

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA  
CURSO DE GEOLOGIA

RAÍSSA CRISTINA OLIVEIRA FONTANELLI

TAFONOMIA E PALEOECOLOGIA DE MOLUSCOS BIVALVES DA FORMAÇÃO  
RIO DO RASTO (NEOPERMIANO DA BACIA DO PARANÁ)

CURITIBA

2018

**RAÍSSA CRISTINA OLIVEIRA FONTANELLI**

**TAFONOMIA E PALEOECOLOGIA DE MOLUSCOS BIVALVES DA FORMAÇÃO  
RIO DO RASTO (NEOPERMIANO DA BACIA DO PARANÁ)**

Monografia apresentada à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II (GC-119) como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Geologia.

Orientadora: Profa. Dra. Cristina Silveira Vega  
Coorientador: Prof. Dr. Fernando Farias Vesely

**CURITIBA  
2018**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à toda minha família pelo apoio incondicional e estímulo incessante aos meus estudos durante toda a minha formação. Aos meus queridos pais (Izabel e Juarez) por sempre estimularem minha autonomia, aprendizado, me apoiarem nos meus mais diferentes projetos e por lidarem, por mais de vinte anos, com as minhas peculiaridades. Ao meu estimado irmão Rômulo por compartilhar comigo diversas nerdices e a curiosidade de entender o universo que nos cerca. E, à minha amada vó Almerinda por ser um exemplo de força, tolerância e amor.

A todos os amigos e colegas do LABPALEO por todo o conhecimento e amor pela paleontologia compartilhado, ademais de todas as discussões paleontológicas, geológicas e interdisciplinares que ocorreram durante esses anos de convivência. À Jenny, pela grande amizade e companheirismo. Ao Dhiego, pelos litros de café compartilhado e pelas comidas que chegavam sempre em momentos de necessidade. À Fran por toda a ajuda com questões acadêmicas e broncas necessárias. Ao Malton pela ajuda com as fotos e bibliografia. Ao Christiano Ng por todos os apontamentos em relações às lâminas petrográficas e aos microfósseis. À Karine Azevedo pela disponibilização de dados. Agradecimentos também ao LAMIR pela confecção das lâminas petrográficas e o LAPEM pela disponibilização da infraestrutura.

À minha orientadora, Profa. Dra. Cristina Vega, cuja orientação não só me acompanhou nesse trabalho, mas que já ocorre desde o segundo ano da minha graduação, um agradecimento especial por todos os ensinamentos, motivações para me tornar uma pesquisadora melhor e por compartilhar um pouco de seu extenso conhecimento paleontológico comigo. Também, ao Prof. Dr. Robson pelas ótimas dicas e observações em relação à tafonomia.

Ao Prof. Dr. Fernando Vesely pela coorientação e por todo o auxílio e discussões em campo. Ao Prof. Dr. Carlos Guedes pelo auxílio em campo. Ademais, agradecimentos ao Prof. Dr. Leonardo Lagoeiro pelo escaneamento das lâminas petrográficas. Um duplo agradecimento a todos os coletores do material fóssil estudado, sem os quais esse trabalho não seria possível: Karine Azevedo, Profa. Dra. Cristina Vega e Malton Fraga.

*Science! True daughter of Old Time thou art!  
Who alterest all things with thy peering eyes.  
Why preyest thou thus upon the poet's heart,  
Vulture, whose wings are dull realities?*

Edgar Allan Poe

## RESUMO

Os moluscos bivalves do Grupo Passa Dois, Permiano Superior da Bacia do Paraná, são elementos fundamentais para a bioestratigrafia e reconstrução dos paleoambientes da unidade. O Membro Morro Pelado da Formação Rio do Rasto, porção superior do Grupo Passa Dois, apresenta ambientes deposicionais tipicamente continentais com um registro fossilífero extremamente rico de vertebrados, plantas e invertebrados. Nesse âmbito, os bivalves do Membro Morro Pelado ocorrem na porção inferior deste, e inserem-se na Biozona de assembleia “*Palaeomutela platinensis*” que representa, dentre as biozonas de assembleia de bivalves do Grupo Passa Dois, a mais jovem e menos estudada. Com o propósito de compreender a assinatura tafonômica e a paleoecologia dos bivalves do Membro Morro Pelado, foram analisadas 32 amostras fósseis coletadas em afloramentos desta unidade na região Norte do Paraná. Os afloramentos estão situados no município de São Jerônimo da Serra na PR-090, km 277, e na região da Serra do Cadeado no município de Mauá da Serra. Em complementação à análise tafonômica, seis amostras foram selecionadas para a confecção de lâminas petrográficas (UFPR 0169 PI, UFPR 0296 PI, UFPR 0636 PI, UFPR 0637 PI, UFPR 0640 PI e UFPR 0656 PI) e três para a realização de MEV e EDS (UFPR 0634 PI A, UFPR 0635 PI e UFPR 0656 PI). A análise taxonômica encontrou bivalves taxodontes e semelhança dos bivalves estudados com as espécies *?Palaeomutela platinensis* e *Relogiicola delicata*, já descritas para a mesma unidade, no entanto uma comparação mais apurada necessita ser realizada. A análise paleoecológica delimitou os bivalves como integrantes da infauna e escavadores rasos, dados que estão em concordância com a paleoecologia já descrita na literatura para a Biozona “*Palaeomutela platinensis*”. Delimitou-se a existência de assembleias parautóctones e autóctones para os afloramentos estudados. As concentrações de bivalves da PR-090 são formadas por valvas densamente empacotadas, inteiras, fragmentadas e aninhadas que indicam uma assembleia provavelmente parautóctone, retrabalhada por fluxos de alta energia e que apresenta significativa mistura temporal. Já, a assembleia de bivalves do afloramento Fazenda Boa Vista representa uma assembleia autóctone, evidenciada pela presença de organismos em posição de vida. No presente trabalho se verificou a importância da paleoecologia para interpretações sobre a tafonomia. Ademais, verificou-se a relevância de uma coleta de fósseis com controle estratigráfico para realizar reconstituições paleoecológicas, paleoambientais e definir os processos tafonômicos que resultaram na formação de uma assembleia fossilífera.

**Palavras chave:** Permiano, bivalves dulcícolas, tafonomia.

## ABSTRACT

The bivalve fossils of the Passa Dois Group (Upper Permian of Paraná Basin) are essential elements for the biostratigraphy and the paleoenvironmental reconstruction of this unity. The Morro Pelado Member of the Rio do Rasto Formation, represents the upper portion of the Passa Dois Group and has been interpreted as a continental depositional environment with a rich fossil registry of vertebrates, plants and invertebrates. In this context, the bivalves of the Morro Pelado Member occur in its lower part and they are included in the "*Palaeomutela platinensis*" Assemblage Biozone, the youngest bivalve assemblage of Passa Dois Group, nevertheless, they are less studied than the other assemblages of this unit. To understand the taphonomic signature and the paleoecology of bivalves of the Morro Pelado Member, 32 samples containing shells were studied. The samples came from three different outcrops in Northern Paraná state. Two outcrops are at São Jerônimo da Serra and the other is at Serra do Cadeado region. In addition to the taphonomic analysis, six samples were selected for the preparation of thin sections (UFPR 0169 PI, UFPR 0296 PI, UFPR 0636 PI, UFPR 0637 PI, UFPR 0640 PI and UFPR 0656 PI) and three for SEM and EDS analysis (UFPR 0634 PI A, UFPR 0635 PI and UFPR 0656 PI). The taxonomic analysis found taxodont bivalves and similarity of the bivalves studied with the group of bivalves with the species *?Palaeomutela platinensis* and *Relogiicola delicata*, already described for the same unit, however a more accurate comparison needs to be made. The paleoecological analysis delimited the studied bivalves as infaunal shallow burrowers, which agrees with the paleoecology already described in the literature for the Biozona "*Palaeomutela platinensis*". Parautochthonous and autochthonous assemblages were delimited. The PR090 bivalve concentrations are formed by densely packed, whole, fragmented and nested valves that indicate a probably parautochthonous assemblage, reworked by high energy fluxes and which presents a significant temporal mixing. On the other hand, the bivalve assembly of Fazenda Boa Vista outcrop represents an autochthonous assembly, evidenced by the presence of bivalve fossil in life position. Furthermore, it was noted the value of a collection of fossils with stratigraphic to make paleoecological and paleoenvironmental reconstructions and to define the taphonomic processes that resulted in the formation of a fossiliferous assembly.

**Key words:** Permian, freshwater bivalves, taphonomy.

## **LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

FIGURA 1 – MAPA COM A LOCALIZAÇÃO DOS AFLORAMENTOS DE PROVENIÊNCIA DOS FÓSSEIS ESTUDADOS .....	11
FIGURA 2 – MAPA DA SIMPLIFICADO COM O CONTORNO ESTRUTURAL DO EMBASAMENTO DA BACIA DO PARANÁ E SUAS SEIS SUPERSEQUÊNCIAS ...	12
FIGURA 3 - LITOESTRATIGRAFIA DO GRUPO PASSA DOIS PARA OS ESTADOS DO PARANÁ E SÃO PAULO .....	13
FIGURA 4 – CARTA ESQUEMÁTICA DO GRUPO PASSA DOIS COM AS ASSEMBLÉIAS DE BIVALVES PRESENTES NESTA UNIDADE (BASEADA EM ROHN 1994, 2007).....	16
FIGURA 5 - SUBDIVISÕES DA TAFONOMIA E CIÊNCIAS CORRELATES .....	18
FIGURA 6 – PRINCIPAIS PROCESSOS TAFONÔMICOS E AS FEIÇÕES RELACIONADAS OBSERVADAS NOS FÓSSEIS .....	20
FIGURA 7 – CONCHAS DE BIVALVES OBSERVADAS NAS AMOSTRAS ESTUDADAS .....	23
FIGURA 8 - DETALHE DA CHARNEIRA COM A DISPOSIÇÃO DOS DENTES .....	23
FIGURA 9 – MICROESTRUTURA DA CONCHA DE BIVALVE EM LÂMINA PETROGRÁFICA .....	24
FIGURA 10 – CAMADA CONCHÍFERA ( <i>SHELL BED</i> ) DA PR090 .....	27
FIGURA 11 - LITOLOGIA DO AFLORAMNETO DA PR-090 .....	28
FIGURA 12 – GRÁFICO COM A DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES DE COMPRIMENTO DAS VALVAS ENCONTRADAS NA PR 090.....	29
FIGURA 13 – AMOSTRAS ESTUDADAS VISTAS EM PLANTA .....	29
FIGURA 14 - FOTO DE SEÇÃO POLIDA DA AMOSTRA UFPR 0656 PI E DESENHO ESQUEMÁTICO FEITA A PARTIR DESTA MOSTRANDO A BIOFÁBRICA DAS VALVAS .....	30
FIGURA 15 - FOTOMICROGRAFIAS DAS FEIÇÕES TAFONÔMICAS OBSERVADAS EM LÂMINA .....	31
FIGURA 16 – DEFORMAÇÕES OBSERVADAS NAS CONCHAS E RESULTADOS DO MEV-EDS.....	32
FIGURA 17 – PERFIL DO AFLORAMENTO FAZENDA BOA VISTA E FÓSSEIS VISTOS MACRO E MICROSCOPICAMENTE.....	34

FIGURA 18 – LÂMINAS CONFECCIONADAS A PARTIR DA AMOSTRA UFPR 0640 PI .....	35
FIGURA 19- CARTA CRONOESTRATIGRÁFICA DO CARBONÍFERO SUPERIOR E PERMIANO DA BACIA DO PARANÁ COM AS BIOZONAS DE BIVALVES ATUALMENTE ESTABELECIDAS PARA ESTE INTERVALO.....	37

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
1.1 OBJETIVOS .....	10
1.2 ÁREA DE ESTUDO .....	10
<b>2 BACIA DO PARANÁ .....</b>	<b>11</b>
2.1 GRUPO PASSA DOIS .....	13
2.1.1 Formação Rio do Rasto.....	13
<b>3 BIVALVES DO GRUPO PASSA DOIS .....</b>	<b>15</b>
<b>4 TAFONOMIA.....</b>	<b>17</b>
<b>5 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>21</b>
<b>6 RESULTADOS.....</b>	<b>22</b>
6.1 TAXONOMIA.....	22
6.2 PALEOECOLOGIA.....	24
6.3 TAFONOMIA .....	26
<b>7 DISCUSSÕES .....</b>	<b>35</b>
<b>8 CONCLUSÕES .....</b>	<b>37</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>39</b>
<b>ANEXO 1 - TABELA COM DADOS DOS FÓSSEIS ESTUDADOS .....</b>	<b>44</b>
<b>ANEXO 2 – FICHAS DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA .....</b>	<b>45</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Fósseis de conchas permeiam o registro estratigráfico e comumente são suficientemente abundantes para formar densas acumulações, muitas vezes referidas como coquinas ou pavimentos de conchas (*shell beds*), que são importantes fontes de dados paleontológicas e paleoambientais (Kidwell, 1991).

Na Bacia do Paraná, o Grupo Passa Dois apresenta acumulações de bivalves fósseis que se destacam por levantarem importantes questões bioestratigráficas e biogeográficas para o Permiano da Bacia do Paraná, pois constituem uma fauna altamente endêmica e muito diferente de outras faunas permianas ou triássicas (Simões et al., 1998; Runnegar e Newell, 1971; Wesselingh, 2007). A gênese das assembleias de bivalves do Grupo Passa Dois (formações Serra Alta, Teresina e Corumbataí) são bastante estudadas e têm sua formação atribuída a tempestitos (Simões e Kowalewski 1998; Simões e Torello, 2003)

Entretanto, as assembleias de bivalves da unidade topo do Grupo Passa Dois (Formação Rio do Rasto), em especial a mais jovem delas, a Biozona de assembleia *Palaeomutela? Platinensis* (Mendes, 1954; Rohn, 1988), permanecem ainda pouco estudadas (Simões et al., 2015).

A Formação Rio do Rasto tem uma grande importância paleontológica, pois apresenta uma rica biota constituída por fósseis de vertebrados, plantas e invertebrados que registram o final do Permiano (Langer et al., 2008). Mais especificamente, os fósseis de plantas e invertebrados, de acordo com Rohn (1988, 1994) sugerem uma idade pré-triássica, Kanzaniano Superior - Tatariano Inferior (Neopermiano) para a Formação Rio do Rasto.

Essa unidade geológica representa os estágios finais da continentalização da Bacia do Paraná e apresenta ambientes deposicionais tipicamente continentais que já foram interpretados como grandes sistemas lacustres (Rohn, 1994), sistemas deltaicos (Warren, 2006) e sistemas fluviais distributários (Schemiko et al., 2014).

Deste modo, a definição dos processos responsáveis pela gênese das concentrações de bivalves desta unidade, através de uma análise tafonômica, conjuntamente com o entendimento da paleoecologia dos fósseis de pelecípodes estudados busca colaborar com o aprimoramento das interpretações paleoambientais para o intervalo estudado. Juntamente, a determinação das taxa que a compreendem

pode apresentar importantes implicações bioestratigráficas para o Membro Morro Pelado da Formação Rio do Rasto.

## 1.1 OBJETIVOS

De modo a auxiliar no refinamento bioestratigráfico e paleoambiental do Membro Morro Pelado da Formação Rio do Rasto (Neopermiano da Bacia do Paraná), almeja-se a compreensão dos processos sedimentares envolvidos na formação das assembleias fósseis de moluscos bivalves estudadas.

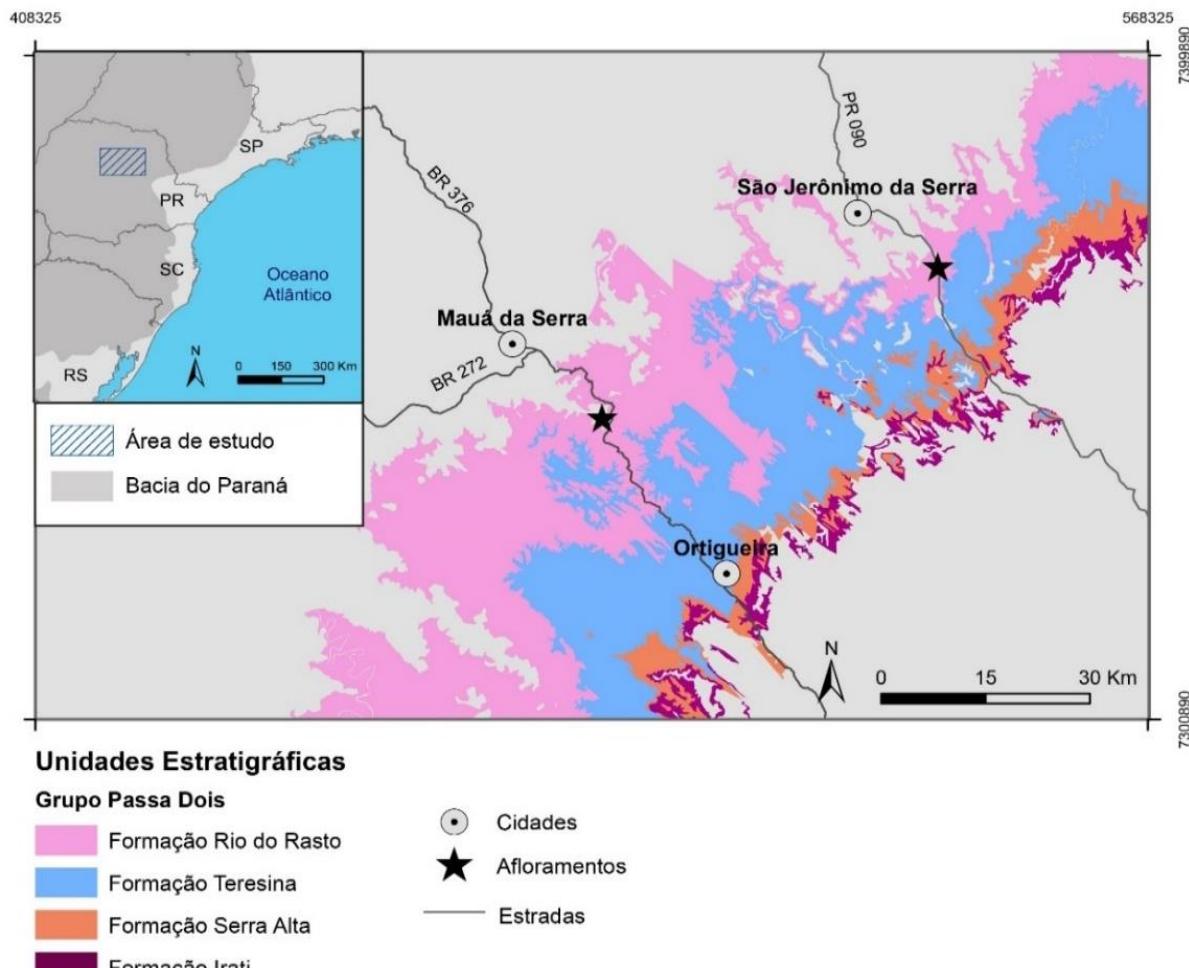
Desta forma, o trabalho objetiva a descrição de aspectos taxonômicos dos fósseis de moluscos bivalves estudados e a comparação com os espécimes já descritos para a unidade. Juntamente com uma análise tafonômica das assembleias de bivalves. Em complementação, também se objetiva a compreensão da paleoecologia dos fósseis estudados.

## 1.2 ÁREA DE ESTUDO

As amostras fósseis estudadas são provenientes de afloramentos do Membro Morro Pelado da Formação Rio do Rasto, localizados no norte do estado do Paraná nos municípios de São Jerônimo da Serra e Mauá da Serra.

No município de São Jerônimo da Serra, as amostras procedem de dois afloramentos: Fazenda Boa Vista (coordenadas UTM: 537920 m E, 7368868 m N) e à beira da PR090, km 277, (coordenadas UTM: 538205 m E, 7368252 m N). No município de Mauá da Serra, as amostras são oriundas do afloramento denominado Gastrópodes (coordenadas UTM: 489467 m E, 7345170 m N) situado ao longo da Estrada de Ferro Central do Paraná (EFCP), na região da Serra do Cadeado (figura 1).

FIGURA 1 – MAPA COM A LOCALIZAÇÃO DOS AFLORAMENTOS DE PROVENIÊNCIA DOS FÓSSEIS ESTUDADOS



FONTE: A autora (2018).

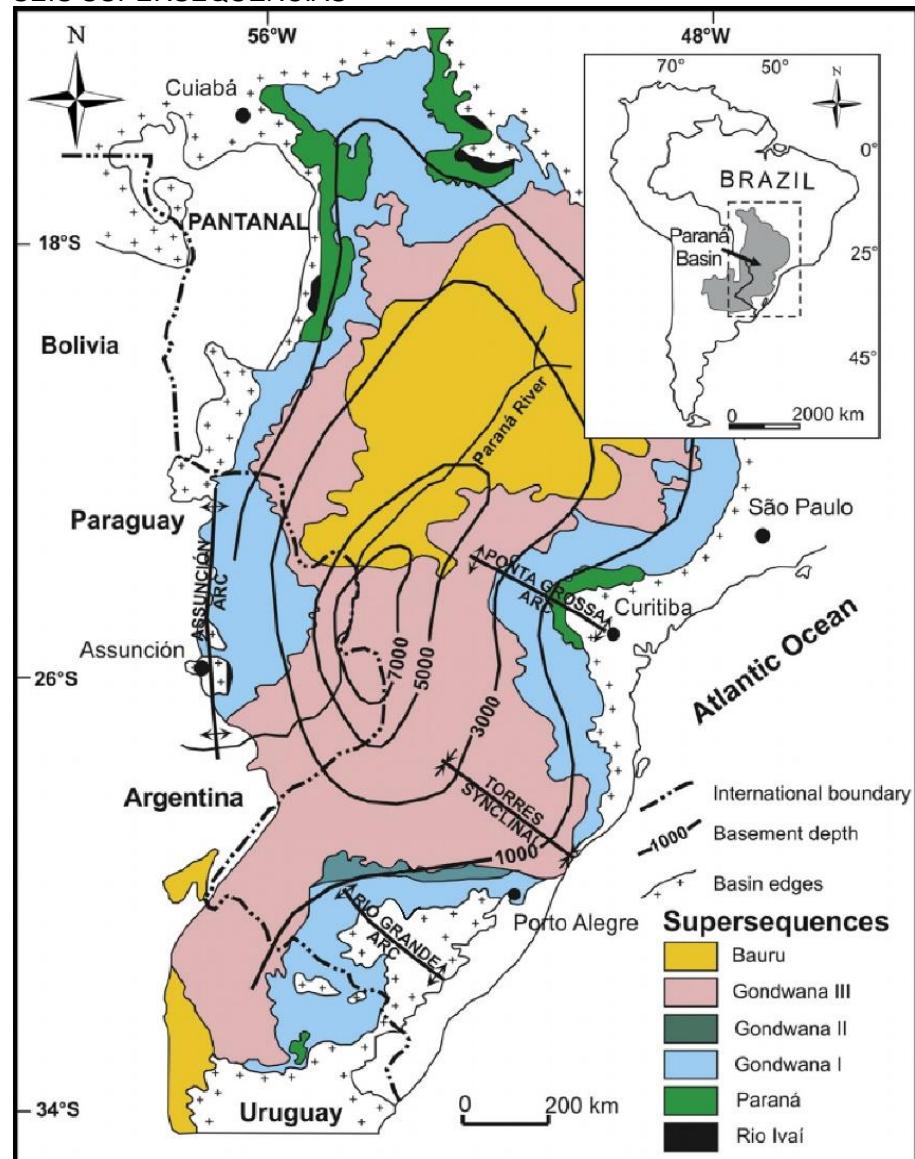
## 2 BACIA DO PARANÁ

Os fósseis de bivalves estudados são provenientes de afloramentos do Membro Morro Pelado da Formação Rio do Rastro, localizados no norte do estado do Paraná. A Formação Rio do Rastro, unidade superior do Grupo Passa Dois, ocorre no final da Supersequência Gondwana I que registra a progressiva continentalização da Bacia do Paraná (Milani et al., 1998).

A Bacia do Paraná compreende uma grande região sedimentar aflorante na América do Sul, nos territórios do Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai. Corresponde a uma bacia sedimentar alongada na direção norte-sul e composta por rochas sedimentares e ígneas com registro estratigráfico do Paleozoico ao Mesozoico (Milani et al., 2007). As rochas que compõem a Bacia do Paraná são divididas em seis

supersequências (figura 2) que representam fases de acúmulo sedimentar precedidas por períodos de erosão em larga escala (Milani et al., 1998).

FIGURA 2 – MAPA DA SIMPLIFICADO COM O CONTORNO ESTRUTURAL DO EMBASAMENTO DA BACIA DO PARANÁ E SUAS SEIS SUPERSEQUÊNCIAS



FONTE: Adaptado de Milani (2004).

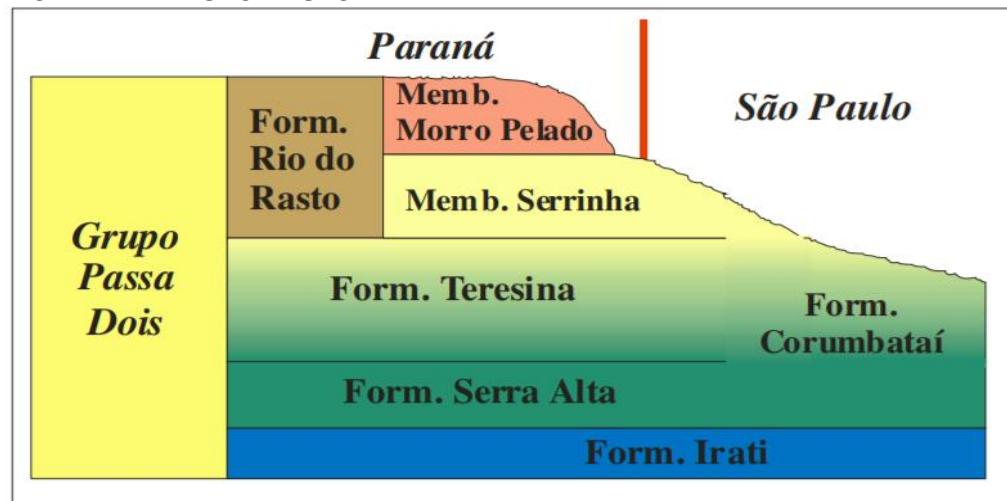
A Supersequência de idade carbonífera a eotriássica, Gondwana I, representa um ciclo transgressivo-regressivo completo que teve sua deposição marcada por um progressivo fechamento da bacia a incursões marinhas provenientes do oeste (Milani, 1997; Milani et al., 2007).

## 2.1 GRUPO PASSA DOIS

O Grupo Passa Dois engloba um conjunto de rochas permianas amplamente distribuído na Bacia do Paraná, que apresenta espessura máxima de 1400 m e vai do Artinskiano ao Changhsingiano (Rohn, 2007; Holz et al., 2010). O nome Série Passa Dois foi usado, inicialmente, por White (1908) para se referir as unidades Iratí, Estrada Nova e Rocinha. Trabalhos posteriores posicionaram a Formação Rio do Rastro na então designada Série Passa Dois (Gordon Jr., 1947; Maack, 1947). Mendes (1967) chamou de Grupo Passa Dois a sequência paleozoica superior da Bacia do Paraná composta pelas formações Iratí, Estrada Nova e Rio do Rastro.

A atual compartimentação estratigráfica da unidade foi estabelecida por Schneider et al. (1974) que delimita o Grupo Passa Dois, em sua faixa aflorante no sul da Bacia do Paraná, como constituído pelas formações Iratí, Serra Alta, Teresina e Rio do Rastro. Ao norte desta bacia, ocorre a Formação Corumbataí, considerada, segundo (Rohn, 2007), equivalente lateral das formações Serra Alta e Teresina (figura 3).

FIGURA 3 - LITOESTRATIGRAFIA DO GRUPO PASSA DOIS PARA OS ESTADOS DO PARANÁ E SÃO PAULO



FONTE: Ferreira-Oliveira (2007).

### 2.1.1 Formação Rio do Rastro

A Formação Rio do Rastro constitui uma sequência progradacional de arenitos e folhelhos flúvio-lacustres inserida no contexto da Supersequência Gondwana I (Milani et al., 1998). Ela é limitada na base pela Formação Teresina e no topo pela

Formação Pirambóia (Warren, 2006). A subdivisão estratigráfica da Formação Rio do Rasto é feita no Membro Serrinha, porção inferior, com espessuras variando de 150 a 250 m e no Membro Morro Pelado, superior, com 250-350 m de espessura (Holz et al., 2010).

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

O Membro Morro Pelado se distingue da unidade subjacente pelo maior predomínio de corpos areníticos, em que há uma tendência de aumento da granulação em direção ao topo (Holz et al., 2010).

O sistema deposicional desta unidade já foi interpretado de modos distintos. Rohn (1994) considera o Membro Morro Pelado como tendo sido depositado em um grande sistema lacustre durante a instalação de condições desérticas. Em estudo sobre a sedimentação deste membro nos estados do Paraná e Santa Catarina, Schemiko et al. (2014) o definem como composto pelo empilhamento de fácies relacionadas a depósitos fluviais distributários, deltaicos e eólicos. Warren (2006), sobre a faixa aflorante na região centro-sul de Santa Catarina, define o Membro Morro Pelado como caracterizado por depósitos tabulares lateralmente contínuos associados a fluxos hiperpicnais de barras de desembocadura deltaicas.

De acordo com Warren (2006), a Formação Rio do Rasto apresenta uma marcante variação lateral de fácies, o que dificulta no estabelecimento de explicações em relação à evolução sedimentar da unidade e gera interpretações distintas quanto aos sistemas deposicionais. Segundo o autor, interpretações paleoambientais feitas em determinadas áreas podem não ser representativas da sedimentação da unidade como um todo.

A idade da Formação Rio do Rasto, permiana ou triássica, é alvo de debate entre diferentes autores. Com base nos estudos de fósseis de plantas e invertebrados, Rohn (1988, 1994) sugere que os fósseis encontrados na Formação Rio do Rasto indicam idade pré-triássica, mais precisamente Kanzaniano Superior - Tatariano Inferior (Neopermiano). Com relação aos paleovertebrados, Langer et al. (2008) propõem posicionar a fauna de vertebrados da Formação Rio do Rasto que aflora na região da Serra do Cadeado para o Capitaniano (Mesopermiano). Cunha & França

(1994), a partir de estudos das taxas de sedimentação das formações Teresina e Rio do Rasto, propõem idade triássica para a Formação Rio do Rasto.

Em relação a datações absolutas, Rocha-Campos et al. (2011) delimita para Formação Rio do Rasto idades de  $266,3 \pm 4,6$  Ma a partir de datações U/Pb, colocando a unidade nos estágios Capitaniano – Wuchiapingiano. A partir da datação uma camada de *tonstein*, Francischini et al. (2018) obteve idades U/Pb de  $270.61 +1.76/-3.27$  Ma (Estágio Roadiniano, base do Guadalupiano). para o Membro Morro Pelado no estado do Rio Grande do Sul.

### **3 BIVALVES DO GRUPO PASSA DOIS**

Bivalvia é uma classe de moluscos aquáticos de simetria bilateral, que apresenta uma concha formada por duas valvas, parcial ou completamente calcificadas. As valvas possuem um grande potencial de preservação, o que faz com que bivalves sejam comuns no registro paleontológico (Moore e Teichert, 1969).

Os bivalves do Grupo Passa Dois, Bacia do Paraná, são reconhecidos por comporem uma fauna endêmica, muito diferente de outras formas permianas ou triássicas encontradas em outras bacias (Runnegar e Newell, 1971; Simões et al., 1998).

A gênese das concentrações fossilíferas de bivalves do Grupo Passa Dois (formações Serra Alta, Teresina e Corumbataí), é definida, de acordo com Simões e Torello (2003), por cinco tanofácies distintas que representam o final da atuação de processos sedimentares relacionados a tempestades.

O endemismo dos bivalves do Grupo Passa Dois ocorreu a partir de uma especiação alopátrica, resultante de condições de isolamento, devido à restrição ambiental. Nesse processo, bivalves de linhagem marinha pré-existentes (Megadesmidae) originaram formas adaptadas a ambientes de água doce nos ambientes continentais que se desenvolveram no final do Permiano da Bacia do Paraná (Simões et al., 1998).

Ocorrências de bivalves semelhantes às do Grupo Passa Dois em outras bacias são elencadas por alguns autores. David et al. (2011) correlacionaram bivalves encontrados no Membro Serrinha, Formação Rio do Rasto, com bivalves da Formação Gai-As, noroeste da Namíbia. Os fósseis da Formação Gai-As encontram-se abaixo

de uma camada de tufo vulcânico, a partir da qual foi realizada datação pelo método U/Pb, que indicou uma idade não mais jovem do que  $265 \pm 2.5$  Ma para a fauna.

Três assembleias de bivalves são reconhecidas para a Formação Rio do Rasto (figura 4), as assembleias *Terraia curvata* e *Leinzia similis* ocorrem na porção inferior, Membro Serrinha, e a assembleia “*Palaeomutela*” *platinensis* ocorre no Membro Morro Pelado (Simões et al., 2017).

FIGURA 4 – CARTA ESQUEMÁTICA DO GRUPO PASSA DOIS COM AS ASSEMBLÉIAS DE BIVALVES PRESENTES NESTA UNIDADE (BASEADA EM ROHN 1994, 2007)

CHRONO		LITHOSTRATIGRAPHY		BIVALE ASSEMBLAGES	DEPOSITIONAL SYSTEMS	ENVIRONMENTAL CONDITIONS					
		GROUP	FORMATION								
PERMIAN	GUADALUPIAN	LOPINGIAN	WUCHIAPINGIAN	RIO DO RASTO	FLUVIAL, DELTAIC AND EOLIC SYSTEMS	fresh water oxic siliciclastic					
		CAPITANIAN	WORDIAN	MORRO PELADO							
	ROADIAN	TERESINA	PINZONELLA ASSEMBLAGE								
CISURALIAN	KUNGURIAN	SERRINHA	PINZONELLA ASSEMBLAGE	CONFINED INTERIOR SEA	marginal fresh water oxic mainly siliciclastic	nearshore variable salinity oxic siliciclastic/ carbonatic					
ARTinskIAN	IRATI	ASSISTÊNCIA	TAQUARAL ASSEMBLAGE	CONFINED INTERIOR SEA	offshore dysoxic/anoxic siliciclastic	offshore anoxic/dysoxic carbonatic/siliciclastic					

FONTE: Simões et al. (2017)

A assembleia “*Palaeomutela*” *platinensis* foi inicialmente descrita por Mendes (1954) e posteriormente refinada por Rohn (1988), que a descreve como compreendida pelas espécies *Nothoterraia acarinata* Rohn (1988), *Relogiicola delicata* Rohn (1988), ?*Palaeomutela platinensis* Reed (1935), cf. *Terraia* sp. 1 Rohn

(1988), cf. *Terraia* sp. 2 Rohn (1988), cf. *Terraia* sp. 5 Rohn (1988) e, talvez, *Cowperesia emerita* Reed (1929).

Os bivalves da Zona “*Palaeomutela platinensis*”, de acordo com Rohn (1988), provavelmente habitavam ambientes calmos de água doce de maior profundidade. A presença das espécies *?P. platinensis* e *R. delicata* associadas a litologias pelíticas, juntamente com as características morfológicas dessas espécies, podem indicar que esses bivalves habitavam substratos muito moles e eram sedimentívoros. Características das conchas dos bivalves, como serem equivalves, apresentarem convexidade máxima próximo à margem dorsal e a região anterior bem desenvolvida, indicam que os bivalves da Formação Rio do Rasto eram escavadores, viviam enterrados junto ao substrato (Rohn, 1988).

*Palaeomutela* é um gênero de bivalves de água doce típicos do Permiano (Silantiev, 1998). Porém, Guerrini et al. (2016) defendem que o gênero Paleomutela não ocorre na Bacia do Paraná. Os bivalves registrados no Membro Morro Pelado, segundo os autores, são resultantes da evolução *in situ* de bivalves originalmente marinhos que colonizaram a bacia durante as ingressões marinhas das unidades estratigráficas subjacentes (Grupo Guatá e Itararé).

#### 4 TAFONOMIA

O termo tafonomia foi inicialmente estabelecido para se referir ao conjunto de processos biológicos, físicos e químicos que determinam a extensão e o estilo da preservação dos fósseis (Efremov, 1940 *apud* Allison e Briggs, 1991). Atualmente, a definição mais aceita de tafonomia é como a ciência que estuda os processos de preservação e como estes afetam a informação do registro fóssil (Behrensmeyer e Kidwell, 1985).

A ampla compreensão dos processos tafonômicos é de suma importância para o entendimento do tendenciamento inerente ao registro fóssil. Pois, apesar de rico em informações biológicas e ecológicas, o registro fóssil as apresenta de modo incompleto e desigual, o que gera nele significativo tendenciamento (Behrensmeyer et al., 2000). Os processos tafonômicos exercem um profundo e difundido tendenciamento no registro fóssil, de modo que poucos fósseis, se é que estes existem, são preservados sem tendenciamento. O tendenciamento tafonômico é

influenciado por diversos processos biológicos, físicos e geoquímicos que são, em contrapartida, dependentes do ambiente deposicional (Allison e Bottjer, 2011).

Tafonomia caracteriza-se por ser uma ciência extremamente interdisciplinar que engloba diversas áreas das Geociências e Ciências Biológicas, e compreende observações tanto do registro fóssil quanto dos organismos em ambientes deposicionais atuais e experimentos em laboratório para a compreensão dos processos tafonômicos (Holz e Simões, 2002). A tafonomia inicia-se com a morte do organismo (necrologia), passa por processos biológicos, físico-químicos e sedimentológicos (bioestratinomia) e vai até a diagênese ou fossildiagênese (figura 5).

FIGURA 5 - SUBDIVISÕES DA TAFONOMIA E CIÊNCIAS CORRELATAS

		Eventos	Ciências Correlatas
TAFONOMIA	Diagênese	Soerguimento ↑ Fossildiagênese ↑ Soterramento final	Tectônica e Petrologia Sedimentar
	Bioestratinomia	Retrabalhamento ↗ Soterramento ↗ Transporte ↑ Desarticulação ↑ Decomposição	Sedimentologia
	Necrologia	Morte ↑ Nascimento	Tanatologia  Paleoecologia

FONTE: Modificado de Holz e Simões (2002) por Simões et al. (2010).

A bioestratinomia se preocupa com a morte e mudanças químicas e mecânicas na distribuição dos restos esqueletais dos organismos no âmbito dos processos sedimentares. Na bioestratinomia se leva em conta a relação espacial entre os fósseis e com a matriz de rocha circundante. As mudanças bioestratinômicas, segundo Fernández-Lopez e Fernández-Jalvo (2002), incluem processos físicos, químicos e sedimentares como desarticulação, abrasão, transporte, dispersão, seleção e retrabalhamento (figura 6A, B, C, D e E).

Em coquinas, a posição das conchas pode oferecer importantes informações sobre a interface água-sedimento. Conchas desarticuladas e retrabalhadas, por exemplo, podem possibilitar inferências sobre a condição hidráulica atuante durante a formação do depósito. Nesse contexto, conchas côncavo-convexas podem adquirir uma posição de estabilidade quando sujeitas a correntes suficientemente fortes que irão depender de sua morfologia e da rigidez do substrato em que se encontram (Holz e Simões, 2002).

Entender a paleoecologia do organismo estudado é fundamental para a compreensão dos processos tafonômicos (Martin, 1999). Por exemplo, concentrações de conchas de moluscos bivalves paralelas ao acamamento podem ter significados sedimentares muitos distintos a depender do hábito de vida do organismo. Se a acumulação for formada por organismos da infauna, como bivalves escavadores que vivem enterrados e dispostos verticalmente ao substrato, a disposição das conchas paralelas ao acamamento, implica que os organismos necessitaram, antes, serem exumados por correntes tracionais de fundo (Emig, 1986 *apud* Holz e Simões, 2002). Enquanto, que uma mesma disposição de organismos da epifauna bissada (vivem paralelamente ao substrato) pode ser formada pelo soterramento *in situ* desses organismos (Holz e Simões, 2002).

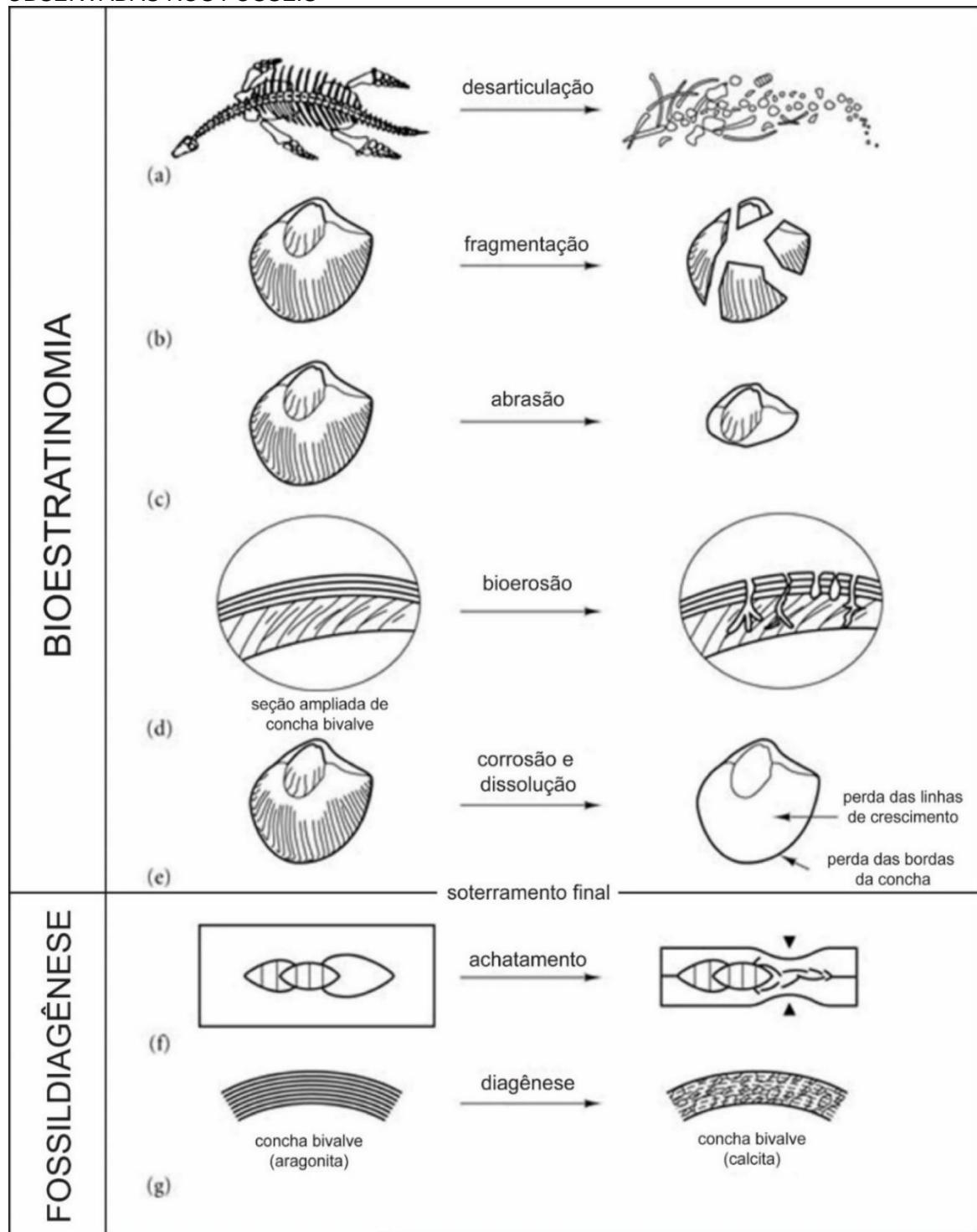
Um termo extremamente importante na tafonomia é a chamada mistura temporal (*time-averaging*). O termo mistura temporal se refere a mistura de acumulações de elementos de populações ou comunidades não contemporâneas (Walker e Bambach, 1971 *apud* Fürsich e Aberhan, 1990). Ou seja, organismos que viveram em diferentes tempos e não interagiram entre si podem ser encontrados preservados no mesmo horizonte fossilífero (Simões e Ghilardi, 2000).

O soterramento final do fóssil dá à fossildiagenêse, que está associada a uma série de modificações físicas e químicas dos restos esqueletais (Holz e Simões, 2002). A fossildiagenêse inclui diferentes processos como mineralização, dissolução, compactação e deformação do fóssil (figura 6F) devido a processos como pressão litostática ou deformação tectônica das rochas sedimentares (Fernández-Lopez e Fernández-Jalvo, 2002).

No caso de conchas de bivalves, muitas vezes ocorre a recristalização do mineral original que a constitui (figura 6G), normalmente aragonita ou calcita, para uma forma mais estável de calcita durante a diagênese. Na recristalização a microestrutura da concha pode ser preservada ou totalmente perdida (Holz e Simões,

2002; Martin, 1999). Em outros casos, pode haver a dissolução da valva do bivalve durante a diagênese e o preenchimento do espaço vazio por um mineral que irá manter a forma original do fóssil (denominado de pseudomorfo ou contra-molde), mas nunca a sua microestrutura (Holz e Simões, 2002).

FIGURA 6 – PRINCIPAIS PROCESSOS TAFONÔMICOS E AS FEIÇÕES RELACIONADAS OBSERVADAS NOS FÓSSEIS



FONTE: Modificado de Benton e Harper (2013).

## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram analisadas trinta e duas amostras fósseis de bivalves provenientes de três afloramentos do Membro Morro Pelado, Formação Rio do Rastro, localizados no norte do estado do Paraná. Os fósseis de bivalves estão alocados no Laboratório de Paleontologia (LABPALEO) e apresentam-se tombados nas coleções científicas de Paleoinvertebrados (UFPR PI) e Paleovertebrados (UFPR PV) com informações referentes ao código da amostra, afloramento de procedência e data de coleta (ANEXO 1).

As amostras foram preparadas mecanicamente, no LABPALEO, com o auxílio de ferramentas como martelo, talhadeira, agulhas e microscópio estereoscópico visando uma melhor exposição do material fóssil.

Para a descrição taxonômica usou-se como base os trabalhos de Simões et al. (1997), Mello (1999) e Moore e Teichert (1969) através de uma análise morfológica das conchas fósseis de bivalves. A análise tafonômica seguiu os procedimentos estabelecidos por Kidwell et al. (1986), Kidwell e Holland (1991) e Holz e Simões (2002). As considerações em relação a paleoecologia dos bivalves seguiram os trabalhos de Stanley (1970) e Moore e Teichert (1969).

Além da análise macroscópica dos fósseis, foram feitas análises em lâmina delgada e em MEV - EDS. No Laboratório de Minerais e Rochas (LAMIR), foi realizada microscopia eletrônica de varredura e espectroscopia por energia dispersiva (MEV – EDS), além da confecção de seis lâminas petrográficas com o objetivo de auxiliar nas análises taxonômicas e tafonômicas (tabela 1). A observação das lâminas e a captação de microfotografias foi feita no Laboratório de Pesquisa em Microscopia.

TABELA 1 – AMOSTRAS COM A RELAÇÃO DE ANÁLISES REALIZADAS

Amostra	Análise	
	Laminação	MEV-EDS
UFPR 0169 PI		
UFPR 0296 PI		
UFPR 0634 PI (A)		
UFPR 0635 PI		
UFPR 0636 PI		
UFPR 0637 PI		
UFPR 0640 PI		
UFPR 0656 PI		

Fonte: A autora (2018)

## 6 RESULTADOS

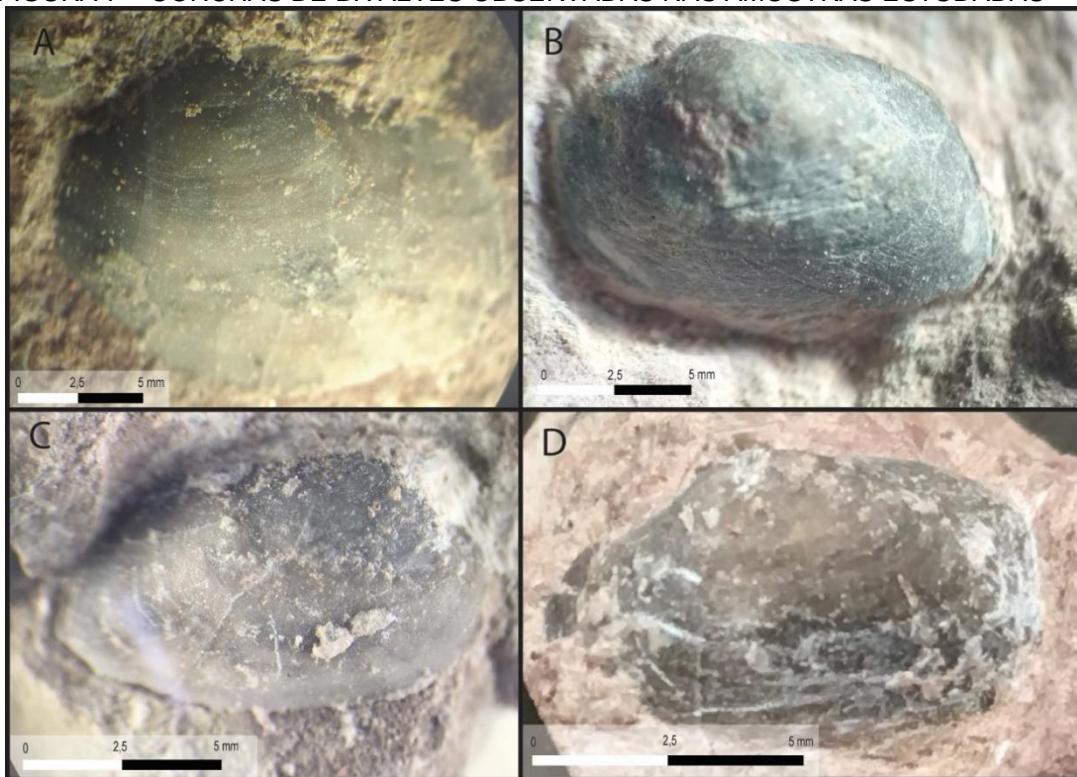
A análise das concentrações fossilíferas de bivalves foi realizada em relação à taxonomia, tafonomia e paleoecologia dos organismos. Em relação à taxonomia, foi feita a descrição de características observadas para a classificação do fóssil e a comparação destes com os taxa já descritos na literatura. O principal enfoque do trabalho foi a análise tafonômica que buscou compreender a gênese das assembleias de fósseis estudadas. Ademais, foram realizadas inferências sobre a paleoecologia dos bivalves estudados.

### 6.1 TAXONOMIA

Taxonomia é a ciência responsável pela nomenclatura e classificação dos organismos baseadas em sua morfologia e fisiologia (Brian, 2018). Deste modo, foram descritas as características morfológicas dos fósseis de moluscos bivalves estudados e comparadas com grupos já descritos na literatura.

Os bivalves estudados apresentam conchas com comprimento variando de 2 mm a 12 mm, formato variando de suboval a elíptico, com conchas equivalves, equilaterais (figura 7A e D) ou inequilaterais (figura 7B e C). As conchas apresentam curvatura máxima próxima a porção posterior. Uma observação mais detalhada da morfologia foi dificultada pela presença de muitos espécimes sobrepostos e por estarem deformados dorso-ventralmente (figura 7D). Em todos os espécimes analisados foi verificada a presença de finas linhas de crescimento concêntricas.

FIGURA 7 – CONCHAS DE BIVALVES OBSERVADAS NAS AMOSTRAS ESTUDADAS



Legenda: **A** – Valva direita observada na amostra UFPR 0676 PI. **B** – Valva direita observada na amostra UFPR 0634 PI. **C** – Valva esquerda proveniente da amostra UFPR 0676 PI. **D** – Valva proveniente da amostra UFPR 0656 PI.

FONTE: A autora (2018).

Não foi possível observar o sinus palial ou as cicatrizes musculares, importantes elementos para a classificação dos moluscos bivalves devido à preservação. No entanto, os dentes foram observados parcialmente em uma única concha e são do tipo taxodonte (figura 8).

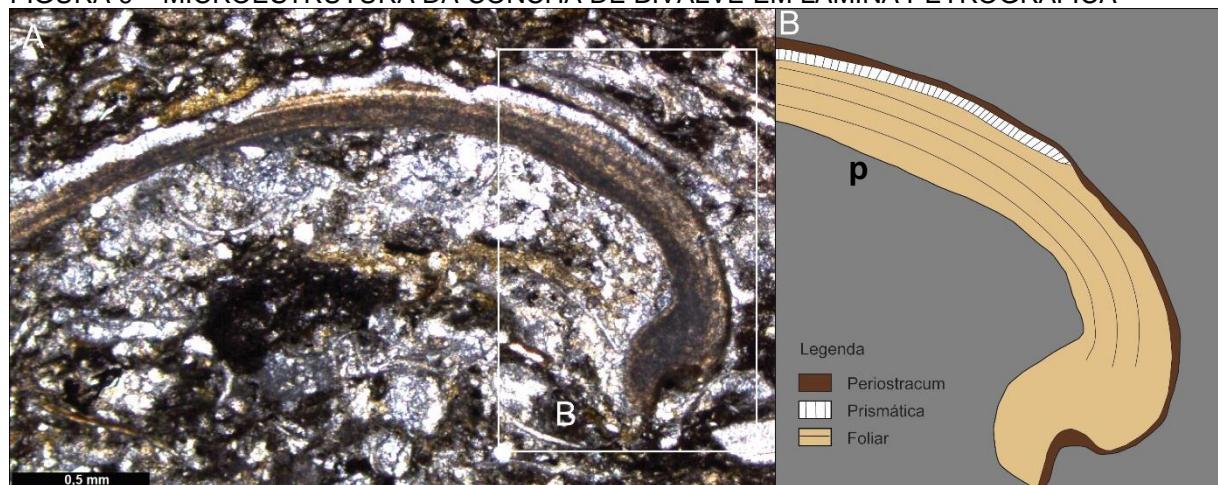
FIGURA 8 - DETALHE DA CHARNEIRA COM A DISPOSIÇÃO DOS DENTES



FONTE: A autora (2018).

Em lâmina delgada foi possível observar que algumas valvas apresentam a microestrutura original preservada (figura 9). Nesse contexto observou-se, de fora para dentro, valvas constituídas de uma fina camada cor cinza amarronzada de composição orgânica denominada de periostracum, sucedido por uma camada de calcita prismática, sucedida por uma camada de calcita microcristalina ordenada em camadas foliares. A camada prismática pode ser classificada como do tipo regular simples, e a camada foliar como do tipo lamelar fibrosa (Carter e Clark, 1985). A morfologia permite delimitá-las como sendo do tipo nacre, que ocorre associadas aos grupos de bivalves taxodontes.

FIGURA 9 – MICROESTRUTURA DA CONCHA DE BIVALVE EM LÂMINA PETROGRÁFICA



Legenda: A – Fotomicrografia da lâmina UFPR 0636 PI, mostrando microestrutura da concha. B – Desenho mostrando as camadas que compõem a microestrutura da concha identificadas.  
FONTE: A autora (2018).

Dentre as amostras estudadas, encontraram-se organismos caracterizados por valvas semelhantes à descrição das espécies *Relogiicola delicata* (Rohn, 1985) e *Paleomutela? platinensis* (Reed, 1929). Entretanto, comparações mais apuradas necessitam serem realizadas para determinar as espécies que compõem a assembleia estudada.

## 6.2 PALEOECOLOGIA

Os bivalves são organismos que vivem em ambientes aquáticos tanto marinho quanto dulcícolas e apresentam diferentes hábitos de vida, alimentares e de locomoção (Moore e Teichert, 1969). Eles exibem conchas com diferentes

morfologias, cuja análise pode vir a representar uma importante ferramenta para estudos paleoecológicos (Stanley, 1970).

Deste modo, foi realizada uma análise morfológica dos bivalves estudados. Estes organismos apresentam conchas ovais a subovais, equivalves e com redução da porção anterior. As linhas de crescimento são finas e concêntricas e, não foi observada nenhuma ornamentação expressiva nas conchas. Essas características indicam que os bivalves estudados são infaunais, ou seja, vivem enterrados no substrato.

Indicativo de que os bivalves seriam escavadores rasos é o tamanho das valvas dos bivalves que variam entre 2 a 12 mm de comprimento e a obesidade da concha. A redução de tamanho observadas em bivalves escavadores é uma adaptação relacionada ao decréscimo do tempo de escavação dos bivalves, pois animais menores conseguem se enterrar mais rapidamente que animais maiores de mesmo formato e anatomia (Stanley, 1970). Outro relacionado à velocidade de escavação é a obesidade das valvas, as valvas descritas apresentam índice de obesidade, relação entre a altura e largura da concha, em torno de 1,5, o que indica, segundo Stanley (1970), velocidades de escavação intermediárias. Ademais, os bivalves escavadores têm como característica de que quanto mais profundo é o hábito de escavação menor é a obesidade da concha, pois isto atrapalha na escavação do organismo (Moore e Teichert, 1969).

As conchas estudadas têm características associadas a moluscos bivalves de hábito alimentar detritívoro. O hábito alimentar desses organismos pode ser suspensívoros ou detritívoros. Os bivalves suspensívoros se alimentam das partículas em suspensão e estão geralmente associados a fundos mais arenosos enquanto os bivalves detritívoros estão associados a fundo lodosos e se alimentam da matéria em decomposição sobre os sedimentos (Stanley, 1970). Como características adaptativas os bivalves detritívoros apresentam conchas finas, associada a diminuição da densidade corpórea e tamanho reduzido. De modo que a razão superfície/volume do corpo do animal é aumentada e este se mantém mais estável no substrato lamoso mole (Stanley, 1970).

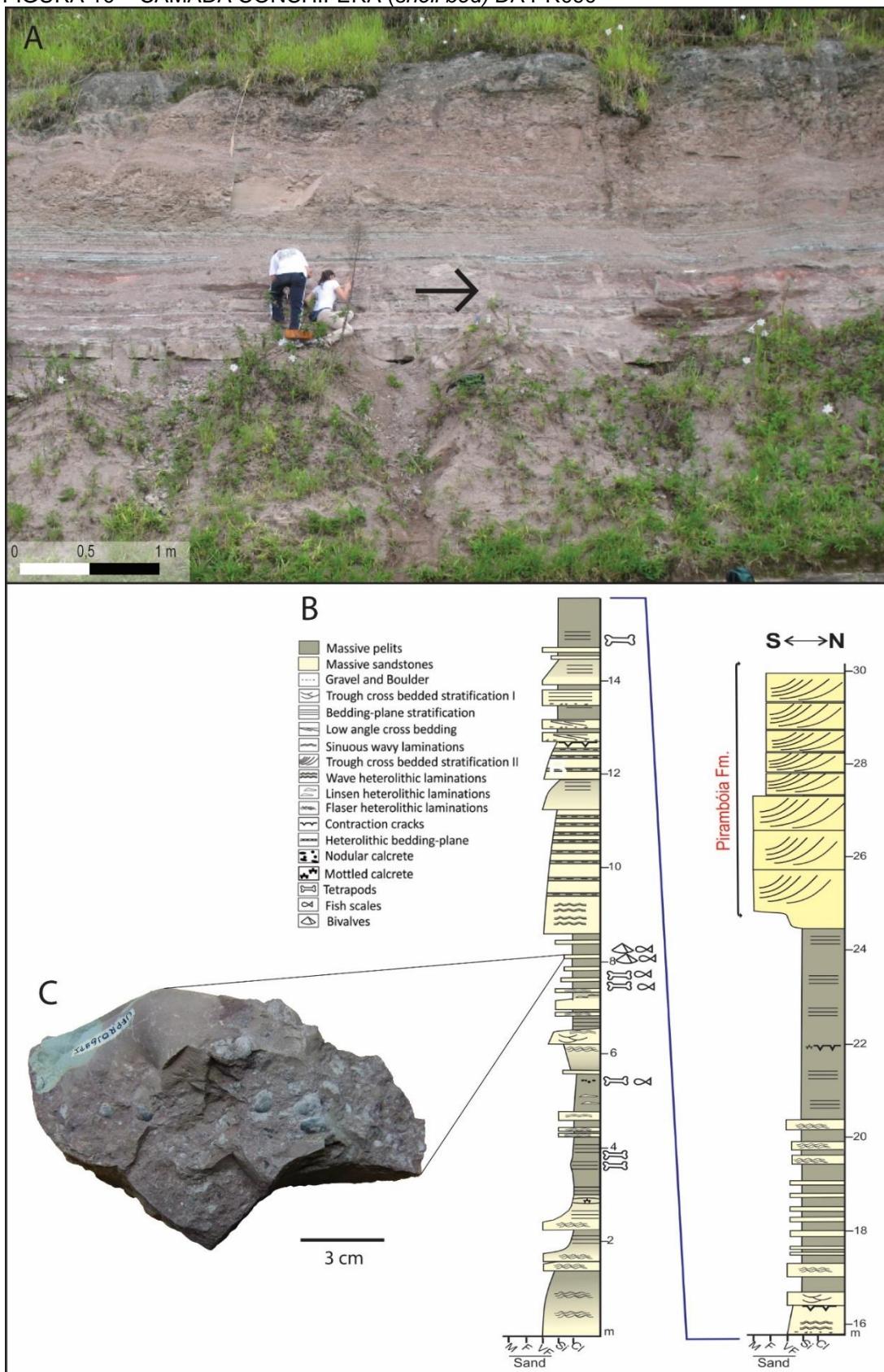
As características da morfologia das conchas encontradas nas assembleias descritas corroboram com as interpretações paleoecológicas definidas por Rohn (1988) para assembleias de bivalves do Membro Morro Pelado de outros afloramentos da Biozona de assembleia "*Palaeomutela platinensis*".

### 6.3 TAFONOMIA

Para a descrição de concentrações fossilíferas devem ser levadas em conta diversas feições sedimentológicas estratigráficas, bioestratinômicas, diagenéticas e paleoecológicas (Holz e Simões, 2002). A maior parte das amostras de concentrações de conchas de bivalves estudadas, 29 das 32, são oriundas de uma camada que ocorre em afloramento do Membro Morro Pelado da Formação Rio do Rasto no município de São Jerônimo da Serra.

Os fósseis de moluscos bivalves ocorrem associados à uma camada que se estende lateralmente por todo o afloramento e tem aproximadamente 30 cm de espessura (figura 10A, B e C), composta por arenitos muito finos maciços e siltitos avermelhados (Souza, 2011; Schemiko 2013).

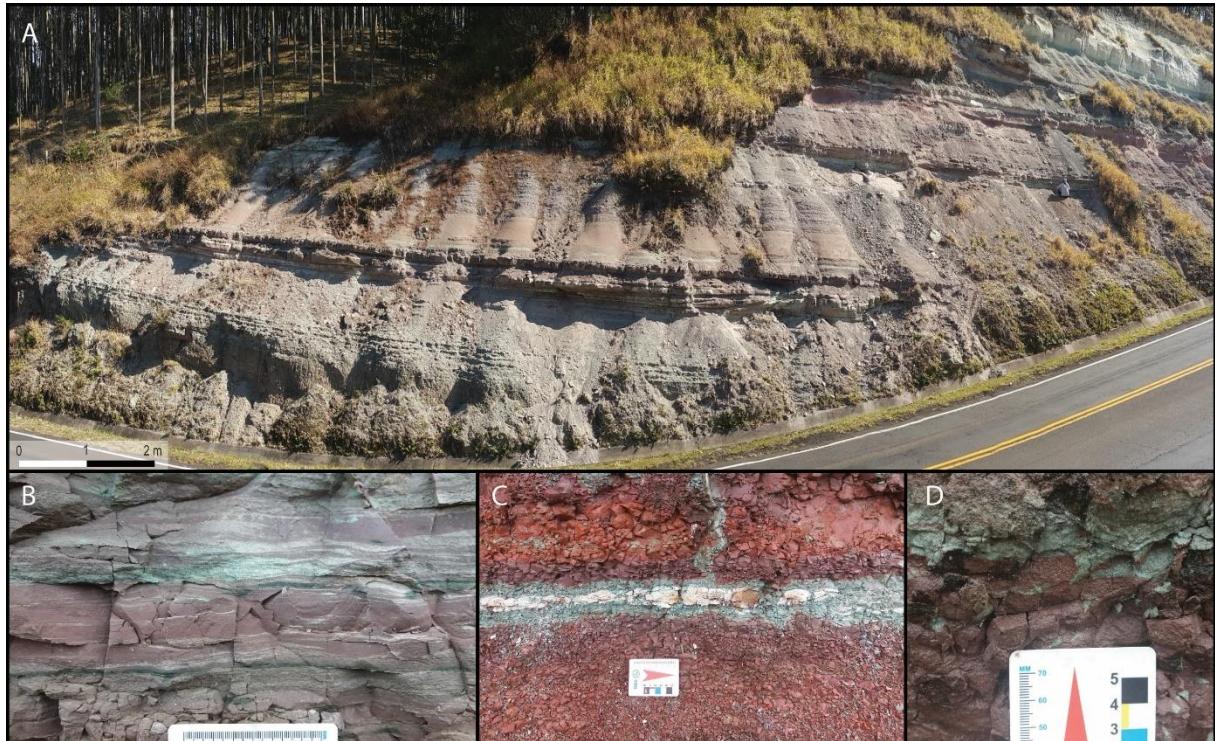
FIGURA 10 – CAMADA CONCHÍFERA (*shell bed*) DA PR090



Legenda: **A** – Foto do afloramento com flecha indicando o nível da camada em que ocorrem os fósseis estudados. **B** – Perfil com o nível em que os fósseis de bivalves ocorrem, modificado de Schemiko et al. (2013) por Azevedo et al. (2017). **C** – Foto da amostra com bivalves fósseis UFPR 0169 PI, procedente deste afloramento.

Esse afloramento é composto pela intercalação de arenitos finos a médios com estratificação cruzada acanalada, com espessuras variando de 0,40 m a 1 m, intercalados com níveis de siltitos avermelhados e esverdeados (figura 11A). Nos níveis formados predominantemente por siltitos observa-se, estruturas heterolíticas *linsen* e *wavy*, marcas onduladas (figura 11B), em algumas porções também ocorre a formação de crostas carbonáticas (figura 11C), gretas de contração e brechas intraformacionais (figura 11D), os fósseis normalmente ocorrem associados a esta litologia e aos arenitos finos a muito finos com estratificação cruzada acanalada.

FIGURA 11 - LITOLOGIA DO AFLORAMNETO DA PR-090

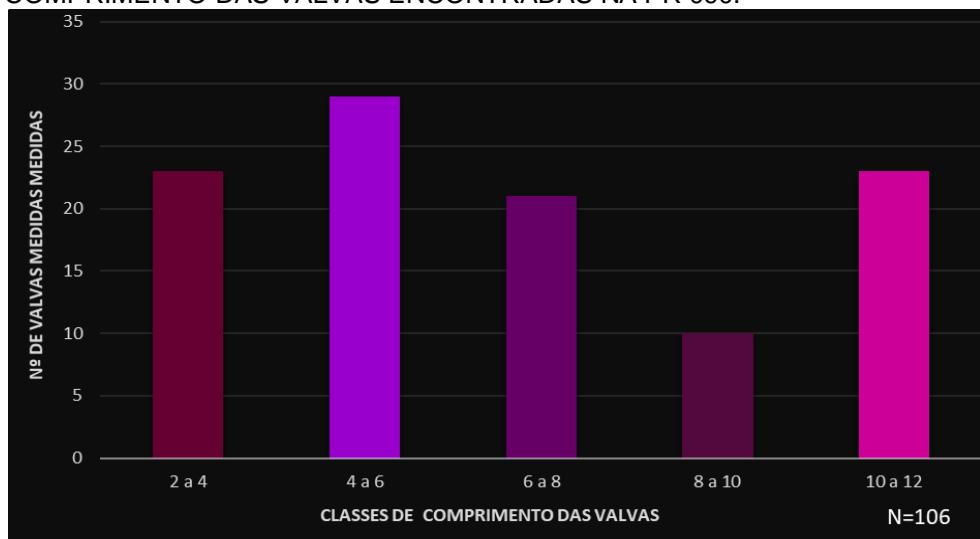


Legenda: **A** - Vista geral do afloramento da PR090. **B** – Ripples e estrutura heterolíticas (*linsen*) em níveis de siltito e arenito muito fino. **C** – Nível com crosta carbonática. **D** – Intraclastos em argila em siltito.

FONTE: A autora (2018).

A análise quantitativa do comprimento das valvas de bivalves que ocorrem nas amostras, mostrou que a tafocenose estudada apresenta conchas de moluscos bivalves distribuídas em diferentes classes de tamanho. O padrão de distribuição das classes é semelhante ao encontrado em tafocenoses que, segundo Holz e Simões (2002), foram formadas por morte seletiva (morte natural) de organismos e depositados com rápido soterramento.

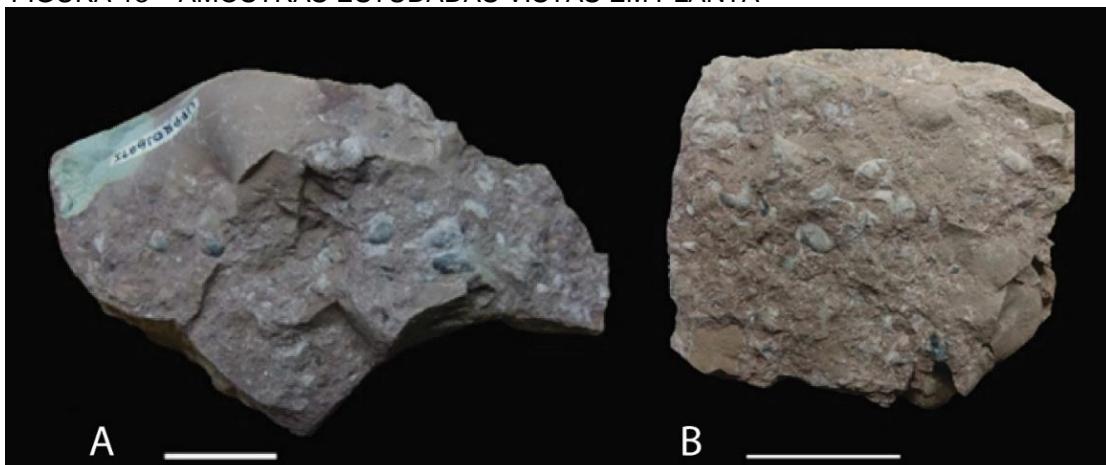
FIGURA 12 – GRÁFICO COM A DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES DE COMPRIMENTO DAS VALVAS ENCONTRADAS NA PR 090.



FONTE: A autora (2018).

A observação das conchas em planta (figura 13) mostrou que a assembleia é caracterizada por bioclastos dispostos caoticamente na matriz da rocha, sem orientação preferencial, e com conchas com a concavidade para voltada para diferentes direções.

FIGURA 13 – AMOSTRAS ESTUDADAS VISTAS EM PLANTA



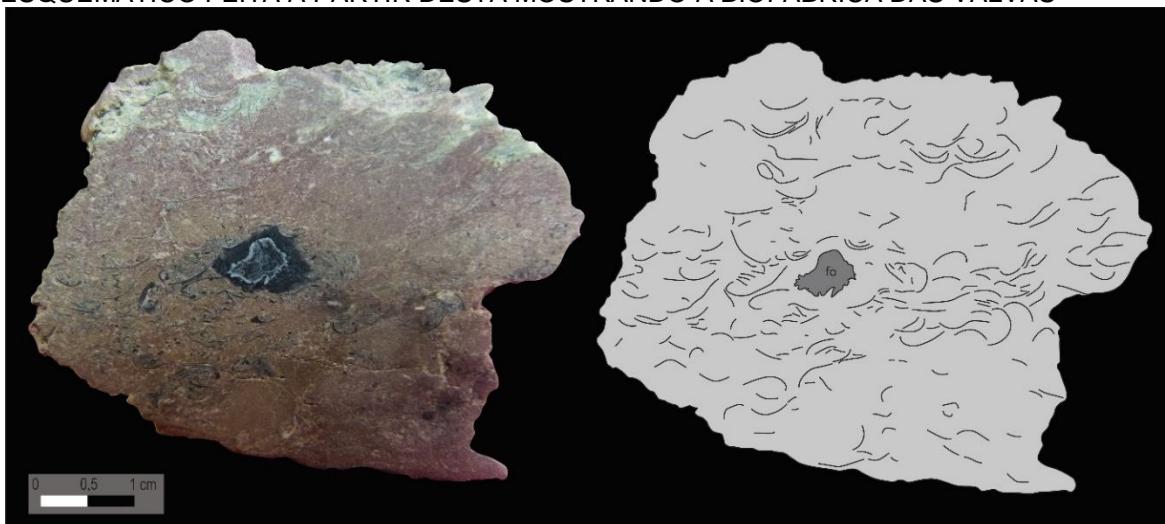
Legenda: **A** – UFPR 0169 PI. **B** – UFPR 0Escalaras 3 cm

FONTE: A autora (2018).

A biofábrica, arranjo das valvas na matriz da rocha, é complexa, de modo que se observa uma variação vertical. Níveis com valvas densamente empacotadas e concordantes com o acamamento sedimentar, com feições de aninhamento de valvas

e com algumas fragmentadas gradam para níveis com valvas mais dispersas na matriz e oblíquas ao acamamento sedimentar (figura 14).

FIGURA 14 - FOTO DE SEÇÃO POLIDA DA AMOSTRA UFPR 0656 PI E DESENHO ESQUEMÁTICO FEITA A PARTIR DESTA MOSTRANDO A BIOFÁBRICA DAS VALVAS

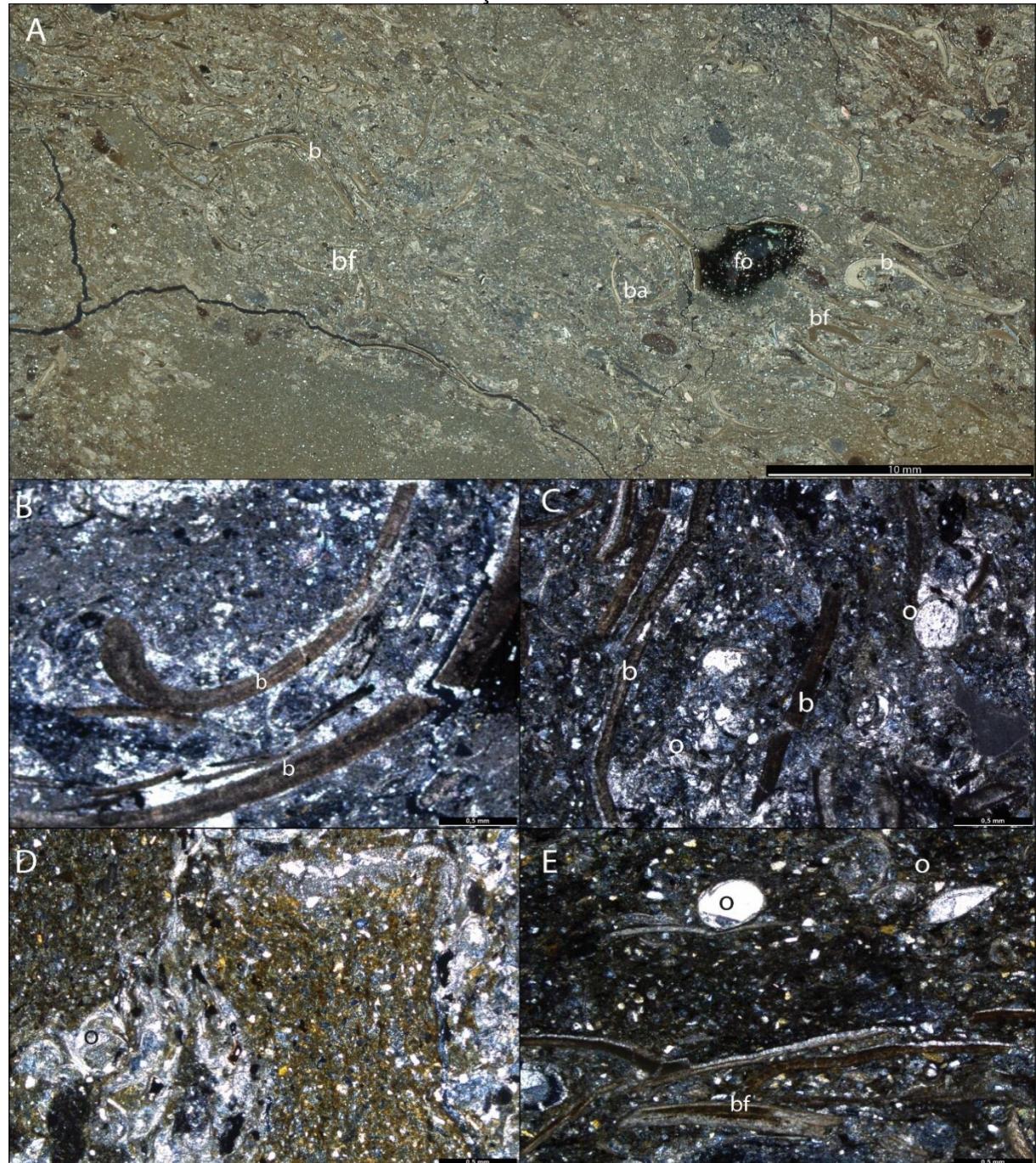


Legenda: Linhas pretas curvadas – valvas de bivalves, fo - fragmento de osso.  
FONTE: A autora (2018).

As valvas dos fósseis de moluscos bivalves estudados apresentam-se, quase em sua totalidade, desarticuladas. Foram encontrados sinais de abrasão apenas em algumas conchas e normalmente, estão predominantemente inteiras, com alguns níveis apresentando uma maior proporção de valvas fragmentadas. Destaca-se, também, a ocorrência esparsa de valvas abertas articuladas (valvas em borboleta). Essa feição tem um significado importante em relação a sedimentação, pois a abertura das valvas ocorre poucos dias após a morte do organismo e tende a ficar preservada nessa posição apenas se for soterrada no espaço de tempo de algumas semanas, dependendo da energia do ambiente sedimentar (Holz e Simões, 2002).

A observação das valvas em lâmina petrográfica demonstrou mais detalhes sobre o modo como os bivalves se apresentam arranjados em relação a matriz da rocha. Apesar de predominantemente estarem concordantes (paralelos) com o acamamento sedimentar, também são observadas valvas arranjadas obliquamente e, às vezes, verticalmente em relação ao acamamento sedimentar (figura 15).

FIGURA 15 - FOTOMICROGRAFIAS DAS FEIÇÕES TAFONÔMICAS OBSERVADAS EM LÂMINA



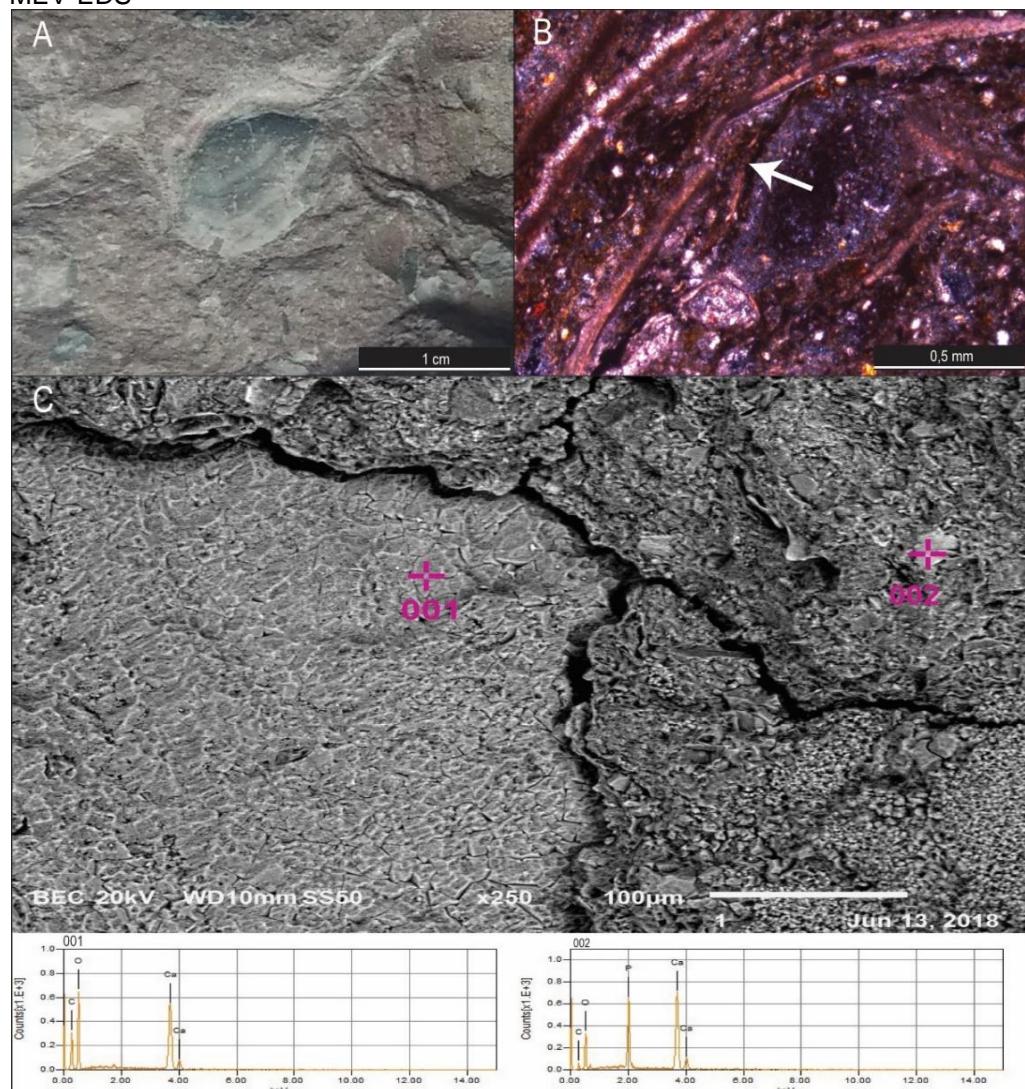
Legenda: **A** – Escaneamento da lâmina UFPR 0256 PI, notar o arranjo das valvas de bivalves preferencialmente paralelas e algumas oblíquas ao acamamento sedimentar, variação no grau de empacotamento das valvas na matriz e associação com um fragmento de osso. **B** – Valvas de bivalves aninhadas, lâmina UFPR 0256 PI. **C** – Valvas de bivalves desarticulados associadas com ostracodes com as carapaças articuladas, UFPR 0256 PI. **D** – Coquina de ostracodes, rocha formado principalmente por carapaças desarticuladas de ostracodes em contato irregular com rocha siliciclásticas, evidência de retrabalhamento, UFPR 0637 PI A. **E** – Valvas de bivalve densamente empacotadas, parte inferior da foto, e nível fracamente empacotado com ostracodes articulados, parte superior da foto, UFPR 0636 PI. Siglas: b – concha de bivalve, ba -concha de bivalves articulada, bf – concha de bivalve fragmentada, fo – fragmento de osso e o – ostracode.

FONTE: A autora (2018).

Em relação a fossildiagênese, foram observadas valvas com achatamento e deformação dorsoventral. Esse achatamento ocorre principalmente nas conchas maiores, em média maiores 6 mm de comprimento (figura 16 A). Ademais observou-se conchas, em lâmina delgada, com microfraturas, também de origem diagenética (figura 16B). Tanto o achatamento como as microfraturas estão relacionadas a compactação mecânica durante a diagênese.

Além disso, a análise de MEV com EDS (figura 16C) mostrou que as conchas são compostas por carbonato de cálcio e também mostrou respostas para o P, Ca, O (provavelmente relacionada a fragmentos de ossos ou escamas na matriz da rocha).

FIGURA 16 – DEFORMAÇÕES OBSERVADAS NAS CONCHAS E RESULTADOS DO MEV-EDS



Legenda: **A** – Concha deformada devido à diagênese. **B** – Conchas com microfraturas, indicadas pela flecha branca. **C** – Resultado da análise MEV-EDS da superfície das conchas e sedimento em entorno.

Fonte: A autora (2018).

A observação de feições das microestruturas que compõem as valvas dos preservadas dos bivalves indica que a fossilização ocorreu através de processos relacionados a recristalização das valvas ou pela substituição do mineral original as compõem, ou seja, ocorreram mudanças químicas e/ou da estrutura cristalina do mineral que formava as conchas, porém sem destruição da microestrutura.

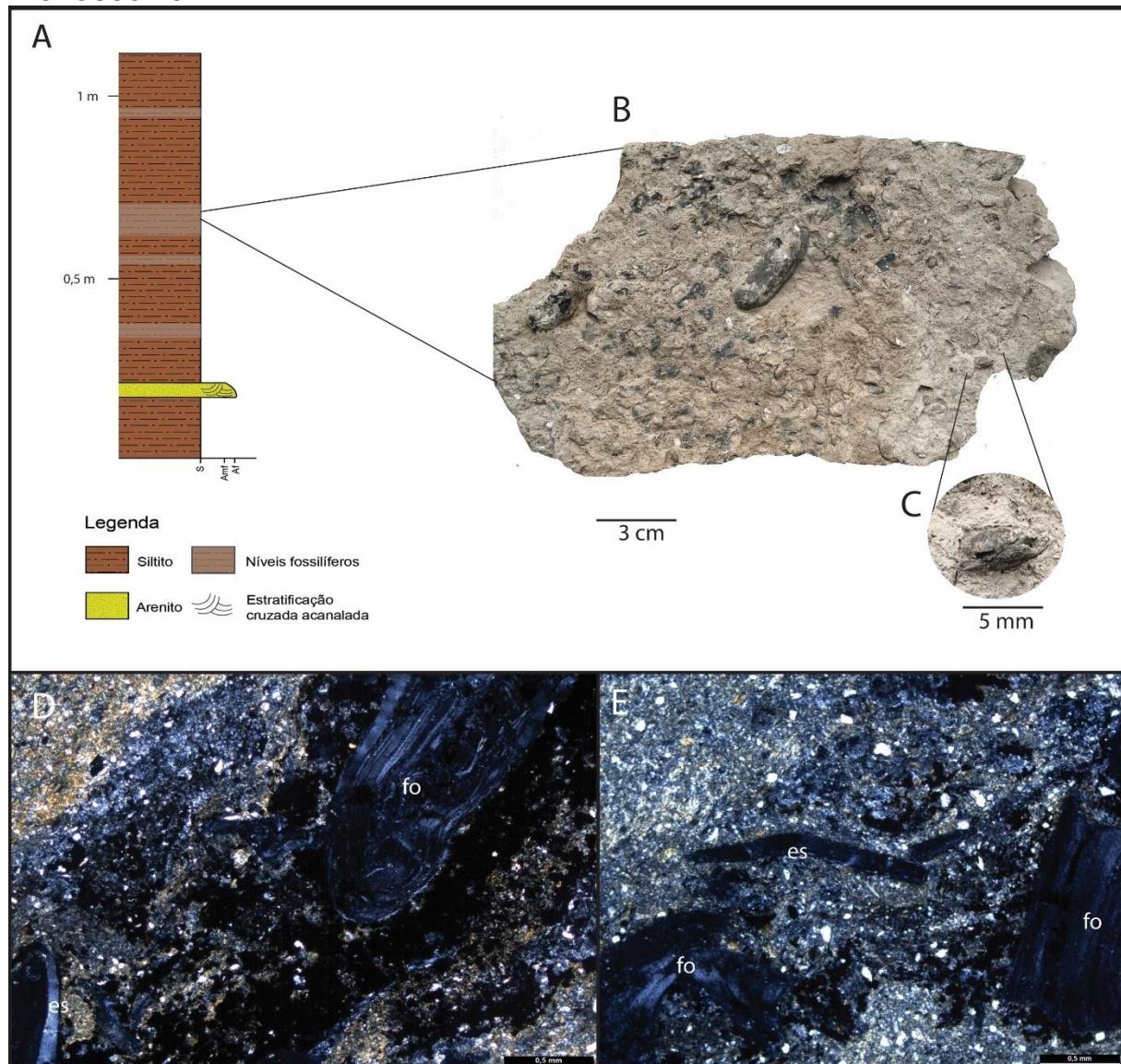
Também foram analisadas duas amostras provenientes do afloramento Fazenda Boa Vista e uma da Serra do Cadeado com relação à tafonomia.

O afloramento da fazenda Boa Vista, está a cerca de 600 metros do afloramento da PR090 e apresenta uma assinatura tafonômica diferente. Os bivalves ocorrem como moldes internos e externos associados a quatro camadas (figura 17 A) com acumulações politípicas, diferentes elementos esqueletais, como ossos longos e fragmentados, escamas isoladas, conchostráceos e coprólitos densamente empacotados (figura 17B).

Em relação a disposição das conchas, elas apresentam-se predominantemente desarticuladas e paralelas ao acamamento sedimentar. Entretanto ocorrem alguns bivalves com conchas articuladas em posição de vida, perpendicularmente ao acamamento sedimentar (figura 17C). A preservação de organismos infaunais em posição de vida implica em grande taxa de sedimentação, geralmente relacionada a eventos de deposição episódicos (Holz e Simões, 2002).

Como os bivalves estão preservados através de moldes, não foi possível observar as conchas e sua disposição em lâmina, entretanto verificaram-se ossos e escamas seccionadas (figura 17D e E).

FIGURA 17 – PERFIL DO AFLORAMENTO FAZENDA BOA VISTA E FÓSSEIS VISTOS MACRO E MICROSCOPICAMENTE.



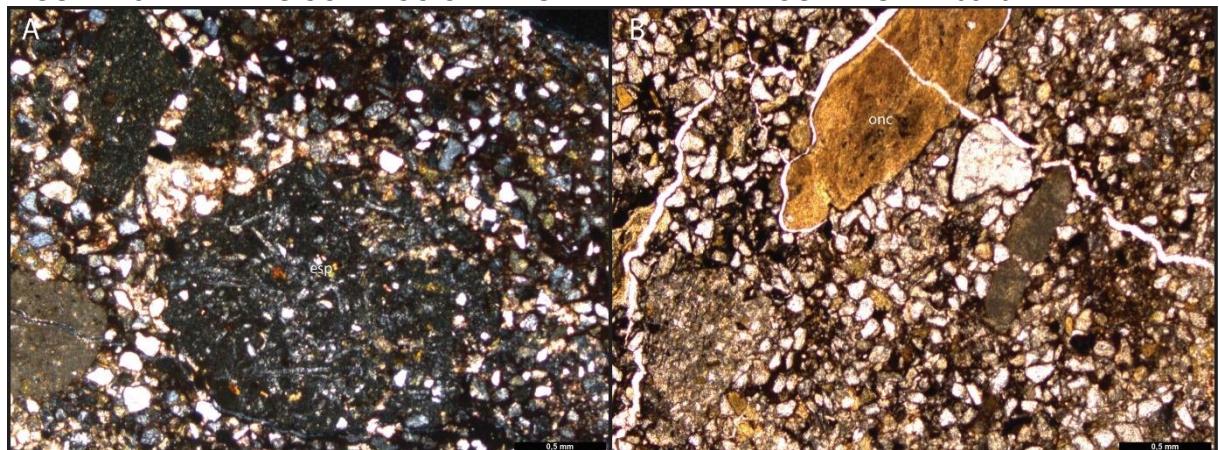
Legenda: **A** – Perfil do afloramento Fazenda Boa Vista. **B** – Amostra com moldes de bivalves, fragmentos de ossos, escamas e coprólitos. **C** – Bivalve em posição de vida, perpendicular ao acamamento sedimentar, e valvas articuladas. **D** – Fotomicrografia da lâmina UFPR 0296 PI, mostrando fragmentos de ossos e escamas em siltito. **E** – Fragmentos de ossos e escamas na lâmina UFPR 0296 PI. Siglas: es – escamas, fo – fragmentos de ossos.

FONTE: A autora (2018).

Ademais, foi analisada uma amostra composta de arenito médio a fino procedente da região da Serra do Cadeado que apresenta moldes externos de bivalves mal preservados. Na amostra, são observados fragmentos de cor branca que, inicialmente, pareciam se tratar de fragmentos de conchas de bivalves. Entretanto, após a realização da lâmina delgada observou-se que eram fragmentos de ossos de vertebrados.

Deste modo, em lâmina delgada foi possível observar diversos microfósseis. Fragmentos líticos de oncóides e aglomerados de espículas de escamas além dos fragmentos ósseos e escamas (figura 18). Um grande empecilho para a análise tafonômica desta amostra se deve ao fato desta ter sido coletada sem controle estratigráfico.

FIGURA 18 – LÂMINAS CONFECCIONADAS A PARTIR DA AMOSTRA UFPR 0640 PI



Legenda: A – Aglomerado de espículas de esponjas. B – Arenito fino com fragmentos líticos de oncóides e aglomerados de espículas de esponjas. Siglas: esp – espículas de esponjas, onc – oncóides.

FONTE: A autora (2018).

## 7 DISCUSSÕES

A análise morfológica das conchas as caracteriza como pertencentes a bivalves escavadores rasos. Entretanto, Kotzian e Simões (2006) argumentam que a análise morfológica de conchas de bivalves dulcícolas é menos efetiva do que a feita em bivalves marinhos, pois os bivalves dulcícolas são menos especializados em relação ao ambiente, e devem ser interpretados com cuidado.

Os bivalves são organismos essencialmente aquáticos de modo que não podem viver, se alimentar ou se manter ativo fora de meios não aquosos (Moore e Teichert, 1969). Somado ao fato de que as conchas de bivalves apresentam características que indicam que eles habitavam ambientes de baixa energia com substrato lamoso e com um corpo d'água significativo e perene.

As características tafonômicas dos bivalves provenientes do afloramento da PR-090 indicam que se trata de uma acumulação parautóctone. Assembléias fossilíferas parautóctones, segundo Kidwell et al. (1986), são constituídas por componentes autóctones que foram retrabalhados até certo grau, em que pode haver

desarticulação, orientação e concentração dos fósseis, mas que não foram movidos de seu ambiente de vida original. Isso também é corroborado pelo fato de a paleoecologia desses organismos estar associada a sedimentos finos e dos fósseis serem encontrados associados a siltitos e arenitos muito finos com evidências de retrabalhamento.

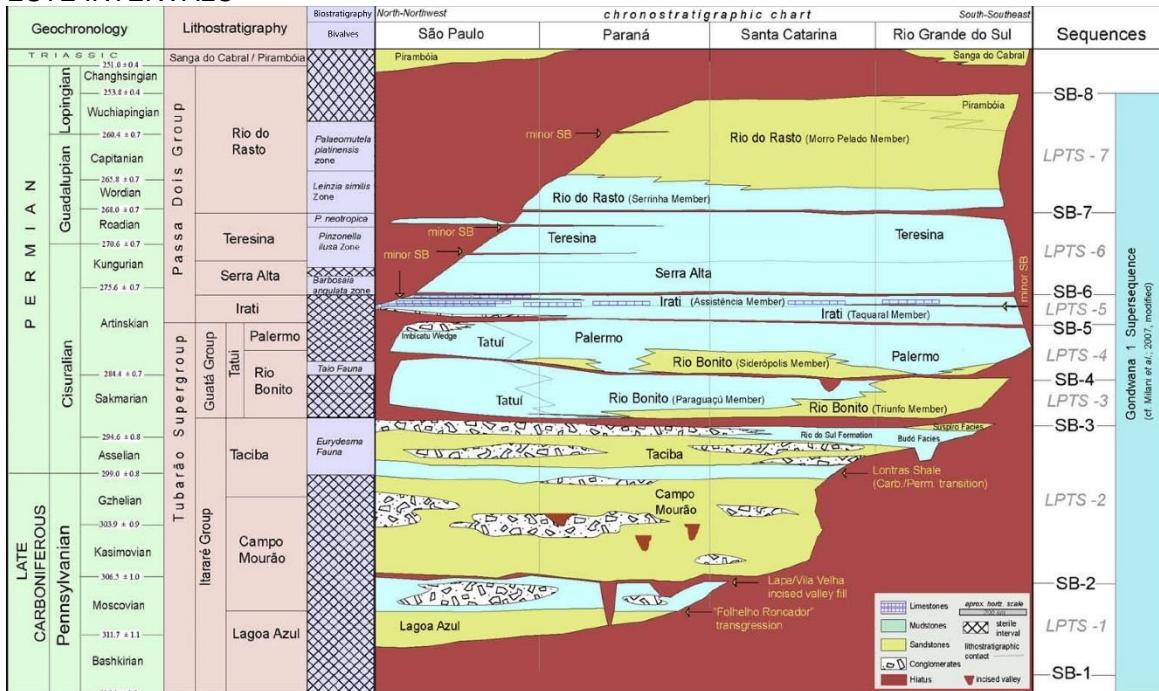
Em lâmina delgada, foram encontrados um grande número de ostracodes associados aos moluscos bivalves. Esses organismos representam um grupo de crustáceos com carapaça bivalve quitinosa ou calcária (Armstrong e Brasier, 2013). Os ostracodes encontrados se referem à organismos com carapaça calcária e lisa. Os aspectos tafonômicos mostraram que eles ocorrem predominantemente articulados, entretanto também foram encontrados desarticulados. O controle tafonômico, porém, não ficou claro.

Ademais, a presença das valvas fossilizadas por recristalização com a preservação da microestrutura do bivalve para o Membro Morro possibilita novos estudos para os organismos e revela a importância de se complementar dados macroscópicos com descrições em lâmina delgada, pois os pelecípodes do Grupo Passa Dois normalmente são descritos como preservados por moldes ou silicificação (Rohn, 1988, 1994; Simões et al., 2017; ).

A impossibilidade de determinar alguns parâmetros tafonômicos devido à falta de dados importantes a serem verificados na coleta das amostras foi um entrave no estudo. Por exemplo, o fato de amostras terem sido coletadas sem indicação de topo e base, impossibilitou interpretar a relação das conchas observada com a concavidade em diferentes direções. Assim, revela-se a importância de se seguir determinados protocolos de coleta tafonômica, como os contidos nos trabalhos de Simões e Ghilardi (2000).

Em relação à bioestratigrafia, atualmente a Biozona “*Paleomutela’ platinensis*” (figura 19), se limita a porção inferior do Membro Morro Pelado (Holz et al. 2010). Entretanto, a ocorrência dos bivalves estudados em afloramentos da porção superior do Membro Morro Pelado parece indicar que ela se estende até as porções superiores desta unidade.

FIGURA 19- CARTA CRONOESTRATIGRÁFICA DO CARBONÍFERO SUPERIOR E PERMIANO DA BACIA DO PARANÁ COM AS BIOZONAS DE BIVALVES ATUALMENTE ESTABELECIDAS PARA ESTE INTERVALO



FONTE: Adaptado de Holz et al. (2010)

## 8 CONCLUSÕES

Os bivalves estudados apresentam dentição do tipo taxodonte. A paleoecologia destes pelecípodes, através da análise da morfologia funcional das conchas, indica que eram organismos infaunais, escavadores rasos e que viviam associados a substratos pelíticos.

Delimitou-se a existência de assembléias alóctones, parautóctones e autóctones para os afloramentos estudados. As concentrações de bivalves da PR-090 são formadas por valvas densamente empacotadas, inteiras, fragmentadas e aninhadas que indicam uma assembleia provavelmente parautóctone, retrabalhada por fluxos de alta energia e que apresenta significativa mistura temporal. Já, a assembleia de bivalves do afloramento Fazenda Boa Vista representa uma assembleia autóctone, evidenciada pela presença de organismos em posição de vida. E, a assembleia da Serra do Cadeado provavelmente se caracteriza uma assembleia alóctone, entretanto maiores estudos precisam ser feitos neste afloramento.

Também foram notadas diferenças para a fossilização entre os dois afloramentos, pois a assembleia de bivalves da estrada foi preservada pela recristalização da concha, enquanto o processo de fossilização responsável pela

preservação dos bivalves no afloramento Fazenda Boa Vista foi a formação de molde. Entretanto, falta compreender melhor os controles diagenéticos que levaram a estes diferentes tipos de preservação.

A análise tafonômica em diferentes escalas, macroscópica e de lâmina delgada, mostrou o potencial de análises tafonômicas em lâmina delgada para complementar dados tafonômicos observados macroscopicamente. Ademais, revelou-se a importância da coleta de fósseis com o maior número de informações estratigráficas e sedimentares possíveis para a realização de trabalhos tafonômicos e de reconstituições paleoecológicas e paleoambientais com base em fósseis.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLISON, P.A. AND BOTTJER, D.J. 2011. *Taphonomy: process bias and through time*. Springer, Dordrecht, p. 1- 17.
- ALLISON, P. A.; BRIGGS, A. 1991. **Taphonomy**. New York: Plenum Press. 560 p.
- ARMSTRONG, H. AND BRASIER, M. 2013. **Microfossils**. John Wiley & Sons. 305 p.
- BEHRENSMEYER, A.K. AND KIDWELL, S.M. 1985. *Taphonomy's contributions to paleobiology*. **Paleobiology**, v. 11, n. 1, p.105-119.
- BEHRENSMEYER, A.K., KIDWELL, S.M. AND GASTALDO, R.A. 2000. *Taphonomy and paleobiology*. **Paleobiology**, v. 26, sp. 4, p.103-147.
- BENTON, M. AND HARPER, D.A. 2013. **Introduction to paleobiology and the fossil record**. John Wiley & Sons.
- CARTER, J.G. AND CLARK, G.R., 1985. *Classification and phylogenetic significance of molluscan shell microstructure*. **Studies in Geology, Notes for a Short Course**, 13, pp.50-71.
- CUNHA, P. R. C.; FRANÇA, A. B. 1994. Estudo das taxas de sedimentação das formações Teresina e Rio do Rasto – Bacia do Paraná. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, v. 8, n. 2-4, p. 347-359.
- DAVID, J. M.; SIMÕES, M. G.; ANELLI, L. E.; ROHN, R.; HOLZFOERSTER, F. 2011. *Permian bivalve molluscs from the Gai-As Formation, northern Namibia: systematics, taphonomy and biostratigraphy*. **Alcheringa: An Australasian Journal of Palaeontology**, v. 35, n. 4, p. 497-516.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ, S. AND FERNÁNDEZ JALVO, Y. 2002. *The limit between biostratinomy and fossilization*. In: **Current Topics on Taphonomy and Fossilization**, DE RENZI, M.; PARDO ALONSO, M. V., p.27-37.
- FERREIRA-OLIVEIRA, L.G., 2007. **Conchostráceos permianos da Bacia do Paraná: taxonomia, evolução, bioestratigrafia e paleobiogeografia**. Tese (Doutorado em Geologia Regional). Unesp – Rio Claro. 241 p.
- FRANCISCHINI, H., DENTZIEN-DIAS, P., GUERRA-SOMMER, M., MENEGAT, R., SANTOS, J.O.S., MANFROI, J. AND SCHULTZ, C.L. 2018. *A middle Permian (Roadian) lungfish aestivation burrow from the Rio do Rasto Formation (Paraná Basin, Brazil) and associated U-Pb dating*. **Palaios**, v. 33, n. 2, p. 69-84.
- FÜRSICH, F.T. AND ABERHAN, M. 1990. *Significance of time-averaging for palaeocommunity analysis*. **Lethaia**, v. 23, n. 2, p.143-152.
- GORDON JÚNIOR, M. 1947. Classificação das formações gondwânicas do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. In: **Notas preliminares e estudos**, DNPM, DGM, v. 38, 20 p.

GHILARDI, R.P.; SIMÕES, M.G. 2002. Foram os bivalves do Grupo Passa Dois (exclusive Formação Rio do Rasto), Neopermiano, invertebrados tipicamente dulcícolas? **Pesquisas em Geociências**, v. 29, p. 3-13.

GUERRINI, V. B.; WARREN, L. V.; SIMÕES, M. G. 2016. Bivalves da Formação Rio do Rasto, Membro Morro Pelado, Permiano, Bacia do Paraná, Brasil: implicações evolutivas, bioestratigráficas e paleogeográficas. **IX Encontro de Geociências e Meio Ambiente**. Unesp - Rio Claro.

HOLZ, M. & SIMÕES, M. G. 2002. **Elementos fundamentais da Tafonomia**. Porto Alegre: Editora UFRGS, 231 p.

HOLZ, M.; FRANÇA, A. B.; SOUZA, P. A.; IANNUZZI, R.; ROHN, R. 2010. *A stratigraphic chart of the Late Carboniferous/Permian succession of the eastern border of the Paraná Basin, Brazil, South America*. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 29, p. 381-399.

KIDWELL, S.M., FUERSICH, F.T. e AIGNER, T. 1986. *Conceptual framework for the analysis and classification of fossil concentrations*. **Palaios**, p. 228-238.

KIDWELL, S.M. 1991. *Stratigraphy of Shell Concentrations*. In: ALLISON, P. A.; BRIGGS, A. **Taphonomy**. New York: Plenum Press. 560 p.

KIDWELL, S.M. AND HOLLAND, S.M., 1991. *Field description of coarse bioclastic fabrics*. **Palaios**, v. 6, p.426 - 434.

KOTZIAN, C.B. AND SIMÕES, M.G. 2006. *Taphonomy of recent freshwater molluscan death assemblages, Touro Passo Stream, Southern Brazil*. **Revista Brasileira de Paleontologia**, n. 9, v. 2, p.243-260.

LANGER, M. C.; ELTINK, E.; BITTENCOURT, J. S.; ROHN, R. 2008. Serra do Cadeado, PR - Uma janela paleobiológica para o Permiano continental Sul-americano. In: WINGE, M.; SCHOBENHAUS, C.; SOUZA, C. R. G.; FERNANDES, A. C. S.; BERBERT-BORN, M.; QUEIROZ, E. T. (Edit.) **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**. Publicado na Internet em 04/08/2008 no endereço <http://www.unb.br/ig/sigep/sitio007/sitio007.pdf>

MAACK, R., 1947. Breves notícias sobre a geologia dos Estados do Paraná e Santa Catarina. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, pp.169-288.

MARTIN, R.E., 1999. **Taphonomy: a process approach**. Cambridge University Press.

MELLO, L. H. C. D. 1999. **Análise cladística dos bivalves do Grupo Passa Dois (Neopermiano), Bacia do Paraná, Brasil: implicações taxonômicas evolutivas e paleobiogeográficas**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Geologia Sedimentar) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 194 p.

MENDES, J. C. 1954. Contribuição à estratigrafia da Série Passa dois no Estado do Paraná. **Boletim da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras, Universidade de São Paulo. Geologia**, n. 10, p. 5-115.

MENDES, J.C., 1967. *The Passa Dois group (the Brazilian portion of the Paraná Basin)*. In **Problems in Brazilian Gondwana Geology. International Symposium on the Gondwana Stratigraphy and Palaeontology**, v. 1, p. 119-166.

MILANI, E.J. 1997. **Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul-ocidental**. Porto Alegre, 2v. Tese de Doutorado. UFRGS. 255 p.

MILANI, E. J.; FACCINI, U. F.; SCHERER, C. M.; ARAÚJO, L. M.; CUPERTINO, J. A. 1998. Sequências e hierarquia estratigráfica da bacia do Paraná (Ordoviciano ao Cretáceo), sul do Brasil. **Boletim IG-USP. Série Científica**, v. 29, p. 125-173.

MILANI, E.J., 2004. Comentários sobre a origem e evolução tectônica da Bacia do Paraná. In: **Geologia do continente Sul-Americano**, MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, CDR, p.265-291.

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

MOORE, R. C.; TEichert, C. (Ed.). 1969. *Treatise on Invertebrate Paleontology: Pt. N Mollusca 6, Bivalvia*. Geological Society of America. University of Kansas. 489 p.

REED, F. R. C. 1929. Faunas triássicas do Brasil. **Serv. Geol. Min.** Brasil, Monogr. v. 9, p. 1-97.

REED, F. R. C. 1935. *Some Triassic lamellibranchs from Brazil and Paraguay*. **Geol. Mag.**, vol. 72, n. 1, p. 33-42.

ROCHA-CAMPOS A.C., BASEI M.A., NUTMAN A.P., KLEIMAN L.E., VARELA R., LLAMBIAIS E., CANILE F.M., ROSA O.C.R. 2011. *30 million years of Permian volcanism recorded in the Choiyoi igneous province (W Argentina) and their source for younger ash fall deposits in the Paraná Basin: SHRIMP U-Pb zircon geochronology evidence*. **Gondwana Research**, v.19, p. 509 - 523.

ROHN, R. **Bioestratigrafia e paleoambientes da Formação Rio do Rastro na borda leste da Bacia do Paraná (Permiano Superior, Estado do Paraná)**. 1988. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. 331 p.

ROHN, R. **Evolução ambiental da Bacia do Paraná durante o Neopermiano no leste de Santa Catarina e do Paraná**. 1994. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 251 p.

ROHN R. 2007. *The Passa Dois Group (Paraná Basin, Permian): investigations in progress*. In: *Workshop - Problems in the Western Gondwana Geology, South*

*America - Africa correlations: du Toit revisited*, 1, Gramado, *Extended Abstracts*, v. 1, p. 151–157.

RUNNEGAR, B.; NEWELL, N. D. 1971. *Caspian-like relict molluscan fauna in the South American Permian*. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, v. 146, article 1. 66 p.

SCHEMIKO, D.C.B. 2013. **A sedimentação do Membro Morro Pelado, Permiano Superior da Bacia do Paraná: preenchimento de bacia interior por sistemas fluviais distributários**. Dissertação (Mestrado em Geologia Exploratória) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 184 p.

SCHEMIKO, D. C. B.; VESELY, F. F.; FERNANDES, L. A. & SOWEK, G. A. 2014. Distinção dos elementos deposicionais fluviais, eólicos e lacustres do Membro Morro Pelado, Permiano Superior da Bacia do Paraná. **Geologia USP. Série Científica**, v. 14, n. 3, p. 29-46.

SCHNEIDER, R., MÜHLMANN, H., TOMMASI, E., MEDEIROS, R.D., DAEMON, R.F. AND NOGUEIRA, A.A. 1974. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In **Congresso Brasileiro de Geologia**, v. 28, No. 1974, p. 41-65).

SIMÕES, M. G.; DAVID, J. M.; ANELLI, L. E.; KLEIN, C.; MATOS, S. A.; GUERRINI, V. B.; WARREN, L. V. 2017. *The Permian Tiaraju bivalve assemblage, PassaDois Group, southern Brazil: biostratigraphic and paleobiogeographic significance*. **Brazilian Journal of Geology**, v. 47, n. 2, p. 209-224.

SIMÕES, M. G.; GHILARDI, R. P. 2000. Protocolo Tafonômico/Paleoautoecológico como Ferramenta nas Análises Paleossinecológicas de Invertebrados: Exemplos de Aplicação em Concentrações Fossilíferas do Paleozóico da Bacia do Paraná, Brasil. **Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre, v. 27, n. 2, p. 3 – 13.

SIMÕES, M.G. e KOWALEWSKI, M. 1998. *Shell beds as paleoecological puzzles: a case study from the Upper Permian of the Paraná Basin, Brazil*. **Facies**, v. 38, n. 1, p.175-195.

SIMÕES, M.G., MARQUES, A.C., MELLO, L.H.C. AND ANELLI, L.E. 1997. *Phylogenetic analysis of the genera of the extinct family Megadesmidae (Pelecypoda, Anomalodesmata), with remarks on its paleoecology and taxonomy*. **Journal of Comparative Biology**, v. 2, n. 2, p.75 - 90.

SIMÕES, M. G.; MATOS S. A.; ANELLI L. E.; ROHN R.; WARREN L. V.; DAVID J. M. 2015. *A new Permian bivalve-dominated assemblage in the Rio do Rastro Formation, Paraná Basin, Brazil: faunal turnover driven by regional-scale environmental changes in a vast epeiric sea*. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 64, p. 14–26.

SIMÕES, M. G.; ROCHA-CAMPOS, A. C.; ANELLI, L. E. 1998. *Paleoecology and evolution of Permian pelecypod assemblages (Paraná Basin) from Brazil*. **Bivalves- An Eon of evolution: paleobiological studies honoring Norman D. Newell**, University of Calgary Press, Calgary, p. 443-452.

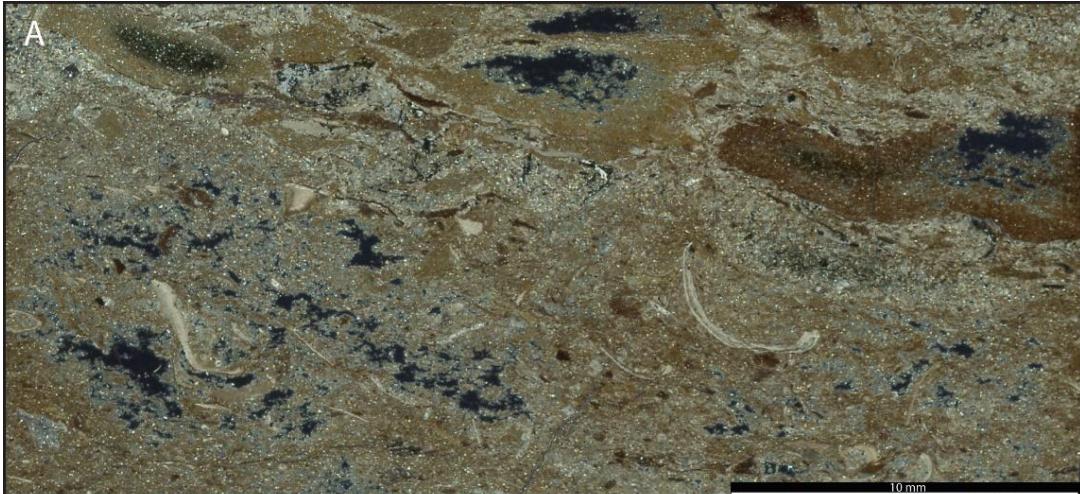
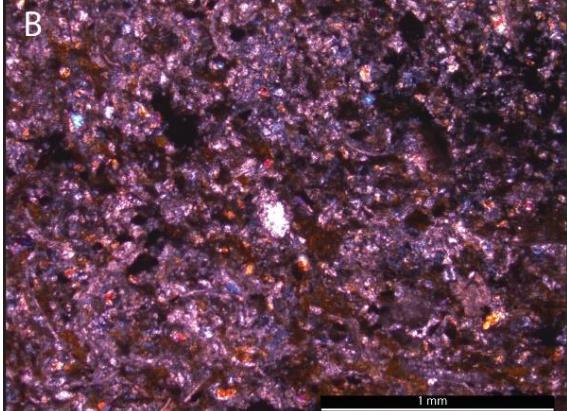
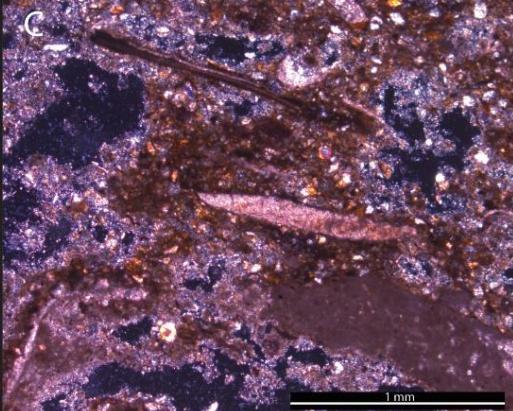
- SIMÕES, M.G.; RODRIGUES, S. C.; BERTONI-MACHADO, C. e HOLZ, M. 2010. Tafonomia: processos e ambientes de fossilização. In: **Paleontologia: Conceitos e Métodos**. CARVALHO, I.D.S. Rio de Janeiro: Interciênciac, p.19-51.
- SIMÕES, M.G. e TORELLO, F.F. 2003. Modelo de tafofácies para os moluscos bivalves do Grupo Passa Dois (Formações Serra Alta, Teresina e Corumbataí), Permiano Superior, Bacia do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 33, n. 4, p.371-380.
- SILANTIEV, V. V. 1998. *New data on the Upper Permian non-marine bivalve Palaeomutela in European Russia. Bivalves: an eon of evolution: paleobiological studies honoring Norman D. Newell*, p. 437-442.
- SOUZA, A. S. 2011. **Descrição de materiais de anfíbios *Temnospondyli* registrados na Formação Rio Do Rasto (Meso/Neopermiano, Bacia do Paraná), Estado do Paraná**. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 70 p.
- STANLEY, S. M. 1970. *Relation of shell form to life habits of the Bivalvia (Mollusca)*. **Geological Society of America**, vol. 125, p. 1-296.
- WARREN, L. V. 2006. **Evolução sedimentar da Formação Rio do Rasto na região centro-sul do Estado de Santa Catarina**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, 174 p.
- WESSELINGH, F. P. 2007. *Long-lived lake molluscs as island faunas: a bivalve perspective*. REMENA, W. (eds). In: **Biogeography, time and place: distributions, barriers and islands**. Dordrecht, Springer, p. 275-314.
- WHITE I.C. 1908. Relatório sobre as coal measures e rochas associadas ao sul do Brasil. **Comissão das Minas de Carvão de Pedra do Brasil**, Rio de Janeiro, 300 p

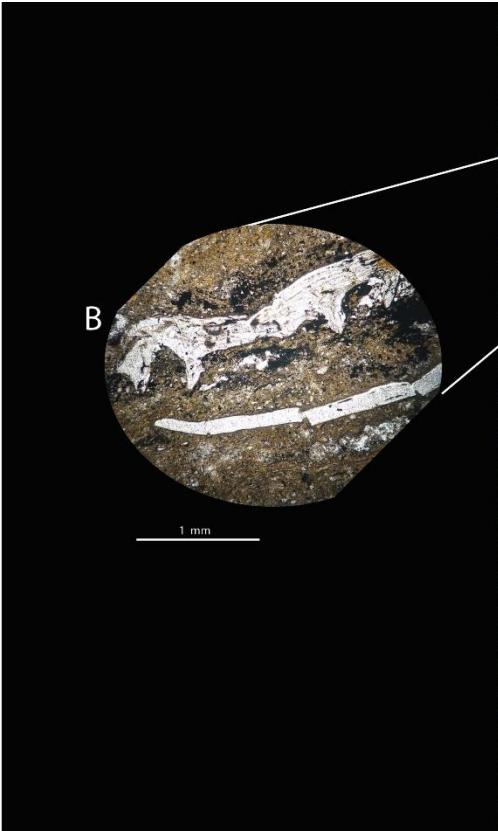
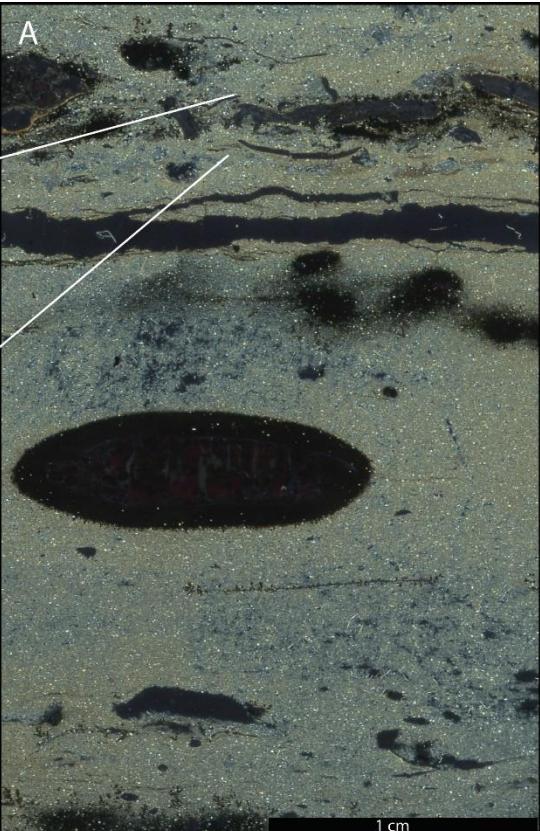
## ANEXO 1 - TABELA COM DADOS DOS FÓSSEIS ESTUDADOS

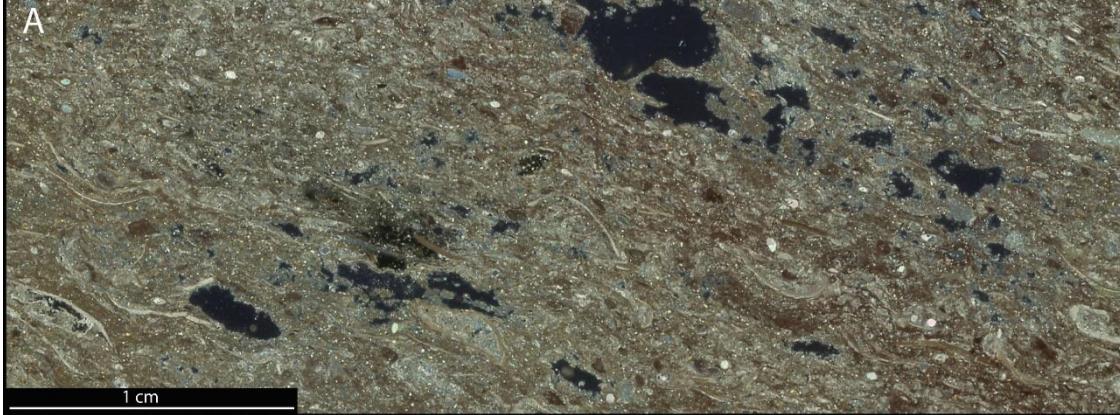
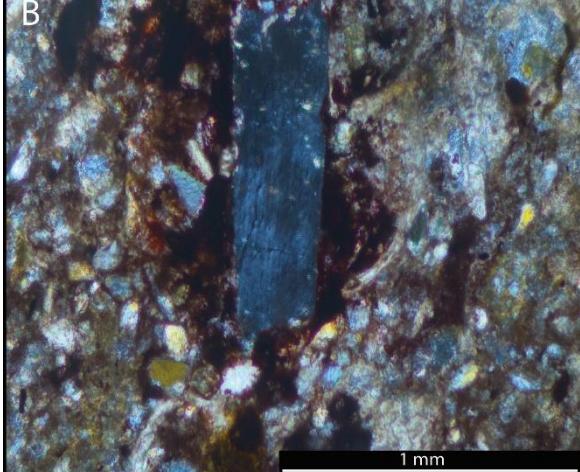
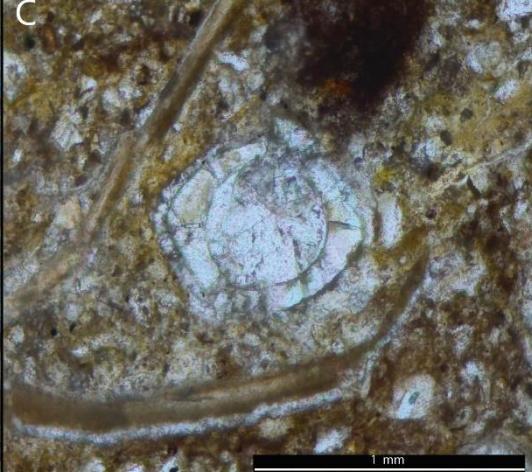
Código	Procedência	Data de coleta
UFPR0169PI	SJS, PR090	2011
UFPR0296PI	SJS, Fazenda Boa Vista	05/08/2016
UFPR0338PV (A - C)	SJS, Fazenda Boa Vista	05/08/2016
UFPR0634PI (A - H)	SJS, PR090	04/07/2011
UFPR0635PI (A - C)	SJS, PR090	04/07/2011
UFPR0636PI (A - E)	SJS, PR090	04/07/2011
UFPR0637PI (A - I)	SJS, PR090	22-23/02/2011
UFPR0640PI	SCD, Gastrópodes	14/07/2012
UFPR0656PI	SJS, PR090	2011
UFPR0657PI	SJS, PR090	2011
UFPR0658PI	SJS, PR090	2011
UFPR0659PI	SJS, PR090	2011
UFPR0660PI	SJS, PR090	2011
UFPR0661PI	SJS, PR090	2011
UFPR0662PI	SJS, PR090	2011
UFPR0663PI	SJS, PR090	2011
UFPR0664PI	SJS, PR090	2011
UFPR0665PI	SJS, PR090	2011
UFPR0666PI	SJS, PR090	2011
UFPR0667PI	SJS, PR090	2011
UFPR0668PI	SJS, PR090	2011
UFPR0669PI	SJS, PR090	2011
UFPR0670PI	SJS, PR090	2011
UFPR0671PI	SJS, PR090	2011
UFPR0672PI	SJS, PR090	2011
UFPR0673PI	SJS, PR090	2011
UFPR0674PI	SJS, PR090	2011
UFPR0675PI	SJS, PR090	2011
UFPR0676PI	SJS, PR090	2011
UFPR0677PI	SJS, PR090	2011
UFPR0678PI	SJS, PR090	2011
UFPR0679PI	SJS, PR090	2011
UFPR0680PI	SJS, PR090	2011
UFPR0681PI	SJS, PR090	2011
UFPR0682PI	SJS, PR090	2011
UFPR0683PI	SJS, PR090	2011

SJS – São Jerônimo da Serra, SDC – Serra do Cadeado.

## ANEXO 2 – FICHAS DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA

	 <b>GEOLOGIA</b> Universidade Federal do Paraná Setor de Ciências da Terra	 <b>LABPALEO</b> LABORATÓRIO DE PALEONTOLOGIA DFGOL/UFPR
<b>FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA</b>		
Amostra/Lâmina: UFPR 0169 PI Petrógrafa: Raíssa Cristina Oliveira Fontanelli	Data: 17/09/2018 Afloramento: PR-090, km 277.	
<b>Descrição Microscópica</b>		
<p>Rocha composta por matriz de silte e micrita, arcabouço compreendido por bioclastos de ostracodes e moluscos bivalves, também apresenta intraclastos de argila. Os ostracodes se encontram predominantemente articulados com as valvas fechadas e os bivalves encontram-se com valvas desarticuladas inteiras e fragmentadas. O grau de empacotamento dos bioclastos varia de frouxo a disperso.</p>		
Nome da Rocha: Floatstone com bivalves e ostracodes (Embry e Klovan, 1971)		
<b>Fotomicrografias</b>		
		
<b>A</b>		
<p><b>A</b> – Escaneamento da lâmina UFPR 0169 PI, notar a presença de intraclasto de argila no canto superior direito. <b>B</b> – Concentração de ostracodes com valvas desarticuladas. <b>C</b> – Fragmentos de conchas de moluscos bivalves.</p>		

 <b>UFPR</b> <small>UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ</small>	 <b>GEOLOGIA</b> <small>Universidade Federal do Paraná Setor de Ciências da Terra</small>	 <b>LABPALEO</b> <small>LABORATÓRIO DE PALEONTOLOGIA DGEO/UFP<small>R</small></small>
<b>FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA</b>		
Amostra/Lâmina: UFPR 0296 PI	Data: 20/09/2018	
Petrógrafa: Raíssa Cristina Oliveira Fontanelli	Afloramento: Fazenda Boa Vista, SJS-PR.	
<b>Descrição Microscópica</b>		
<p>Rocha composta por silte/argila de estrutura maciça, associado ocorrem fragmentos de ossos e escamas com tamanho variando de 1 cm a 2 mm (figura A). Na matriz são encontradas também algumas valvas de ostracodes articuladas. Porções com formação de um óxido preto ocorrem associadas principalmente aos fragmentos de vertebrados. O grau de empacotamento dos bioclastos varia de frouxo a disperso.</p>		
Nome da Rocha: Siltito.		
<b>Fotomicrografias</b>		
 <b>A</b>	 <b>B</b>	
<p><b>A</b> – Escaneamento da lâmina UFPR 0296 PI, notar fragmentos de ossos e escamas dispostas paralelamente ao acamamento sedimentar. <b>B</b> – Provável mandíbula, indicada pela flecha vermelha.</p>		

 <b>UFPR</b> <small>UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ</small>	 <b>GEOLOGIA</b> <small>Universidade Federal do Paraná Setor de Ciências da Terra</small>	 <b>LABPALEO</b> <small>LABORATÓRIO DE PALEONTOLOGIA DFGOL/UFPR</small>
<b>FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA</b>		
Amostra/Lâmina: UFPR 0636 PI C	Data: 12/10/2018	
Petrógrafa: Raíssa Cristina Oliveira Fontanelli	Afloramento: PR-090, km 277.	
<b>Descrição Microscópica</b>		
<p>Rocha formada por valvas de moluscos bivalves desarticuladas, inteiras e fragmentadas, dispostas em uma rocha de matriz siltico-carbonático. As valvas de bivalves apresentam densamente empacotados, com tamanho variando de 8 mm a 2 mm.</p> <p>Representa uma acumulação fossilífera poliespecífica. As valvas ocorrem desarticuladas e preferencialmente paralelas ao acamamento sedimentar. O grau de empacotamento dos bioclastos varia de densamente empacotados (com a rocha sustentada pelos bioclastos) a fracamente empacotados (suportada pela matriz). Pontualmente, ocorrem fragmentos de ossos e escamas (figura B) e alguns bioclastos que não foram identificados (figura C).</p>		
Nome da Rocha: Rudstone com bivalves e ostracodes (Embry e Klovan, 1971)		
<b>Fotomicrografias</b>		
 <b>A</b> <small>1 cm</small>		
 <b>B</b> <small>1 mm</small>		
 <b>C</b> <small>1 mm</small>		
<b>A</b> – Escaneamento da lâmina UFPR 0636 PI C. <b>B</b> – Fragmento de escama. <b>C</b> – Bioclasto não identificado cercado por valvas de bivalves.		

## FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA

Amostra/Lâmina: UFPR 0637 PI A

Data: 25/10/2018

Petrógrafa: Raíssa Cristina Oliveira Fontanelli

Afloramento: PR-090, km 277.

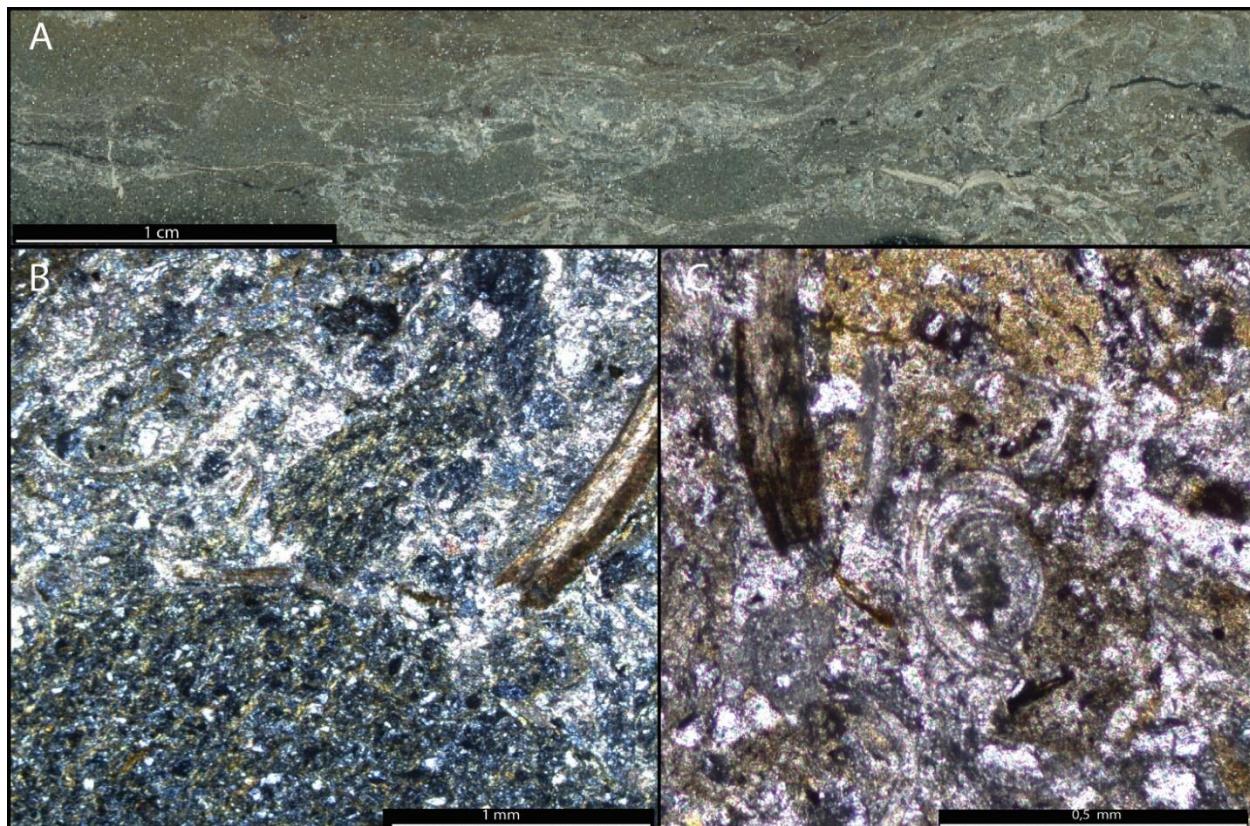
### Descrição Microscópica

Rocha formada por intraclastos de silte (tamanho variando 2 a 8 mm) circundados por matriz carbonática (figura A). Ocorrem bioclastos com tamanho variando de 6 mm a 0,2 mm compostos principalmente por valvas de moluscos bivalves e carapaças de ostracodes preferencialmente desarticuladas (figura B).

A tafocenoses apresenta grau de empacotamento variando de fracamente empacotado a frouxo. Apresenta um significativo número de valvas de bivalves fragmentados, entretanto ocorre uma valva articulada aberta (valvas em borboleta) o que indica rápido soterramento. A existência de bioclastos fragmentados e intraclastos indica que a assembleia apresenta um significativo grau de retrabalhamento e, consequentemente, mistura temporal.

Nome da Rocha: Wackestone intraclástico (Embry e Klovan, 1971)

### Fotomicrografias



**A** – Escaneamento da lâmina UFPR 0637 PI, notar os intraclastos de argila variando de 6 mm a 1 mm, circundados por uma matriz carbonática. **B** – Detalhe para a interdigitação do silte com o carbonato e fragmento de concha associado. **C** – Fragmentos de conchas de moluscos bivalves e ostracodes e provável ovoide ao centro.

## FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA

Amostra/Lâmina: UFPR 0640 PI

Data: 21/10/2018

Petrógrafa: Raíssa Cristina Oliveira Fontanelli

Afloramento: Gastrópodes, Serra do Cadeado-PR,

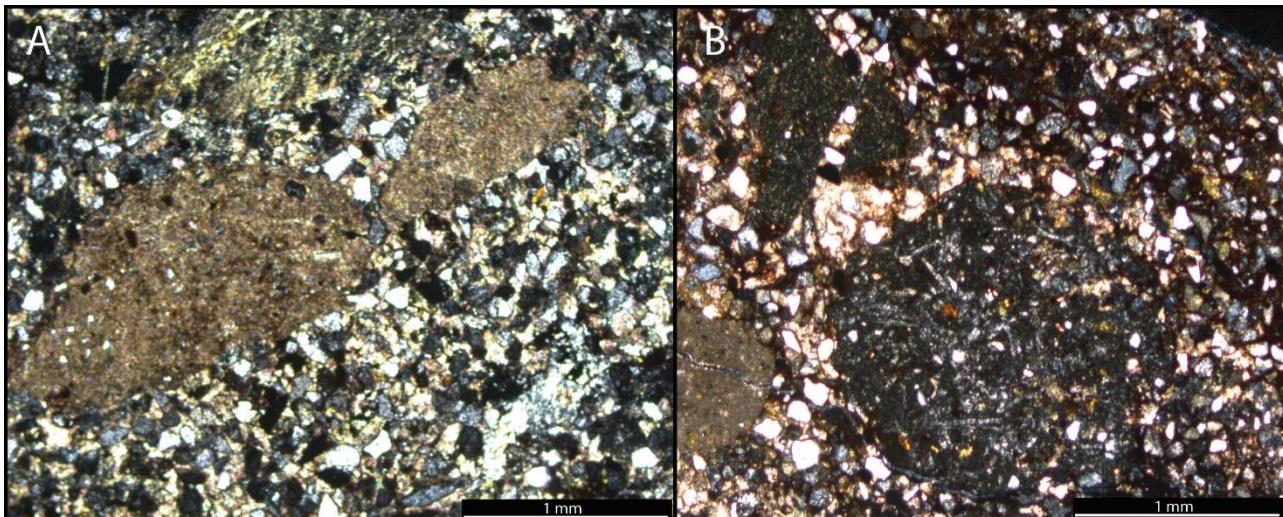
### Descrição Microscópica

Rocha formada com arcabouço composto predominantemente por grão de quartzo (80%) e feldspato alcalino (15%) e minerais opacos (5%), os grãos vão de angulosos a subangulosos e subarredondados, esfericidade baixa. A granulação do arcabouço varia de areia média a fina, com predomínio de areia fina. A matriz é composta por grãos de quartzo variando de areia muito fina a silte. A rocha é matura mineralogicamente e imatura texturalmente e o cimento é do tipo ferruginoso.

São observados fragmentos líticos, variando de 3 cm a 0,5 cm, compostos por oncóides (figura A) e aglomerados de espículas de esponjas (figura B), esses provavelmente representam fragmentos de outras unidades retrabalhadas. O grau de empacotamento dos bioclastos é disperso.

Nome da Rocha: Arenito fino

### Fotomicrografias



Fragmentos líticos encontrados em arenito fino. **A** – Oncóide. **B** – Aglomerado de espículas de esponjas.

## FICHA DE DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA

Amostra/Lâmina: UFPR 0256 PI

Data: 2/11/2018

Petrógrafa: Raíssa Cristina Oliveira Fontanelli

Afloramento: PR-090, km 277.

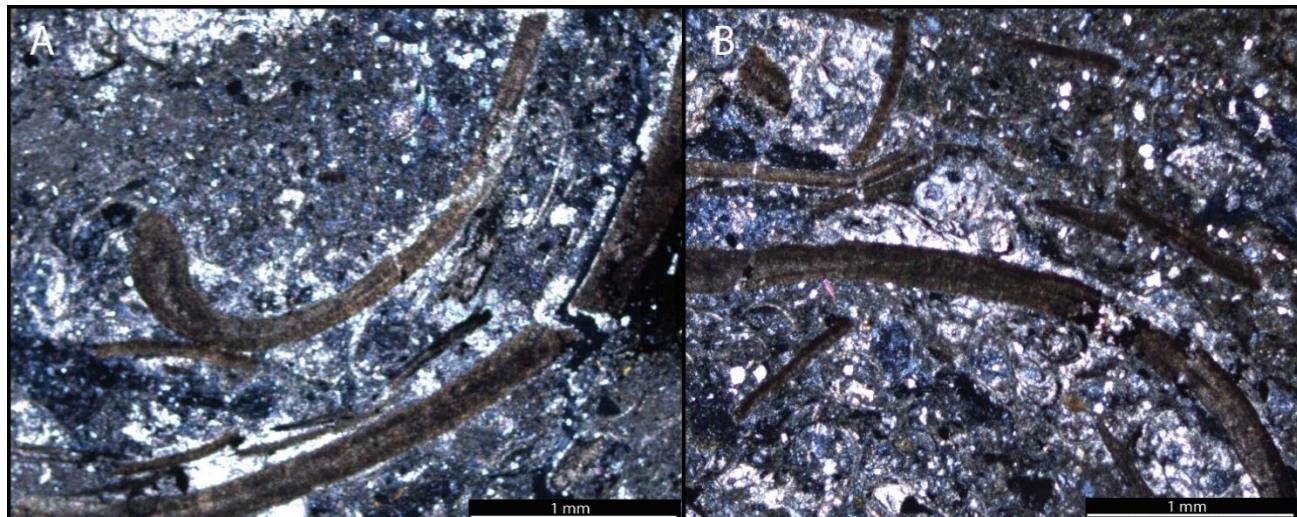
### Descrição Microscópica

Rocha composta de matriz micrítica (60%) e cimento carbonático (20%). O arcabouço é composto por bioclastos de valvas de bivalves (desarticuladas inteiras e/ou fragmentadas), cujo tamanho varia de 6mm a 1 mm, e valvas de ostracodes articuladas e também desarticuladas. As valvas de bivalves encontram oblíquas e concordantes com o acamamento sedimentar. Já, em relação aos ostracodes não é observada nenhuma orientação preferencial. O grau de empacotamento dos bioclastos varia de densamente empacotado com feições de aninhamento de valvas e empilhamento, à disperso.

Trata-se de uma acumulação poliespecífica e formada por diferentes elementos esqueletais. Apresenta estrutura interna complexa, demonstrada pela variação do grau de empacotamento dos bioclastos.

Nome da Rocha: Rudstone/floastone com bivalves (Embry e Klovan, 1971).

### Fotomicrografias



**A** – Valvas de moluscos bivalves aninhadas e carapaças de ostracodes desarticuladas, notar que as valvas de moluscos bivalves se apresentam fraturadas (provavelmente devido a compactação mecânica da rocha durante a diagênese). **B** – Valvas de bivalves, notar as diferentes direções em que as valvas estão dispostas, com algumas dispostas verticalmente ao acamamento sedimentar.