaguariaíva.

5.1. *Australospirifer* DO ACERVO DO LabPaleo

Clarke (1913) menciona sete espécies de Spiriferida austrais, sendo cinco deles encontrados em território paranaense. Esses espécimes diferenciam-se por características morfológicas, como pode ser observado na TABELA 1 (Cap. 2.2.2. Espécimes descritos por Clarke (1913)). Apesar de muitos autores afirmarem que essas características distintivas são questionáveis, neste tópico é apresentado possíveis espécies, de acordo com o que foi descrito por Clarke (1913), que estão presentes na coleção do LabPaleo.

A partir da análise morfológica, constatou-se que 23 amostras possuem dados suficientes para interpretação de possíveis espécies, as demais não foram passíveis de tal interpretação por apresentarem baixa qualidade de preservação.

O referido laboratório possui integrantes de todas as espécies citadas por Clarke (1913), com diversos níveis de confiabilidade da análise, resultado da deficiência de informação, e pelo fato de muitas das características distintivas serem diagnósticas a mais de uma espécie. O GRÁFICO 1 apresenta o número de amostras e espécies que foram interpretadas, nele não foram contabilizadas as 4 amostras com atributos dúbios.

Brachiopoda Spiriferida depositados no LabPaleo

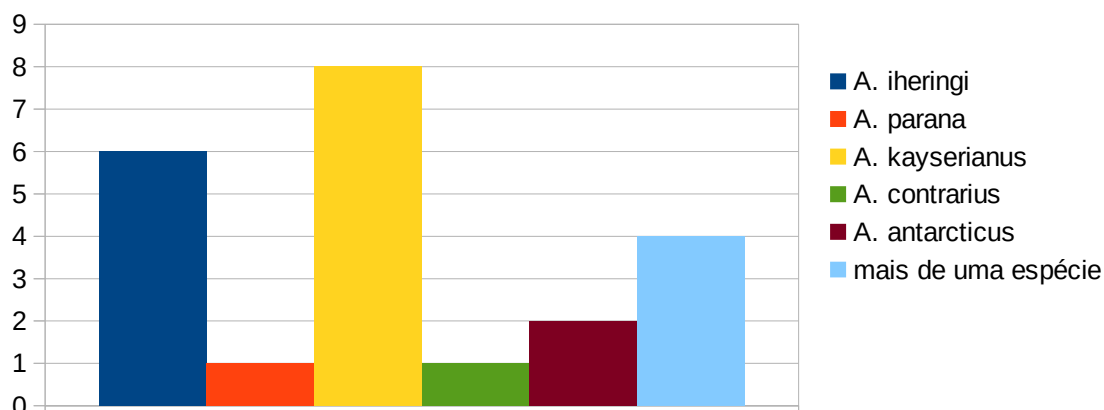


GRÁFICO 1 – Relação do número de amostras com espécies identificadas presentes na coleção do laboratório

O nível de confiança é um critério adotado neste trabalho com finalidade de qualificar melhor a interpretação, uma vez que muitos dados geram dúvidas ou estão ausentes. Amostras com mais de duas características distintivas dúbias são classificadas com baixo nível de confiança; duas características e baixa preservação são de nível moderado de confiança; quando possuem até duas características e a amostra está bem preservada, é classificada como de alto nível de confiança. A relação de amostras que atendem esses critérios pode ser observada na TABELA 4.

Clarke (1913) cita o *A. iheringi* com padrão de plica 5+1 (1+1), arredondadas e espaçamento entre costelas proporcionais, não mucronada, com linha de charneira menor que extensão da valva, dobra curta e baixa, sulco mediano curto, baixo e plano. As amostras interpretadas como dessa espécie (NR 6255, NR 5834, NR6465, NR 7756AB, NR 6814, NR 6322AB) (FIGURA 26) possuem as características citadas acima, as consideradas de nível moderado de confiança, possuem padrão 4+1, porém as costelas faltantes podem ser decorrentes da fragmentação.

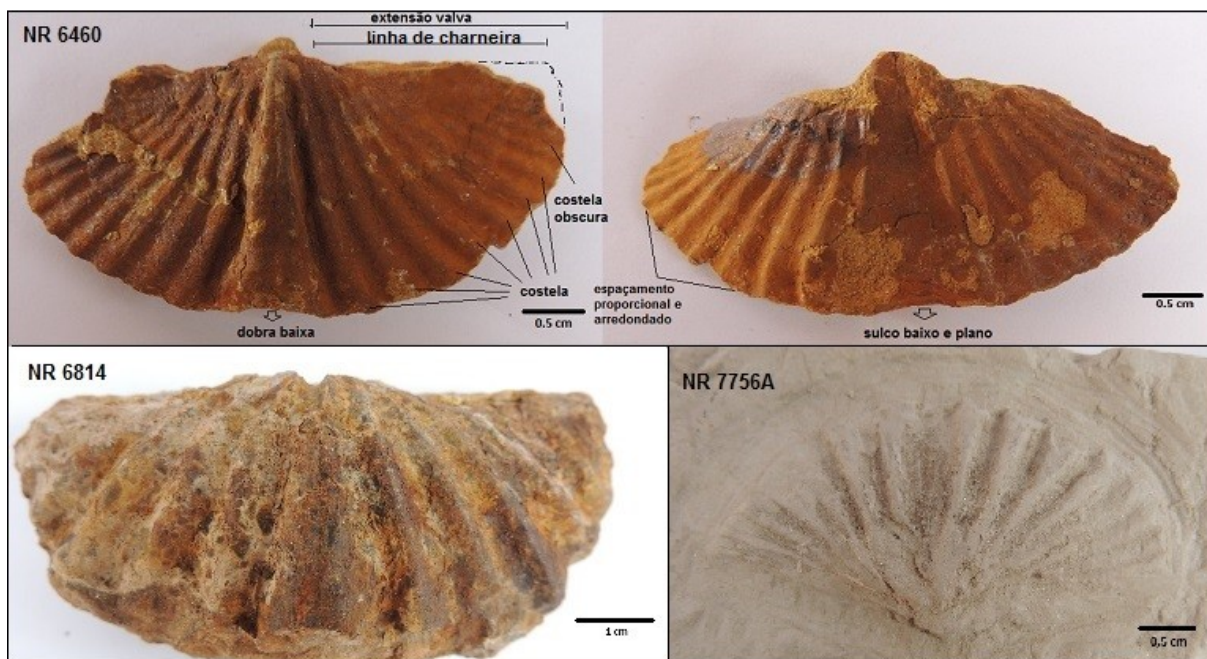


FIGURA 26 – Amostras classificadas como *A. iheringi* NR 6460, NR 6814, NR 7756A.

O *A. parana* de Clarke (1913) possui plicas 3+1, linha de charneira maior que a extensão da concha, dobra e sulco mediano baixo e arredondado. A amostra interpretada (FIGURA 27) como dessa espécie (NR 739) é de baixo nível de confiabilidade, possui 4 costelas com péssima qualidade de preservação, sulco mediano baixo e arredondado e linha de charneira maior.

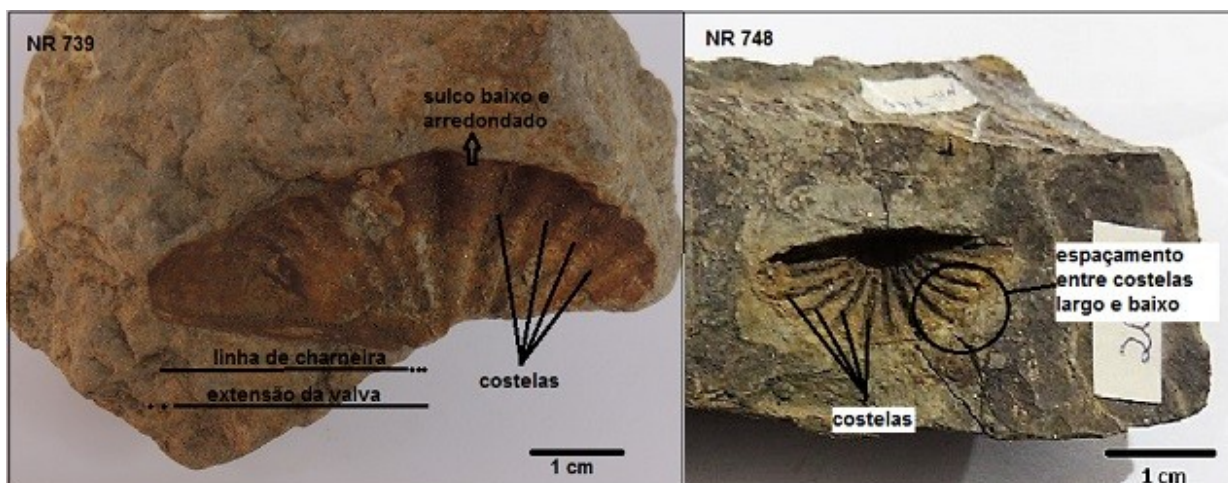


FIGURA 27 – Esquerda: amostra 739 interpretada como *A. parana* com baixo grau de confiabilidade. Direita: amostra NR 748 interpretada como *A. contrarius*.

A. kayserianus é definido pelo padrão de plicas 5+1, que são larga baixa e arredondada, concha deprimida com dobra e sulco mediano baixo, valva

proporcional a linha de charneira, não mucronado, o espaçamento entre as costelas menores que as mesmas. As amostras (FIGURA 28) interpretadas como dessa espécie (NR 5883, NR 5884, NR 5975AC, NR 6815, NR 747, NR 3427) apresentam as características diagnósticas, com exceção das amostras NR 3427 e NR6814, todas as outras possuem 4 costelas. As amostras dessa espécie são classificadas como de moderado nível de confiança.

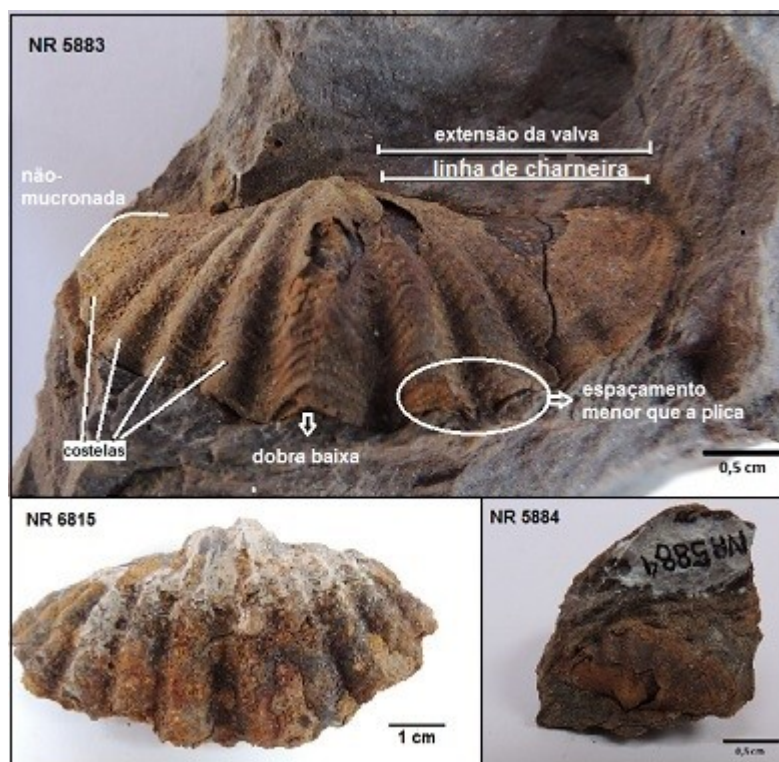


FIGURA 28 – Amostras classificadas como *A. kayserianus* NR 5883, NR6815, NR 5884.

A amostra (NR 748) interpretada como sendo de *A. contrarius* (FIGURA 27) apresenta o mesmo número de plicas (5+1), e espaçamento maior que as costelas, característica observada somente nessa espécie, porém as outras características diagnósticas são ausentes no registro.

O *A. antarcticus* mencionado por Clarke (1913) possui número de plicas de 7+2, linha de charneira maior que a valva, impressões musculares profundas, dobra e sulco baixo. As amostras (FIGURA 29) interpretadas como tal (NR 749, NR 1830) possuem as características distintas mas as amostras têm baixa qualidade de preservação gerando dúvida quanto a análise, e portanto foram classificadas como de baixo e moderado nível de confiança.

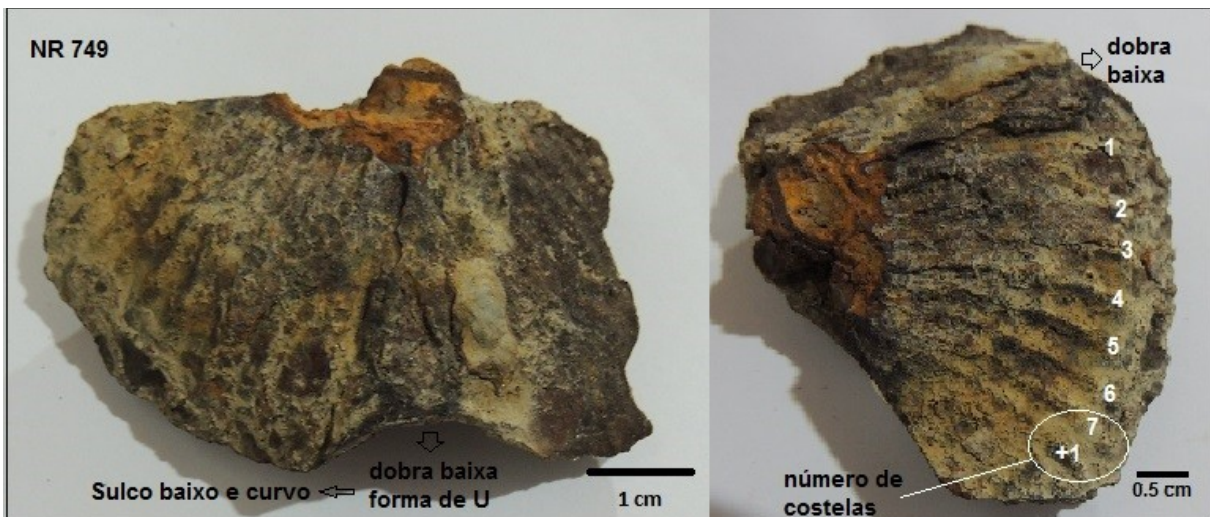


FIGURA 29 – Amostras classificadas como *A. antarcticus* NR 749.

TABELA 4 – ESPÉCIES DE *Australospirifer* E LOCAIS COLETADOS. (relação das espécies interpretadas com local que foram coletadas. As amostras em negrito são de baixo nível de confiança, as sublinhadas com alto nível e as sem destaque com moderado nível de confiança)

	Jaguariaíva	Tibagi	Aeroporto Sant'Anna	Paraná	Ponta Grossa	Rio Caniú
<i>A. iheringi</i>	NR 6255; <u>NR 6465</u>		<u>NR 7756</u> (A, B) NR 6814			NR 6322 (A, B)
<i>A. parana</i>	NR 739					
<i>A. kayserianus</i>	NR 5883; NR 5884; NR 5975 A e C;		NR 6815	NR 747	NR 3427	
<i>A. contrarius</i>					NR 748	
<i>A. antarcticus</i>	NR 1830			NR 749		

Entre o material analisado, quatro amostras (considerando que uma delas tem mais de uma parte) possuem preservadas características morfológicas que atendem mais de uma espécie. São elas:

A amostra NR 5647 pode ser interpretada como sendo *A. iheringi* ou *A. antarticus*, principalmente devido ao número de plicas 7+1, que pode estar presente na fase senil do primeiro e por toda vida do segundo. O espaçamento entre costela proporcional (Fig. 30) é uma característica citada para *A. iheringi*, porém Clarke (1913) não descreve esse item para *A. antarticus*. Devido a fragmentação da região posterior da amostra não é possível determinar a relação da linha de charneira e valva, que são opostas nessas espécies.

A amostra 2712 A apresenta características bastante variadas. Assemelha-se aos *A. iheringi* devido ao padrão de plicas 7+1 comum aos indivíduos senis, com costelas arredondadas e espaçamento proporcional, a dobra é baixa e tem tendência plana, não mucronada (Fig. 30). O número de plicas e padrão da dobra também são comuns aos *A. antarticus*. A linha de charneira proporcional a dimensão da valva é característico do *A. kayserianus*.

Na amostra NR 2964 B e C são preservados moldes de diversos fósseis, inclusive de Spiriferida, que possuem as mesmas características. Apresentam número de plicas 5+1 e 4+1, respectivamente, arredondadas, com espaçamento proporcional e raso. A dobra e sulco mediano são proeminentes apesar de baixos e arredondados, possuem linha de charneira maior que a extensão da valva, são mucronadas, e ocorrem articulados (Fig. 30). O padrão de plicas, dobra e sulco baixo e aspecto mucronado são características distintivas do *A. kayserianus*. Porém, dobras e sulcos arredondados, como é o caso dessas amostras, e linha de charneira maior remete a características do *A. parana*. Clarke (1913) não descreve o ângulo da extremidade cardinal dos *A. parana*, logo não é possível afirmar a partir das características descritas para as amostras, as quais possíveis espécies pertencem.

Mesmo que algumas amostras citadas acima tenham maior tendência a corresponderem a uma espécie específica, o conjunto de aspectos morfológicos não gera confiança suficiente para uma análise mais criteriosa, como das amostras citadas na TABELA 4.

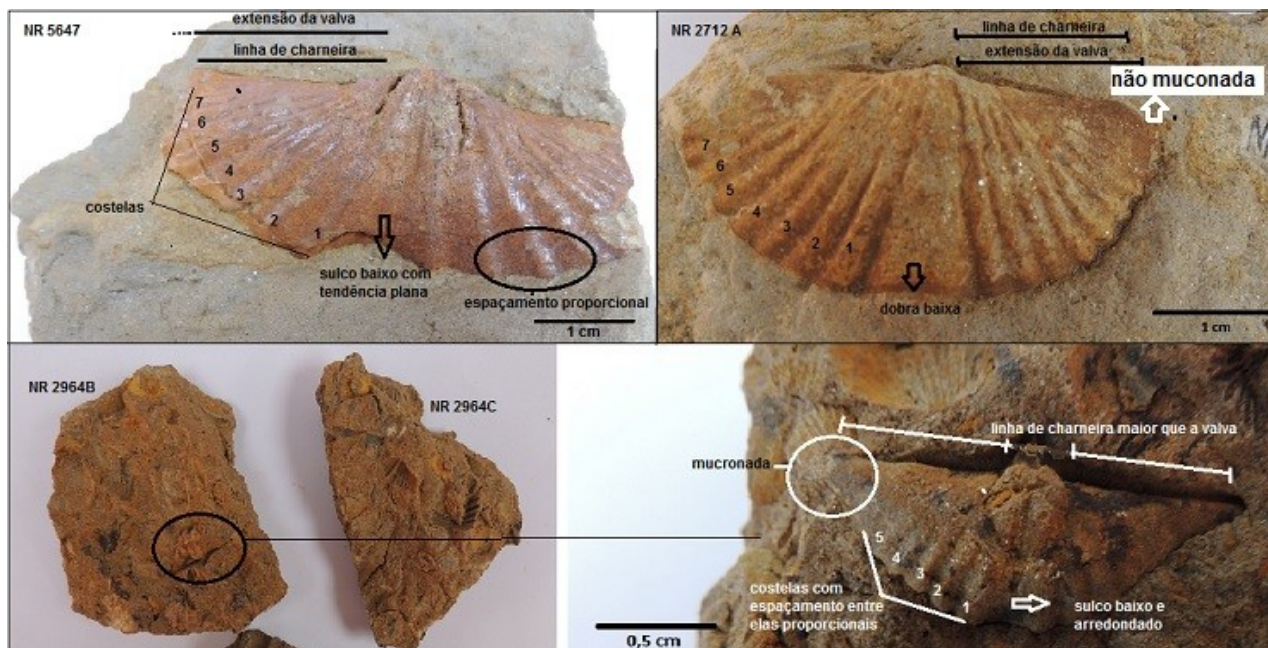


FIGURA 30 – Amostras com características morfológicas que atendem mais de uma espécie. NR 5647 com características de *A. iheringi* e *A. antarcticus*. NR2712 A com características de *A. iheringi*, *A. antarcticus* e *A. kayserianus*; NR 2964 B e C com características de *A. kayserianus* e *A. parana*.

5.2. ANÁLISE TAFONÔMICA BÁSICA

Das amostras analisadas, quase a totalidade é constituída por fósseis com poucos indivíduos ou únicos. Duas amostras não apresentam esse padrão, e por esse motivo as interpretações tafonômicas para elas foram abordadas isoladamente. As demais amostras foram agrupadas conforme as características de preservação, principalmente quanto a desarticulação, desse modo as interpretações tafonômicas entre as diferentes amostras são semelhantes.

Devido à falta de informações e por não se tratarem de coletas orientadas, não é possível realizar uma análise refinada. As classificações e nomenclaturas utilizadas são retiradas de Holz & Simões (2002).

AMOSTRAS DESARTICULADAS

A maioria das amostras analisadas estão desarticuladas (FIGURA 31), características indicativa de baixa taxa de sedimentação, maior tempo a interface água/sedimento e por consequência são mais suscetíveis a abrasão e fragmentação.

A morte desses organismos é provavelmente por causas naturais, algum tempo pós-morte os músculos adutores e didutores relaxam promovendo a abertura da concha, facilitando a entrada de organismos necrófagos que promovem a desarticulação das valvas. Esse material desarticulado tem menor peso e pode ser transportado por maiores distâncias, que resulta na fragmentação e desgaste de estruturas da concha, como a ausência de bordas ou costelas.

Ao longo do tempo essas amostras são soterradas, os sedimentos contornam a concha e formam moldes. No processo de diagênese, os fluidos gerados, que podem ter baixo ph ou serem insaturados em carbonato, solubilizam a concha, restando somente o molde fossilizado. Posteriormente as rochas sobrejacentes são exumadas e os fósseis retornam para próximo da superfície, onde podem ser alteradas por ação intempérica, e em algum momento são coletadas.

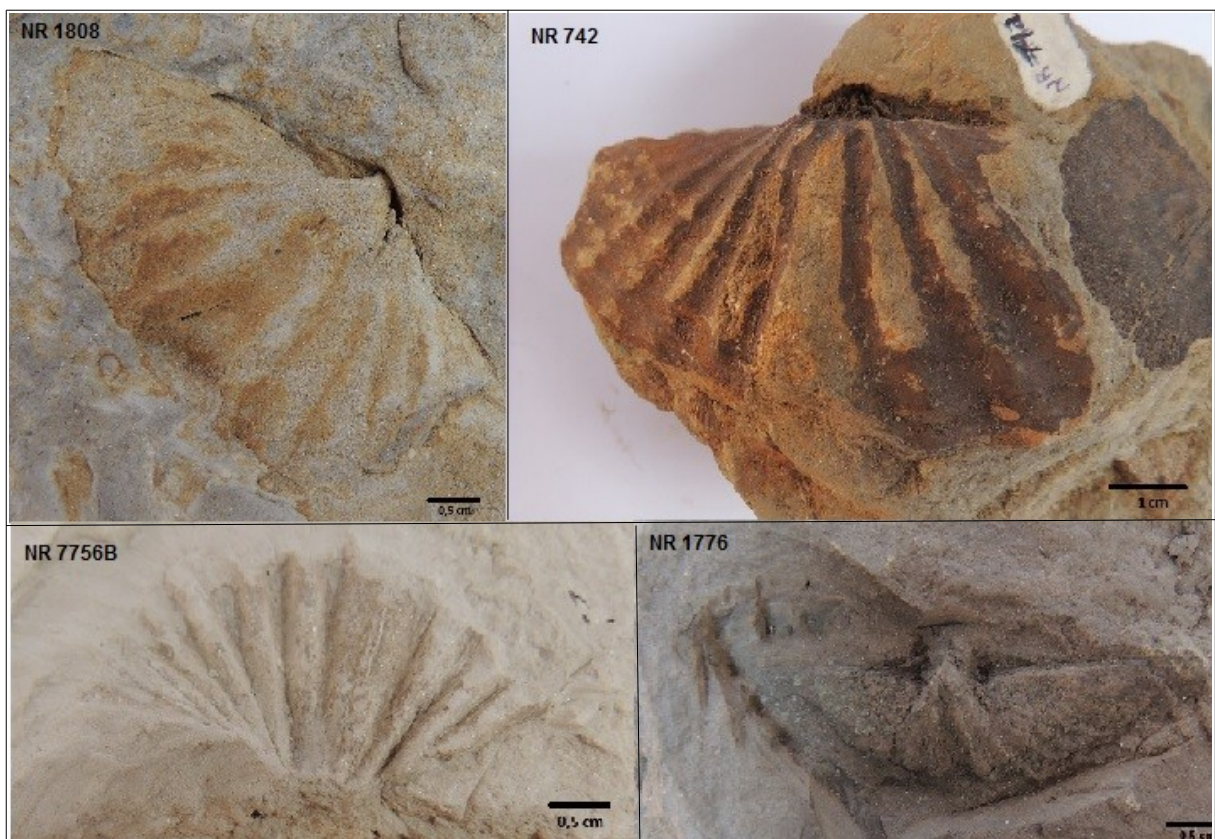


FIGURA 31 - Exemplos de amostras desarticuladas e fragmentadas. NR 1808, NR 742 com fóssil associado, NR 7756 B, NR 1776

AMOSTRAS ARTICULADAS

As amostras preservadas articuladas (FIGURA 32) são indicativas de alta taxa de sedimentação, e morte rápida do tipo catastrófica.

As amostras NR 3427 e NR6814 apresentam as valvas parcialmente abertas e o interior preenchido por sedimento, logo provavelmente a morte foi por causas naturais, possivelmente devido à idade. Como estão articuladas porém de valva aberta, pode-se dizer que o tempo na interface água/sedimento é bastante curto, fato evidenciado nos poucos sinais de fragmentação, com ausência de parte da valva e umbo, respectivamente, o que indica pouco transporte.

As demais amostras apresentam diferentes níveis de fragmentação, permitindo interpretar que o ambiente passou por um aumento de energia, com ação de ondas ou correntes que promoveu o transporte e por consequência fragmentação das conchas, seguido de um maior aporte de sedimento que soterrou os organismos. O soterramento rápido permite a preservação das valvas articuladas, uma vez que não há atuação de organismos decompositores. Durante a fossilização a concha é solubilizada e o que se tem preservado são os moldes da mesma, tanto da porção interna como externa. Nas amostras NR 749, NR 3427, NR 6813, NR 6814 e NR 6815, durante a fossilização a concha de calcita foi substituída por um mineral não identificado.

Provavelmente devido ao peso da coluna de sedimentos, as amostras NR 764, NR 6039 e NR 5975B, foram deformadas.

Em decorrência do tectônismo e soerguimento da atual borda leste da Bacia do Paraná, os fósseis estão próximos a superfície e são alterados por ação intempérica, como pode ser observado na amostra NR 5888. As amostras ao serem coletadas são passíveis de fragmentação.



FIGURA 32 – Exemplos de amostras articuladas. NR 6814 vista anterior e posterior, NR764 deformada durante a fossildiagênese, NR 5888AB

AMOSTRA NR 2964 (JAGUARIAÍVA)

O material registrado como NR 2964 (FIGURA 33) consistem em três amostras com menos de 10 cm de comprimento, e cerca de 1,5 cm de espessura, com diversos fósseis. A rocha é um arenito de cor castanho amarelada com granulação fina.

Preservados por processo de moldagem, a assembleia fossilífera é politípica, formada por moldes de animais com conchas bivalves e outro táxon não identificado, com forma circular. Também é classificada como poliespecífica, uma vez que são espécies diferentes.

O grau de empacotamento é denso/frouxo, classificado com relação à matriz como fracamente empacotado, possui geometria em pavimento. Apresenta duas classes de tamanho: representados por Spiriferida com pouco mais de 2,0 cm de largura; e outros brachiopoda com 1,0 cm ou pouco menos de largura. Os fósseis não possuem uma orientação definida.

Os táxons preservados indicam um ambiente marinho. A morte pode ter ocorrido em um evento de tempestade com variação do nível do mar. A ação das ondas e/ou correntes resultou no transporte das conchas, e possível aumento na quantidade de bioclastos pelo retrabalhamento do fundo oceânico. O transporte é

evidenciado pela fragmentação em algumas partes da concha como as extremidades cardinais, bordas da concha e umbo, além do registro de fósseis aparentemente sobrepostos.

Por soterramento rápido, as valvas dos Spiriferida preservaram articuladas, provavelmente fechadas. Os sedimentos preencheram o espaço do interior das conchas, que posteriormente foi dissolvida, preservando somente os moldes internos e externos dos táxons presentes.

Segundo Holz & Simões (2002), tempestades são responsáveis por mortes não seletivas (catastróficas) em faunas oceânicas, podem formar depósitos de conchas associados a fácies de tempestitos, com estruturas como *hummocky* e estratificação cruzada.

A interpretação tafonômica apresentada neste trabalho é baseada somente nas amostras analisadas, uma vez que não existem dados quanto ao contexto litológico e estratigráfico do local exato de coleta.



FIGURA 33 – Amostra NR 2964 de Jaguaraiá

AMOSTRA NR 4466 (TIBAGI)

A amostra NR 4466 (FIGURA 34) consiste em um bloco com cerca de 30 cm comprimento e 50 cm de largura, constituído por arenito de cor castanho claro, formado por grãos de quartzo e muscovita com granulação fina.

São observados somente moldes externos de conchas de Brachiopoda Spiriferida, e outro táxon não identificado, pois estão bastante fragmentados. A assembleia fossilífera pode ser classificada como poliespecífica mas não é possível definir o caráter monotípico ou politípico uma vez que não se conhece a estrutura esquelética da concha desconhecida (por exemplo: bivalve ou univalve).

Apresenta-se fracamente empacotado com grau de empacotamento frouxo. São bem selecionados quanto ao tamanho, com razão largura/comprimento médio dos Spiriferida de 3,5 cm, o outro táxon possui proporções semelhantes. Não possuem orientação preferencial quando vistos em planta, e são paralelos ao plano de acamamento.

Os moldes de Spiriferida estão articulados, as bordas da porção anterior são pouco preservadas e possuem forma irregular, a qualidade do molde não permite definir se a ausência das bordas são por fragmentação e/ou corrosão. A partir dos dados obtidos, pode-se inferir que apesar do soterramento relativamente rápido, as conchas foram transportadas, e provavelmente neste momento as bordas foram destruídas. Posteriormente a concha foi dissolvida, preservando o seu molde externo.

Em ambas amostras é possível dizer que o registro fóssil é de alta completude, mesmo que preserve somente os moldes das conchas. A análise dessas amostras não permitem inferências quanto a mistura temporal ou mistura espacial.

Com o conjunto de informações é possível concluir tanto para a amostra de Jaguariaíva como de Tibagi, um aumento de energia durante o processo deposicional, que promoveu o atrito das conchas, resultando no desgaste e fragmentação. A ausência ou baixa atuação de seres necrófagos, somada ao

soterramento rápido, promove a preservação de valvas articuladas, a concha é dissolvida preservando somente os moldes, independente do táxon.

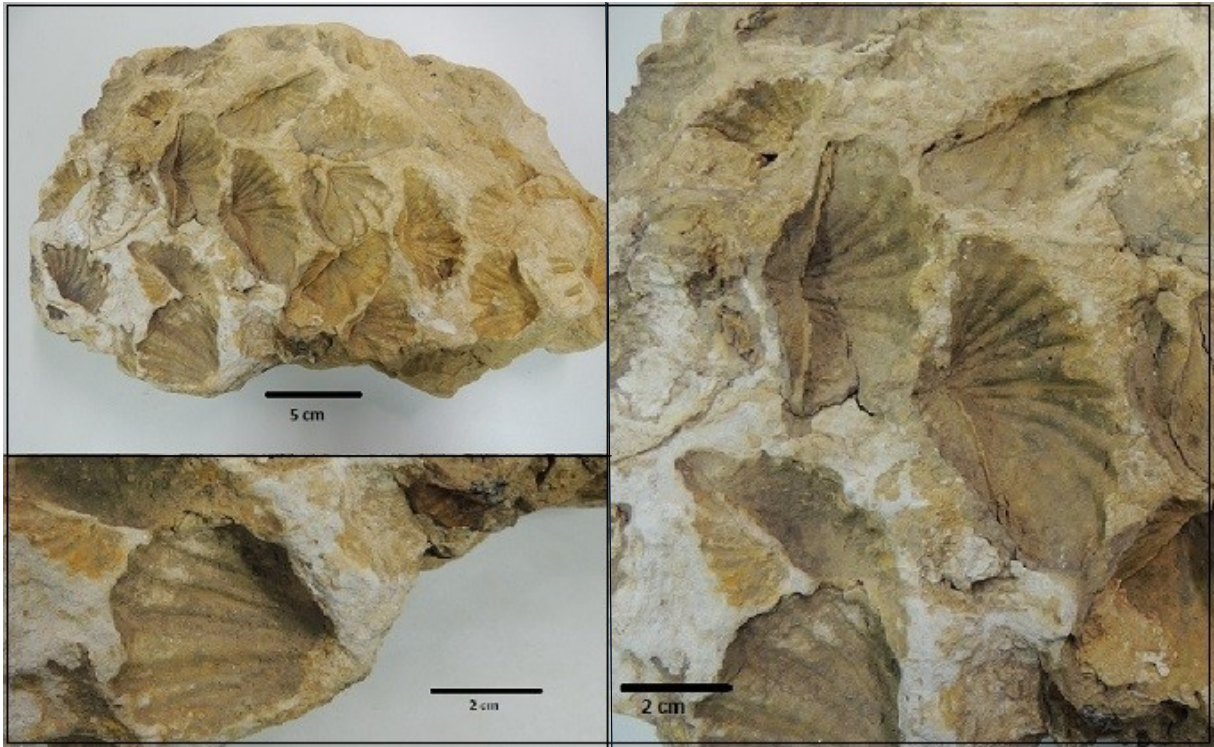


FIGURA 34 – Amostra NR 4466 de Tibagi

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O laboratório de Paleontologia do Setor de Ciências da Terra da UFPR apresenta grande variedade de fósseis, em especial do Devoniano paranaense. A coleção de Spiriferida abrange um total de 50 amostras com total de 78 fósseis, desses a grande maioria corresponde a moldes internos e externos das valvas pediculares. Também ocorre molde das valvas braquiais, e moldes articulados. Muitas vezes são encontrados outros táxons associados, como outros braquiópodes e crinoides.

Os fósseis são coletados geralmente por alunos da disciplina de Paleontologia, resultando na fragmentação do material durante esse procedimento e/ou manuseio, além de ser realizada de forma indiscriminatória. Sem dados advindos de uma coleta sistemática, não é possível realizar estudos mais detalhados, principalmente os que tangem a área tafonômica.

Os fósseis estudados procedem de seis afloramentos diferentes, denominados Jaguariaíva (32 amostras), Aeroporto Sant'Anna (6 amostras), Tibagi (5 amostras), Paraná (3 amostras), Ponta Grossa (2 amostras), Rio Caniú (2 amostras). Algumas amostras de Jaguariaíva e Tibagi possuem mais de um fóssil de espiriferideo.

De modo geral os fósseis analisados apresentam baixa qualidade de preservação, quase a totalidade está fragmentada, e em muitos as características distintivas estão ausentes ou pouco preservadas.

Cinco amostras possuem o molde recoberto por uma crosta de diferentes espessuras, sugerindo que durante a fossilização houve substituição da concha por algum mineral não identificado. Esses fósseis são encontrados em concreções. A mineralogia e gênese de formação podem ser temas para futuros trabalhos.

No laboratório estão presentes possíveis representantes de todas as espécies do gênero *Australospirifer*. Estão divididos em diferentes níveis de confiabilidade, determinadas pela qualidade do registro. Algumas amostras possuem características morfológicas dúbias, gerando dúvida entre mais de uma espécie.

As espécies identificadas compreendem *Australospirifer iheringi*; *A. kayserianus*; *A. contrarius*; *A. antarcticus*; *A. parana*.

A análise tafonômica indica que a grande parte das amostras passaram por soterramento lento, e ao maior tempo de exposição na interface água/sedimento resultou na fragmentação e ausência de diversas estruturas. Outro grupo de amostras indica soterramento rápido, porém não imediato uma vez que estão pouco fragmentadas, e em duas amostras apesar de articuladas as valvas estão abertas.

Através das informações adquiridas, os fósseis das amostras NR 2964 ABC e NR 4466, foram interpretados como gerados a partir de um evento de maior energia que resultou na fragmentação das conchas, sucedido por um rápido soterramento dos organismos, que somado a pouca ação de indivíduos decompositores, permitiu a preservação das valvas articuladas, posteriormente houve a dissolução da concha e o registro é marcado por apenas moldes internos e externos.

REFERÊNCIAS

- ASSINE, M.L. 1996. *Aspectos da Estratigrafia de Sequência Pré-carboníferas da Bacia do Paraná no Brasil*. Tese de Doutorado, São Paulo, p.220
- ASSINE, M.L.; PERINOTTO, J.A.; FULFARO, V.J.; PETRI, S. 1998. Progradação Deltaica Tibagi no Devoniano Médio da Bacia do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, v.28,n.2, p.125-134
- BOSETTI, E.P.; PEYERL, D.; HORODYSKI, R.S.; ZABINI, C. 2007. Formação Ponta Grossa: História, Fácies e Fósseis. *I Simpósio de Pesquisa em Ensino e História da Ciências da Terra. III Simpósio Nacional sobre o Ensino de Geologia no Brasil*. p.353-360
- CARVALHO, R.G. de 1969. *Contribuição ao conhecimento da morfologia de alguns braquiópodes devonianos do Paraná*. Dissertação de mestrado, São Paulo, p.37
- CASSAB, R.C.T. 2010. Objetivos e Princípios In: CARVALHO, I.S. (Ed.). *Paleontologia Conceitos e métodos*. Vol.1. Rio de Janeiro: Interciência, p. 3-11.
- CERRI,C.A.D. 2013. *Revisão sistemática de brachiopoda (calciata) da Formação Ponta Grossa, Devoniano, Bacia do Paraná, Brasil*. Dissertação de mestrado, São Paulo, p. 116
- CLARKE, J.M. 1913. Fósseis devonianos do Paraná, *Monographias do Serviços Geológico e Mineralógico do Brasil*, v. 1, Rio de Janeiro, p. 353
- FERREIRA, F.J.F.; CANDIDO, A.G.; ROSTIROLLA, S.P. 2010 Correlação gamaespectrométrica de afloramentos e poços: estudo de caso na Formação Ponta Grossa (Bacia do Paraná, Brasil). *Revista Brasileira de Geofísica*, v.28,n.3, p.371-396
- FONSECA, V.M.M. 2011. Braquiópodes In: CARVALHO, I.S. (Ed.). *Paleontologia – microfósseis, paleoinvertebrados*. vol. 2. Rio de Janeiro: Interciência, p.333 – 358.
- GRAHN, Y.; MAULLER, P. M.; BREUER, P.; BOSETTI, E. P.; BERGAMASCHI, S.; PEREIRA, E. 2010. The Furnas/Ponta Grossa Contact and the Age of the Lowermost Ponta Grossa Formation in the Apucarana Sub-Basin (Paraná Basin, Brazil): Integrated Palynological Age Determination. *Revista Brasileira de Paleontologia*. 13(2), p. 89-102
- GRAHN, Y.; MAULLER, P. M.; BERGAMASCHI, S.; BOSETTI, E. P. 2013. Palynology and sequence stratigraphy of three Devonian rock units in the Apucarana Sub-basin (Paraná Basin, south Brazil): Additional data and correlation. *Review of Palaeobotany and Palynology*. v. 198, p. 27–44

HOLZ, M.; SIMÕES, M.G. 2002. *Elementos fundamentais da tafonomia*. Porto Alegre: Ed. Universidade/URFGS, 230p.

MARQUES, R.C. 2006. *Taxonomia dos invertebrados da Formação Ponta Grossa (Eomesodevoniano), borda norte da Bacia do Paraná, região de Amarinópolis, Estado de Goiás, e análise cladística de espiriferídeos basais*. Dissertação de mestrado, São Paulo, p. 168

MILANI, E. J. 1997. *Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul-ocidental*. Tese de Doutorado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, p.225

MILANI, E.J.; RAMOS, V.A. 1998. Orogenias paleozóicas no domínio sul-ocidental do Gondwana e os ciclos de subsidência da Bacia do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, v.28,n.4, p.473-484

MILANI, E.J. 2004. Comentários sobre a origem e evolução tectônica da Bacia do Paraná In: Mantensoso Neto, V.; Bartorelli, A.; Carneiro, C.D.; Neves, B.B.B. (organizadores). *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da obra de Flávio Marques de Almeida*. Editora Beca, São Paulo, p. 256-279

MILANI, E.J.; MELO, J.H.G.; SOUZA, P.A.; FERNANDES, L.A.; FRANÇA, A.B. 2007. Bacia do Paraná. *Boletim de Geociências da Petrobras*, v.15, n.2, p.265-287

SIMÕES, M.G.; RODRIGUES, S.C.; BERTONI-MACHADO, C.; HOLZ, M. 2010 . Tafonomia: Processos e Ambientes de Fossilização In: CARVALHO, I.S. (Ed.). *Paleontologia Conceitos e métodos*. Vol.1. Rio de Janeiro: Interciência, p.19-51

WILLIAMS, A.; ROWELL, A.J.; WOOD-MUIR, H.M., *et. al.* 1965. Part H Brachiopoda, In: MOORE, R.C. (Ed.). *Treatise on Invertebrate Paleontology*. Vol. 1 e 2, The Geological Society of America, Inc and The University of Kansas Press, p.927