

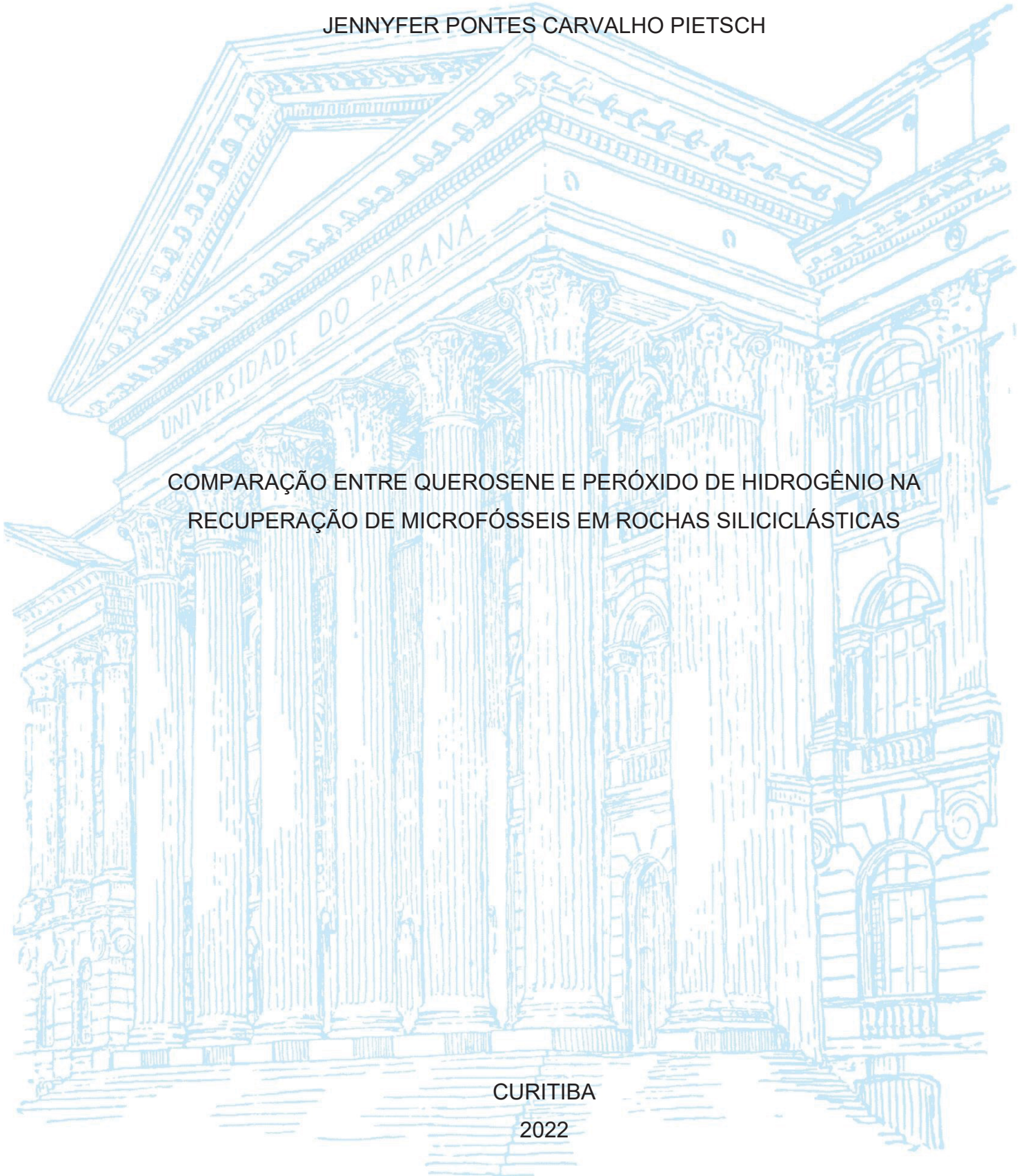
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JENNYFER PONTES CARVALHO PIETSCH

COMPARAÇÃO ENTRE QUEROSENE E PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO NA
RECUPERAÇÃO DE MICROFÓSSEIS EM ROCHAS SILICICLÁSTICAS

CURITIBA

2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JENNYFER PONTES CARVALHO PIETSCH

COMPARAÇÃO ENTRE QUEROSENE E PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO NA
RECUPERAÇÃO DE MICROFÓSSEIS EM ROCHAS SILICICLÁSTICAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geologia.

Orientadora: Cristina Silveira Vega

CURITIBA

2022

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Pietsch, Jennyfer Pontes Carvalho

Comparação entre querosene e peróxido de hidrogênio na recuperação de microfósseis em rochas siliciclásticas / Jennyfer Pontes Carvalho Pietsch. – Curitiba, 2022.

1 recurso on-line : PDF.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação em Geologia.

Orientador: Cristina Silveira Vega

1. Querosene. 2. Peróxido de hidrogênio. 3. Micropaleontologia. 4. Foraminíferos. 5. Ostracoda. I. Universidade Federal do Paraná. II. Programa de Pós-Graduação em Geologia. III. Vega, Cristina Silveira. IV. Título.

Bibliotecário: Elias Barbosa da Silva CRB-9/1894



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO GEOLOGIA -
40001016028P5

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação GEOLOGIA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **JENNYFER PONTES CARVALHO PIETSCH** intitulada: **COMPARAÇÃO ENTRE QUEROSENE E PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO NA RECUPERAÇÃO DE MICROFÓSSEIS MINERALIZADOS EM ROCHAS SILICICLÁSTICAS**, sob orientação da Profa. Dra. CRISTINA SILVEIRA VEGA, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa. A outorga do título de mestra está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 19 de Dezembro de 2022.

Assinatura Eletrônica

16/01/2023 16:05:15.0

CRISTINA SILVEIRA VEGA

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

16/01/2023 12:33:30.0

CHRISTIANO NG

Avaliador Externo (PETRÓLEO S.A.)

Assinatura Eletrônica

09/01/2023 07:52:56.0

CARLOS CONFORTI FERREIRA GUEDES

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus amigos e ao meu noivo Dhiego por todo apoio nesta jornada, pela amizade e pelas conversas quando tudo parecia tão difícil. Sem vocês nada disso seria possível, obrigada por serem minha rede de apoio durante todos os momentos.

Agradeço à CAPES pelo financiamento da pesquisa por meio da concessão de bolsa de estudo e ao Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Paraná (PPGEOL/UFPR) pela oportunidade de desenvolvimento da pesquisa e auxílio na realização das atividades de campo e compra de materiais laboratoriais fundamentais para este estudo.

Aos laboratórios e técnicos que me auxiliaram na utilização de equipamentos. Ao Laboratório de Análise de Minerais e Rochas (LAMIR) pelo uso das balanças analíticas, em particular a Inaiara Casapula que me auxiliou no uso e foi muito prestativa durante o tempo que fiquei no Laboratório. Ao Laboratório de Paleontologia da UFPR (LABPALEO) que forneceu toda infraestrutura para a preparação das amostras e análise dos microfósseis.

Agradeço profundamente aos colegas do LABPALEO e do PPGEOL/UFPR por todo o apoio e conversas que me auxiliaram a desenvolver esta pesquisa. Em especial, aos colegas Msc. Dhiego Cunha da Silva, Msc. Raissa C. O. Fontanelli, Malton Carvalho Fraga, Giovana Cristina Barreto e Dr^a. Danielle C. B. Schemiko pela companhia nas atividades de campo e pelas discussões que me ajudaram a fortalecer a pesquisa.

Aos Professores Dr. Robson T. Bolzon, Dr. Carlos C. F. Guedes e Dra. Francine Kurzawe pelos apontamentos e esclarecimentos de dúvidas que contribuíram para os meus estudos. Igualmente, ao Dr. Christiano Ng que me auxiliou diversas vezes nas descrições e interpretações do material. Por fim, à minha orientadora Profa. Dra. Cristina S. Vega pela dedicação, apoio e orientação durante a realização deste trabalho.

“É preciso coragem para ser imperfeito. Aceitar e abraçar as nossas fraquezas e amá-las. E deixar de lado a imagem da pessoa que devia ser, para aceitar a pessoa que realmente sou”

Brené Brown

RESUMO

A preparação de microfósseis orgânicos usa reagentes que são destrutivos para microfósseis de paredes mineralizadas. Nesse cenário, os trabalhos micropaleontológicos do Grupo Guatá, na Bacia do Paraná, se concentram na recuperação de microfósseis de paredes orgânicas, o que pode explicar a escassez de dados de microfósseis de paredes mineralizadas para o grupo. Dessa forma, o objetivo é aplicar dois métodos diferentes de preparação micropaleontológica e comparar a desagregação da rocha e a recuperação de microfósseis. Assim, foram aplicados os métodos de preparo utilizando peróxido de hidrogênio 20% e querosene em frações de 200g de cada amostra coletada, visando comparar a recuperação dos microfósseis e a desagregação da rocha em cada método. Foram coletadas 35 amostras, mas foram selecionadas treze amostras da região de Taió-SC para a realização dos testes de métodos, buscando expor as diferentes rochas descritas, como arenitos, folhelhos, heterolitos e siltitos. Após o preparo, as amostras foram lavadas em peneiras com malha entre 420 e 75 μm . As massas das amostras foram medidas antes do preparo e as massas retidas nas peneiras também. A taxa de desagregação foi calculada com base na massa inicial e na massa retida na peneira de 420 μm . Esses valores foram plotados em um diagrama de dispersão, que indicou uma forte correlação linear positiva entre os dois métodos. Os microfósseis recuperados são foraminíferos do gênero *Paralingulina*, *Thuramminoides?*, *Saccamina* e uma forma fusiforme, três morfotipos de fitoclastos, um morfotipo de ostracode e um provável material de origem orgânica não identificada. A forte correlação linear entre a taxa de desagregação das amostras indica que provavelmente os parâmetros que influenciam a desagregação da rocha são intrínsecos às suas características. Em relação à recuperação de microfósseis, no método do querosene os foraminíferos hialinos e fitoclastos apresentaram melhor preservação enquanto no método do peróxido de hidrogênio os foraminíferos aglutinantes tiveram uma melhor recuperação.

Palavras-chave: Metodologia, Micropaleontologia, Foraminíferos, Fitoclastos, Ostracodes.

ABSTRACT

The preparation of organic microfossils uses reagents that are destructive to mineralized walled microfossils. In this scenario, the micropaleontological work of the Guatá Group in Parana Basin focuses on the recovery of microfossils from organic walls, which may explain the scarcity of microfossil data from mineralized walls for the group. Thus, the preparation methods were applied using 20% hydrogen peroxide and kerosene in fractions of 200g of each sample collected, aiming to compare the recovery of microfossils and the disaggregation in each method. Thirty-five samples were collected, but thirteen samples from the region of Taió-SC were selected to carry out the method tests, seeking to expose the different rocks described, such as sandstones, shales, heteroliths and siltstones. After preparation, the samples were washed in sieves with a mesh between 420 and 75 μm . The masses of the samples were measured before preparation and the masses retained on the sieves as well. The disaggregation rate was calculated based on the initial mass and the mass retained on the 420 μm sieve. These values were plotted in a scatterplot, which indicated a strong positive linear correlation between the two methods. The recovered microfossils are foraminifera of the genus *Paralingulina*, *Thuramminoides?*, *Saccamina* and a fusiform morphotype, three phytoclast morphotypes, an ostracod morphotype and a probable material of unidentified organic origin. The strong linear correlation between the disaggregation rate of the samples indicates that probably the parameters that influence the rock disaggregation are intrinsic to its characteristics. Regarding the recovery of microfossils, in the kerosene method hyaline foraminifera and phytoclasts presented better preservation while in the hydrogen peroxide method agglutinating foraminifera had a better recovery.

Keywords: Methodology, Micropaleontology, Foraminifera, Phytoclasts, Ostracods.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	13
FIGURA 2 – VISÃO GERAL ESTRATIGRÁFICA, MOSTRANDO O ARCABOUÇO ESTRATIGRÁFICO SEQUENCIAL E OS EQUIVALENTES LITOESTRATIGRÁFICOS.....	15
FIGURA 3 – GRUPOS DE MICROFÓSSEIS E SUAS RELAÇÕES COM OUTRAS DISCIPLINAS PALEONTOLÓGICAS.....	23
FIGURA 4 – MORFOLOGIA EXTERNA DE DIFERENTES OSTRACODES ATUAIS.	24
FIGURA 5 – COMPOSIÇÃO DE DIFERENTES TESTAS DE FORAMINÍFEROS.	25
FIGURA 6 – FLUXOGRAMA DAS ATIVIDADES	27
FIGURA 7 -PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS	29
FIGURE 1 - LOCATION WHERE THE SAMPLES WERE COLLECTED.	33
FIGURE 2 - DISAGGREGATION RATE SCATTER CHART.....	36
FIGURE 3 - COLUMNAR SECTION WITH INDICATION OF SAMPLES AND MICROFOSSILS RECOVERED IN EACH METHOD.....	38
FIGURE 4 - MICROFOSSILS.....	40

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: EXPERIMENTOS E PARÂMETROS AVALIADOS POR RODRIGUES ET AL. (2012).....	21
---	----

TABLE 1: SUMMARY OF SAMPLE DISAGGREGATION ACCORDING TO EACH METHOD USED.....	36
---	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 CONTEXTO E PROBLEMA.....	10
1.2 JUSTIFICATIVA.....	12
1.3 OBJETIVOS.....	12
1.4 ÁREA DE ESTUDO.....	13
1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	13
2 BACIA DO PARANÁ	14
2.1 GRUPO GUATÁ.....	14
2.1.1 Formação Rio Bonito	15
2.1.2 Formação Palermo.....	17
3 METODOLOGIA DE PREPARAÇÃO DE MICROFÓSSEIS	17
4 MICROPALÉONTOLOGIA	22
4.1 OSTRACODES	23
4.2 FORAMINÍFEROS.....	25
4.3 FITOCLASTOS	25
4.4 COPRÓLITOS.....	26
5 MATERIAIS E MÉTODOS	26
5.1 TRABALHO DE CAMPO E AMOSTRAGEM.....	27
5.2 PREPARAÇÃO MICROPALÉONTOLÓGICA.....	28
6 RESULTADOS	31
6.1 KEROSENE OR HYDROGEN PEROXIDE? COMPARISON BETWEEN RECOVERY METHODS OF MINERALIZED MICROFOSSILS IN SILICICLASTIC ROCKS.....	31
7 CONCLUSÕES	41
Referências	42

1 INTRODUÇÃO

Os trabalhos micropaleontológicos no Grupo Guatá da Bacia do Paraná se concentram na utilização de ácido clorídrico (HCl) e ácido fluorídrico (HF) para dissolver os carbonatos e a sílica, respectivamente. E assim, recuperar microfósseis de parede orgânica. Dessa forma, os métodos utilizados na maioria dos trabalhos podem explicar a escassez de dados sobre microfósseis de parede mineralizada, como ostracodes, foraminíferos e radiolários, visto que são destrutivos para eles. Dessa forma, este trabalho utiliza dois métodos de preparação de microfósseis, empregando o uso de peróxido de hidrogênio e de querosene para verificar a presença de microfósseis. Além disso, foi observado se existem diferenças na qualidade, quantidade e preservação de recuperação dos fósseis e desagregação das rochas entre ambos os métodos.

1.1 CONTEXTO E PROBLEMA

O Grupo Guatá da Bacia do Paraná foi definido por Gordon Jr. (1947) como sendo composto pelas formações Rio Bonito, na base, e Palermo, no topo. As rochas do Grupo Guatá sucedem os estratos glaciogênicos do Grupo Itararé e representam um período de deglaciação com transgressão marinha (Milani et al., 2007). Dentro do Grupo Guatá, a Formação Rio Bonito é constituída pelos membros Triunfo, Paraguaçu e Siderópolis, da base para o topo, definidos por Schneider et al. (1974). Da mesma forma, os autores definem o ambiente deposicional como flúvio-deltaico para o Membro Triunfo, marinho transgressivo e de planícies de maré para o Membro Paraguaçu e um ambiente marinho litorâneo progradante sobre a sequência transgressiva Paraguaçu, para o Membro Siderópolis. Já a Formação Palermo é representada por um ambiente marinho raso com a presença de icnofósseis (Holz et al., 2010).

Os estudos paleontológicos do Grupo Guatá são baseados, predominantemente, em palinomorfos (Daemon & Quadros 1970; Souza & Marques-Toigo 2003; Souza, 2006), macrofitofósseis (Rösler 1978; Iannuzzi & Souza 2005), macroinvertebrados fósseis (Rocha-Campos 1970; Neves et al. 2014) e icnofósseis (Netto et al. 2012). Apenas poucos estudos nas décadas de 1970 e 1980 registram microfósseis de carapaça mineralizada, representados principalmente por ostracodes e foraminíferos (PAULIPETRO, 1981), entretanto sem descrições detalhadas ou implicações de sua ocorrência. PAULIPETRO (1981) relata a presença dos

foraminíferos *Rhabdammina?* sp. e *Earlandia* sp., e dos gêneros de ostracodes *Baslerrela* sp., *Cavellina?* sp., *Bairdia* sp. cf. *Bairdiaglennensis*, *Carbonatita?* sp., *Healdia?* sp., *Bairdia?* sp., *Macrocypris?* sp., *Bythocypris?* sp., e *Hawothina?* sp. para a Formação Tatuí, correlata à Formação Rio Bonito. Além disso, Schmidt-Neto et al. (2018) relatam a ocorrência dos icnogêneros *Entobia* e *Clionolithes* em valvas de bivalves do gênero *Heteropecten* da Formação Rio Bonito, nas regiões de Taió (SC) e Vila Nova (RS). Esses icnogêneros tem como provável produtor as esponjas, o que sugere que possam ser encontrados microfósseis de espículas de esponja para esses estratos.

Recentemente, o trabalho pioneiro de Fontanelli (2021) indica a presença de foraminíferos (*Hyperammina* sp., *Rhabdammina* sp., *Thuramminoides?* sp., *Placentammina* sp., *Earlandia* sp. e uma forma de Miliolina), cinco morfotipos de ostracodes (três gêneros da ordem Podocopida e um da ordem Myodocopida), fitoclastos e fragmentos fosfáticos, usando o método de peróxido de hidrogênio (H₂O₂). Segundo a autora, a ocorrência de ostracodes e fitoclastos na porção inferior da Formação Rio Bonito indicam ambiente continental, assim como a associação de fácies de frente deltaica. Além disso, a autora elenca que os fitoclastos também ocorrem em um nível superior associado a estratificações cruzadas *hummocky*, o que sugere que eventos de tempestades remobilizaram sedimentos continentais para o ambiente marinho. Por fim, o aumento da abundância e diversidade de foraminíferos para o topo sugere a transição para um ambiente marinho terminando nos folhelhos marinhos da Formação Palermo.

Assim, nota-se uma escassez de trabalhos com microfósseis de parede não-orgânica, como conodontes, escolecodontes, espículas de esponja, foraminíferos e ostracodes, que podem fornecer informações importantes sobre bioestratigrafia, paleoambientes e tafonomia do Grupo Guatá. Entretanto, o trabalho de Fontanelli (2021) mostra um grande potencial para estudo de microfósseis mineralizados para o grupo, além de elencar informações ambientais importantes associadas aos organismos identificados.

Da mesma forma, os trabalhos que explicam sobre a metodologia de preparação de microfósseis de parede não-orgânica são escassos e remotos (Thomas & Murney, 1985; Green, 2001), e por vezes utilizam reagentes químicos que não são mais comercializados. Assim se observam poucos trabalhos recentes desenvolvendo novos métodos, e.g. Meehan et al. (2020) que testa diferentes reagentes para o método de surfactante. Além disso, a maioria dos trabalhos se concentra em rochas

carbonáticas (Rodrigues et al., 2012; Crasquin-Soleau et al., 2005). Em vista disso, foi observada uma necessidade de testar os métodos clássicos buscando padrões de eficiência em diferentes tipos de rochas siliciclásticas e diferentes grupos de microfósseis, além de buscar opções de reagentes de baixo custo.

O trabalho foi realizado em rochas do Grupo Guatá aflorantes no estado de Santa Catarina, visando recuperar os microfósseis de carapaça mineralizada que já foram citados na literatura, mas que não foram detalhadamente descritos e interpretados. Além disso, foram comparados os dados obtidos por duas técnicas de preparação de microfósseis (uso de solventes e de oxidantes) em distintos tipos de rocha (arenitos, heterolitos, folhelhos etc.) e verificado se existem diferenças na desagregação da rocha e na qualidade e quantidade dos microfósseis recuperados em cada método.

1.2 JUSTIFICATIVA

Os trabalhos micropaleontológicos no Grupo Guatá se restringem principalmente aos microfósseis orgânicos, e quando analisamos os métodos de preparação para microfósseis orgânicos e mineralizados, observamos que são mutuamente destrutivos. Na preparação para microfósseis orgânicos se utilizam ácidos, como o ácido clorídrico (HCl) e o ácido fluorídrico (HF), que dissolvem os carbonatos e os silicatos, respectivamente. Ou seja, os microfósseis com composição carbonática e/ou silicosa também serão afetados. Da mesma forma, na preparação de microfósseis mineralizados, um dos métodos mais comuns é o uso de peróxido de hidrogênio, composto que reage diretamente com a matéria orgânica e por consequência destrói qualquer microfóssil orgânico.

Dessa forma, este trabalho se propõe a comparar a recuperação de microfósseis e a desagregação da rocha com dois diferentes métodos, querosene e peróxido de hidrogênio, para ter informações mais concretas sobre como a escolha do método na Micropaleontologia pode influenciar os resultados obtidos. E verificar em quais situações será mais produtivo usar cada um desses métodos.

1.3 OBJETIVOS

O objetivo principal do trabalho foi aplicar dois métodos diferentes de preparação micropaleontológica: oxidante, utilizando peróxido de hidrogênio, e solvente, utilizando querosene, a fim de verificar a recuperação de microfósseis no

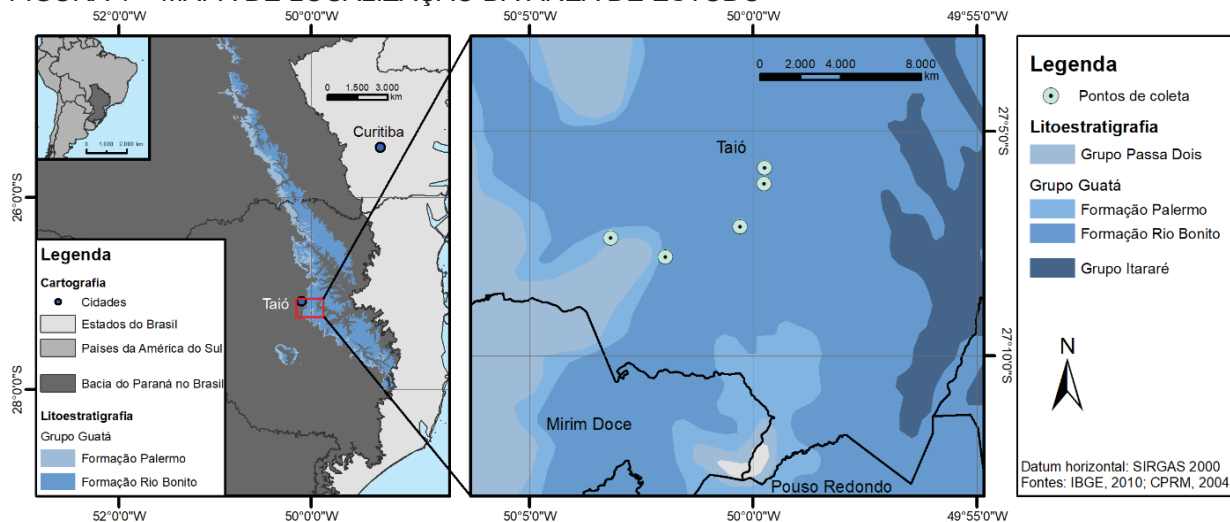
Grupo Guatá. E assim, investigar a eficiência dos processos de preparação micropaleontológica com oxidante e solvente nas diferentes fácies siliciclásticas do Grupo Guatá. Além de observar se existem diferenças na recuperação em cada um dos métodos. E para alcançá-los, foram elencados os seguintes objetivos específicos:

- Aplicar os dois métodos de preparação para o mesmo nível estratigráfico;
- Verificar a quantidade e qualidade dos microfósseis recuperados;
- Comparar as massas iniciais e retidas nas peneiras para estimar a desagregação de cada método.

1.4 ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada em afloramentos do Grupo Guatá, no estado de Santa Catarina. No trabalho de campo foram coletadas 13 amostras em afloramentos no município de Taió, e foram descritos cerca de 170 metros de sessão sedimentar de intervalo não contínuo identificados em cinco afloramentos que compõem as formações Rio Bonito e Palermo.

FIGURA 1 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO



FONTE: A autora (2023)

1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação está disposta de forma a iniciar pela introdução no Capítulo 1, que apresenta o contexto e problema, a justificativa, os objetivos e a área de estudo. Em seguida, na revisão bibliográfica é feito o levantamento breve da Bacia do Paraná e mais detalhado do Grupo Guatá e das suas duas formações Rio Bonito e Palermo, no Capítulo 2; das metodologias de preparação de microfósseis e sobre um estudo testando alguns métodos no Capítulo 3; e as características dos principais grupos de

microfósseis identificados nesta pesquisa, como ostracodes, foraminíferos, fitoclastos e coprólitos, no Capítulo 4.

Os materiais e os métodos utilizados neste trabalho são descritos e pormenorizados no Capítulo 5. Subsequentemente, os resultados e discussões (Capítulo 6) estão elencados em um manuscrito na forma de artigo. Por fim, as conclusões e considerações finais estão elencadas no Capítulo 7.

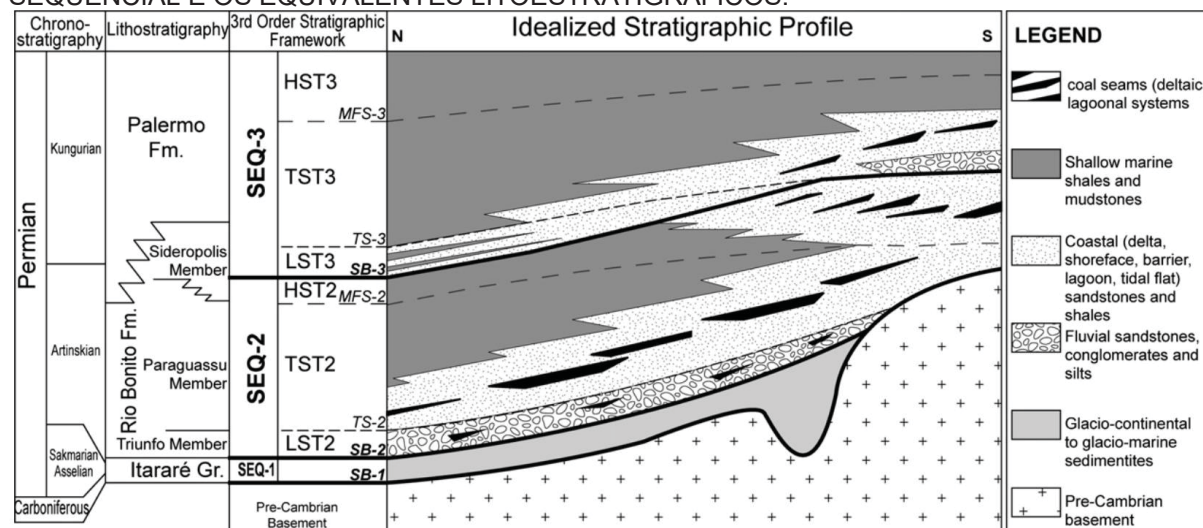
2 BACIA DO PARANÁ

A Bacia do Paraná é uma bacia intracratônica, localizada no sul do Brasil, norte e noroeste do Uruguai e partes do Paraguai e Argentina. A bacia apresenta uma forma alongada NE-SW com cerca de 1750 km de comprimento e 900 km de largura, apresentando em torno de 1.700.000 km². O preenchimento sedimentar da bacia foi condicionado por ciclos tectônico-eustáticos relacionados à evolução do Gondwana Ocidental durante o Paleozoico e o Mesozoico. A bacia foi estabelecida sob diversos domínios geotectônicos, compreendendo terrenos cratônicos Arqueanos e Paleoproterozoicos e cinturões móveis Neoproterozoicos relacionados às orogenias Pan-Africana e Brasiliana. Dessa forma, o embasamento é composto por diversos blocos cratônicos e um arcabouço complexo de lineamentos e descontinuidades crustais que influenciaram a sedimentação por subsidência e soerguimento de diferentes blocos tectônicos (Holz et al., 2006; Holz et al., 2010).

2.1 GRUPO GUATÁ

O Grupo Guatá (Fig. 2) é de grande importância histórica para a evolução dos conhecimentos da Bacia do Paraná. Em 1904, o governo brasileiro iniciou uma exploração de carvão mineral na região sul do país, que foi descrita por I.C. White em 1908 (Tognoli, 2006). Gordon Jr. (1947) elevou as camadas Rio Bonito e Palermo à categoria de formação e agrupou-as no Grupo Guatá. Medeiros et al. (1970) iniciaram trabalhos de caracterização da Formação Rio Bonito com descrições sedimentológicas e interpretações deposicionais. Posteriormente, Medeiros & Thomaz Filho (1973) individualizaram três intervalos para a Formação Rio Bonito, que futuramente seriam definidos por Schneider et al. (1974) como membros Triunfo, Paraguaçu e Siderópolis, da base para o topo.

FIGURA 2 – VISÃO GERAL ESTRATIGRÁFICA, MOSTRANDO O ARCABOUÇO ESTRATIGRÁFICO SEQUENCIAL E OS EQUIVALENTES LITOESTRATIGRÁFICOS.



Legenda: A litoestratigrafia é baseada em Schneider et al. (1974), a estratigrafia de seqüência de é de Holz et al. (2000), e as idades são baseadas na bioestratigrafia palinomorfa fornecida por Souza e Marques-Toigo (2003). Abreviações: SB, limite de seqüência; TS, superfície transgressiva; MFS, superfície máxima de inundação; LST, trato de sistemas de mar baixo; TST, trato de sistemas transgressivo; HST, trato de sistemas de mar alto. Fonte: Holz, 2006.

2.1.1 Formação Rio Bonito

A Formação Rio Bonito contém os principais depósitos de carvão explorados na Bacia do Paraná, e é dividida nos membros Triunfo, Paraguaçu e Siderópolis, da base para o topo (Schneider et al., 1974).

O Membro Triunfo compreende a porção basal da formação e apresenta alguns níveis de carvão muito finos (<0,5 m) e descontínuos lateralmente, que ocorrem em um sistema fluvial e deltaico, conforme interpretado pela associação de fácies constituída de ortoconglomerados e arenitos subarcósios grossos a finos, com estratificação cruzada tabular e acanalada, e ciclos de granodecrescência ascendente recobertos por argilitos e carvão. Os interflúvios são formados por fácies argilosas com níveis de carvão (Holz et al., 2010).

A porção superior da formação apresenta níveis de carvão espesso (até 2,5 m) e lateralmente contínuos (até 40 km) ocorrem em associação lateral com arenitos com estratificação cruzada tabular e plano-paralela, com níveis de *flaser*, *wavy* e drapes de argila, além de abundante estratificação cruzada *hummocky*, intercalados com argilitos maciços ou laminados com *linsen* e *wavy* (Holz, 1999; Holz et al., 2010). Essa associação de fácies indica um sistema estuarino influenciado por ondas e marés (Membro Paraguaçu) evoluindo para um sistema deposicional laguna-barreira (Membro Siderópolis).

Os membros Paraguaçu e Siderópolis englobam uma abundância de subambientes de deposição, como marinho plataformais, praias, ilhas-barreira, lagunares, estuarinos, deltaicos, fluviais meandrantas e de planícies de maré (Medeiros et al., 1970; Schneider et al., 1974; Schneider & Castro, 1975; França & Caldas, 1983; Castro, 1988a, b; Sampaio, 1987; Castro, 1995; Tognoli, 2002). A simultaneidade de depósitos é decorrência da dinâmica complexa de sistemas deposicionais transicionais e marinhos rasos, de variações do nível de base e de tectonismo (Tognoli, 2006).

Os depósitos de carvão da Formação Rio Bonito motivaram diversos trabalhos com enfoque paleontológico, sedimentológico e estratigráfico, desde a publicação do Relatório White, em 1908. Posteriormente, se destacam diversos projetos para carvão realizados nas décadas de 1970 e 80 pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM). Tais trabalhos renderam testemunhos de sondagem e perfis elétricos que são utilizados até hoje em diversas pesquisas e fornecem dados para refinamento estratigráfico e bioestratigráfico do permocarbonífero da Bacia do Paraná. A Formação Rio Bonito foi um dos principais alvos na bacia para exploração de hidrocarbonetos, tanto pela Petrobras quanto pelo Consórcio Paulipetro, onde alguns poços apresentaram produção de óleo e produziram gás de forma subcomercial (Tognoli, 2006)

A Formação Rio Bonito é caracterizada pela flora *Glossopteris-Brasilodendron* (Iannuzzi & Souza, 2005), equivalente às Taofloras “B” e “C” de Rösler (1978). Nesta flora, os caules de licopsídeos, as folhas de pecopterídeos, cordaitales e glossopteris são localmente abundantes.

Em Santa Catarina, foi identificada uma megafauna marinha dominada por bivalves, denominada “Assembleia Taió”, registrada no Membro Paraguaçu (Rocha-Campos & Rösler, 1978). Em níveis inferiores a fauna marinha de Taió são observados restos de peixes paleoniscídeos e troncos fossilizados de Sphenophytas. E restos vegetais da flora de *Glossopteris* são observados em diversos níveis, tanto inferiores como superiores (Rocha-Campos, 1970). Na Assembleia de Taió, além dos moluscos, também ocorrem braquiópodes, equinodermos (Reed, 1935; Rocha-Campos, 1961) e celacantídeos (Santos, 1947). Castro (1987) interpretou as Camadas Taió como um depósito marinho transgressivo raso presente na base do Membro Paraguaçu. Esta camada é caracterizada por arenitos com alto grau de bioturbação, contendo escavações verticais e uma fauna de moluscos pectinídeos, a qual constitui um marco estratigráfico importante em todo estado de Santa Catarina.

2.1.2 Formação Palermo

A Formação Palermo é composta por argilitos, siltitos e arenitos finos, com estratificação cruzada *hummocky* e laminações *wavy*. As fácies argilosas e siltosas encontram-se frequentemente bioturbadas, com predominância do icnogênero *Teichichnus*. O sistema deposicional é interpretado como marinho raso (Schneider et al., 1974; Holz et al., 2010).

A Formação Palermo é a unidade litoestratigráfica do topo do Grupo Guatá, e correlaciona-se ao norte com a Formação Tatuí (Holz et al., 2010). Essa formação é caracterizada pela Zona de Intervalo *Lueckisporites virkkiae* (Souza e Marques-Toigo, 2005) e pela transição das floras *Glossopteris-Brasilodendron* para *Polysolenoxylon-Glossopteris*, representando uma mudança geral na composição da flora provavelmente causada pela transgressão que controlou a sedimentação (Iannuzzi e Souza, 2005). Além disso, também são encontrados fragmentos de troncos silicificados *Dadoxylon* sp., dentes do anfíbio *Loxomma* e conchas de bivalves (Schneider et al., 1974; Holz et al., 2010).

Em termos de Estratigrafia de sequências, a Formação Palermo é lateralmente equivalente ao Membro Siderópolis da Formação Rio Bonito (em Santa Catarina/Paraná) e ao topo da Formação Tatuí (em São Paulo) (Holz et al., 2010). Segundo Medeiros (1993), o máximo de transgressão da sequência permocarbonífera está registrada no marco radioativo da Formação Palermo.

3 METODOLOGIA DE PREPARAÇÃO DE MICROFÓSSEIS

O trabalho bioestratigráfico, paleoecológico ou taxonômico utilizando a microfauna como principal fonte de dados requer uma coleta de campo sistemática, onde a amostragem requer uma estratégia que inclua totalmente a estratigrafia da área de estudo, incorporando todas as variações litológicas e de fácies. E como procedimento padrão, os horizontes contendo macrofósseis também devem ser amostrados para microfósseis. O tamanho e intervalo da amostragem depende do escopo e finalidade do projeto. Em grandes intervalos estratigráficos, amostras espaçadas (3m, 10m ou 15m) com cerca de 1kg podem ser satisfatórias, por outro lado, trabalhos mais detalhados podem necessitar amostras maiores com intervalos menores (Green, 2001).

Após o trabalho de campo, as amostras são preparadas com métodos físicos ou químicos com a função de desagregar a rocha ou dissolver a matriz, a fim de isolar os microfósseis para serem analisados. Segundo Rodrigues et al. (2012), diversos fatores influenciam a fragmentação da rocha e a liberação de microfósseis como a composição da rocha, o grau de litificação, a existência de poros e a matéria orgânica. Antes de aplicar quaisquer métodos, as amostras normalmente são fragmentadas grosseiramente para aumentar a superfície de contato delas, entretanto, deve-se tomar o cuidado de não pulverizar as amostras pois isto pode quebrar os fósseis. Segundo Crasquin-Soleau et al. (2005), a fragmentação extensiva não é recomendada para rochas muito compactas, devido ao risco de quebrar os microfósseis com a pulverização. Ou seja, este procedimento requer muito cuidado. A seguir, são descritos alguns dos métodos de preparação de microfósseis.

Os métodos térmicos são importantes quando o fóssil e a matriz apresentam composição semelhante e o tratamento químico se torna destrutivo, e dentre os métodos incluem-se aquecimento, aquecimento e resfriamento, e congelamento e descongelamento. O método de aquecimento utilizando panela de pressão foi proposto por Driver (1928) e resume-se em colocar as amostras submersas em água na panela de pressão por cerca de 15 minutos, segundo o autor é o tempo suficiente para fragmentar a amostra. O método de aquecimento e resfriamento consiste em aquecer a amostra em um bico de Bunsen, com um cilindro de metal com a base perfurada cobrindo a mesma para manter a distribuição uniforme de calor. Após uma hora, a amostra deve ser inundada em um recipiente com água corrente até atingir a temperatura ambiente (Green, 2001).

O método de congelamento é adequado para amostras muito resistentes, nos quais os fósseis não sejam muito frágeis (Thomas & Murney, 1985). O método de fraturamento por congelamento baseia-se em embebedar as amostras em uma solução (água, solução de água com sais de sódio, nitrogênio líquido, etc.) até que todos os poros sejam preenchidos; posteriormente a amostra é congelada e a cristalização do fluido desagrega a rocha (Pojeta & Balanc, 1989). Outra versão do método consiste na amostra ficar de molho em água destilada por algumas horas até ficar saturada. O excesso de água pode ser descartado e a amostra colocada no congelador (no mínimo -20°C). Após quatro ou mais horas, a amostra é removida do congelador e colocada em uma redoma a vácuo, que provoca a sublimação da água. A pressão gerada faz a rocha desagregar e o processo pode ser repetido quantas vezes forem necessárias (Thomas & Murney, 1985).

Os métodos químicos utilizam diferentes reagentes para dissolver a matriz ou desagregar a rocha através da reação com determinados constituintes da rocha, sucessivamente alguns desses métodos serão apresentados.

O método da calgonita utiliza amaciante caseiro para desagregar folhelhos. Este método é relativamente rápido, mas não funciona em calcários e folhelhos mais resistentes. As amostras devem ser colocadas em frascos com pequenas quantidades de amaciante (2-3 g), em seguida adicionar água fervente. Sucessivamente, é feito o teste de pH e se estiver ácido é adicionado carbonato de sódio. As amostras devem ser agitadas ocasionalmente, e entre um e dois dias está pronto para peneirar (Thomas & Murney, 1985).

O método de sabão industrial (surfactante) é comumente usado em amostras de testemunho rígidas (Thomas & Murney, 1985). Os surfactantes são produtos químicos com superfície-ativa, os quais interagem por adsorção física com cadeias de carbono do substrato rochoso. A adsorção ocorre pela ligação do principal polo do surfactante com uma extremidade da cadeia de carbono do substrato. Os surfactantes podem ser aniônicos, catiônicos ou não-aniônicos. Nos catiônicos e aniônicos, o radical catiônico se liga ao sítio aniônico do substrato ou vice-versa. Os surfactantes não-aniônicos não realizam adsorção. Neste processo, uma amostra de 200 g deve ser fragmentada em partículas entre 2 e 3 cm, e aquecida em um forno. Em seguida, prepare uma solução de 80-100 ml de sabão e água destilada na proporção 1:3. Imediatamente, adicionar 200 ml de água fervendo e depois colocar a amostra aquecida. Utilizar uma vareta de vidro para mexer e testar o pH, se este for ácido, adicionar 0,5 g de carbonato de sódio. Nos próximos dias, ocasionalmente, a amostra deve ser colocada em placa quente oscilante e levemente fervida, com duração de 1h30 a 2h. Se for necessário, adicionar água para evitar ressecamento. Após o aquecimento, os béqueres devem ser colocados em banho ultrassônico durante 2-5 minutos para desagregação adicional. Em seguida, testar novamente o pH. A amostra deve estar pronta para lavagem em 2-4 dias (Thomas & Murney, 1985).

O método de desagregação de rochas com surfactante quaternário de amônio é bastante utilizado e apresenta bons resultados em folhelhos mais litificados. O método consiste em submergir completamente as amostras fragmentadas com 2-3cm no surfactante e colocadas em banheira ultrassônica por, no máximo, duas semanas ou até a dissolução completa da rocha. O surfactante mais utilizado durante décadas foi o Rewoquat, por apresentar uma concentração alta de 75% e desagregar a rocha em cerca de 7 dias, no entanto a importação e utilização deste produto é complicada

em diversos países (Meehan et al., 2020). Meehan et al. (2020) utilizou um surfactante quaternário de amônio industrial com concentração de 5-10% (BetcoQuat-Stat 5), obtendo um tempo de desagregação de 14 dias, mostrando que outros surfactantes podem ser efetivos, embora o tempo de preparo seja superior.

O método de oxidação utiliza o peróxido de hidrogênio para oxidar a rocha. É um dos métodos mais utilizados nos trabalhos atuais, tanto em rochas siliciclásticas como em rochas carbonáticas, normalmente ricas em matéria orgânica. Segundo Thomas & Murney (1985), a amostra é imersa em água destilada (três partes de água para uma de amostra). Adiciona-se 10 ml de peróxido de hidrogênio 30% para 400 ml de água. Em seguida, coloca-se em um prato quente oscilante, e quando começar a ferver, retirar a amostra e esperar cerca de uma hora. O processo pode ser repetido quantas vezes for necessário. Esse método também pode ser feito sem a utilização de um prato quente oscilante, mas a amostra deve ficar alguns dias reagindo, além disso se observa trabalhos com diferentes concentrações, por exemplo, Green (2001) usa H₂O₂ 15% e Rodrigues et al. (2012) utiliza H₂O₂ 29%.

O método por solvente é muito utilizado em rochas mais resistentes e vários solventes podem ser utilizados, como por exemplo metanol, metil hidratado e querosene. A amostra deve ser seca e aquecida em forno, e imersa no solvente até cobrir a amostra. Após um intervalo que pode variar entre 30min e 8h, despeja-se o solvente (pode ser filtrado e reutilizado). Imediatamente, adiciona-se água destilada fervendo sobre a amostra para cobrir. A interação da água quente com a amostra saturada em solvente, faz a amostra desagregar (Thomas & Murney, 1985).

Para comparação de métodos de preparação de microfósseis, Rodrigues et al. (2012) realizaram um trabalho em rochas carbonáticas dolomíticas, onde comparam a quantidade de material desagregado com base no material retido nas peneiras e a qualidade dos ostracodes recuperados em cada método. O procedimento consiste em comparar o material retido na peneira de abertura maior e verificar as diferenças de desagregação de cada método (Tabela 1), e a análise dos microfósseis permite identificar corrosões causadas pela preparação, além da limpeza das carapaças em cada método, se ainda existem sedimentos aderidos ou não. Devido ao grande número de reagentes testados, o trabalho se concentra em um único nível estratigráfico, testando os métodos em uma litologia apenas.

As amostras foram trituradas em fragmentos de 0,5 cm e depois homogeneizadas por se tratarem de um mesmo nível estratigráfico. Para cada método foi utilizado 30g de amostra e 100mL do reagente analisado. Após o preparo, os

sedimentos foram lavados em água abundante em peneiras com malhas de 250, 180, 63 e 45 μm . Os reagentes utilizados foram ácido clorídrico, ácido acético, sulfato de sódio decahidratado, ácido fórmico, ácido fosfórico e peróxido de hidrogênio, variando diferentes parâmetros conforme resumido na Tabela 1 (Rodrigues et al., 2012).

As amostras foram consideradas desagregadas quando apresentavam material retido em todas as malhas, e a malha de 250 μm por reter os fragmentos maiores foi utilizada como parâmetro para avaliar a desagregação da rocha. Os experimentos 1, 3, 4, 9, 11 e 16 (ver Tabela 1) tiveram pouca ou nenhuma desagregação e foram considerados ineficazes. Os experimentos 5, 6, 12 e 15 apresentaram a melhor desagregação e os demais desagregação intermediária (Rodrigues et al., 2012).

TABELA 1: EXPERIMENTOS E PARÂMETROS AVALIADOS POR RODRIGUES ET AL. (2012).

Experimento	Reagente e concentração	Nome	Temperatura (°C)	Condições de aquecimento	Tempo de reação
1	HCl 0,1 M	Ácido clorídrico	25	Temperatura ambiente	1h 30min
2	CH ₃ COOH glacial	Ácido acético	118	Chama de Bunsen	30 min
3	Na ₂ SO ₄ .10H ₂ O 20%	Sulfato de sódio decahidratado - Sal de Glauber	96	Chama de Bunsen	45 min
4	CH ₃ COOH glacial	Ácido acético	25	Temperatura ambiente	24h
5	CH ₃ COOH 0,5M	Ácido acético	25	Temperatura ambiente	24h
6	CH ₃ COOH 1,0M	Ácido acético	25	Temperatura ambiente	24h
7	HCl 0,5M	Ácido clorídrico	102	Chama de Bunsen	1h 30min
8	HCOOH 30%	Ácido fórmico	102	Chama de Bunsen	1h
9	HCOOH 85%	Ácido fórmico	102	Chama de Bunsen	1h
10	CH ₃ COOH glacial	Ácido acético	100	Prato quente	2h
11	CH ₃ COOH glacial	Ácido acético	100	Prato quente	4h
12	CH ₃ COOH glacial	Ácido acético	25	Temperatura ambiente	13 dias
13	CH ₃ COOH glacial + CuSO ₄	Ácido acético	25	Temperatura ambiente	6 dias
14	CH ₃ COOH glacial	Ácido acético	25	Temperatura ambiente	6 dias
15	H ₃ PO ₄ 85%	Ácido fosfórico	25	Temperatura ambiente	4 dias
16	H ₂ O ₂ 29%	Peróxido de hidrogênio	25/100	Temperatura ambiente/ Prato quente	10h e 4h

Fonte: Traduzido de Rodrigues et al. (2012).

O uso de ácido clorídrico teve uma reação fraca, e o sulfato de sódio e o peróxido de hidrogênio não reagiram, o que resultou em nenhuma ou pouca

desagregação da rocha. O ácido fosfórico provocou dissolução total da rocha formando um resíduo pastoso que foi totalmente perdido na lavagem. Nas amostras preparadas com ácido acético foram recuperadas muitas carapaças de ostracodes (Rodrigues et al., 2012).

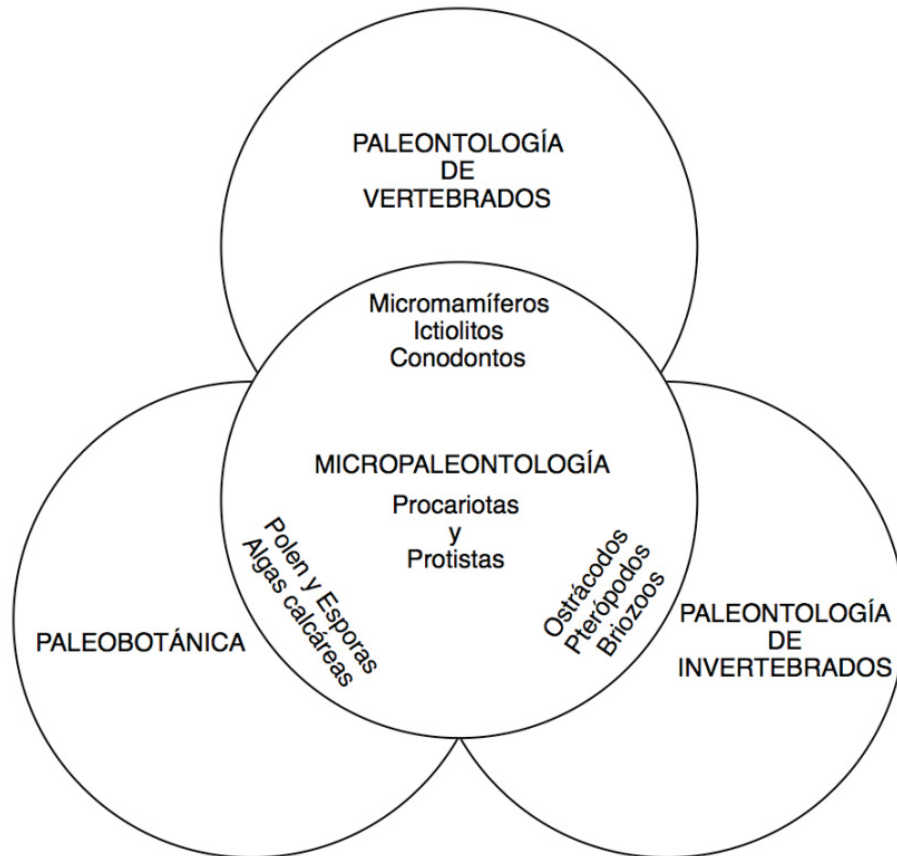
O ácido acético é um ácido orgânico fraco, e na forma pura é conhecido como ácido acético glacial. Ele reage tanto com a calcita como com a dolomita, mas o cálcio é mais reativo que o magnésio. Então, em uma rocha que contém os dois minerais, o ácido acético reagirá preferencialmente com a calcita. Quando este ácido está diluído ou quando a amostra contém umidade, a desagregação é rápida e menos eficiente, formando cristais de acetato de cálcio e de magnésio na amostra. Além de favorecer a dissolução do calcário. Em conclusão, os melhores resultados do trabalho foram com o método de ácido acético glacial em temperatura ambiente por 13 dias, o que gerou uma boa desagregação dos carbonatos dolomíticos e recuperação de ostracodes sem sedimentos aderidos e sem dissolução das carapaças (Rodrigues et al., 2012)

4 MICROPALÉONTOLOGIA

A Micropaleontologia é a ciência que estuda os microfósseis, e para isso necessita de técnicas especiais de amostragem, preparação e observação com microscópio (ver Capítulo 3). Entretanto, quando se tenta definir a Micropaleontologia, nos deparamos com algumas questões arbitrárias e diversas exceções a regra. A utilização do microscópio, por exemplo, pode ser feita para observar detalhes de microfósseis. Além disso, a própria divisão entre microfósseis e microfósseis pode ser confusa. De maneira geral, se considera fósseis menores que 1mm como microfósseis e maiores como microfósseis. Mas em alguns casos, por exemplo, partes de um organismo maior podem ser estudadas pela Micropaleontologia devido ao seu tamanho. Outro fator importante é que os microfósseis não são um critério de divisão taxonômico (Fig. 3), então podem englobar diversos táxons diferentes dentro do estudo da Micropaleontologia (MOLINA, 2004).

A Micropaleontologia tem sido uma importante ferramenta na Bioestratigrafia e Paleocologia. Isso, se deve, principalmente, devido ao seu tamanho pequeno, grande abundância e ampla distribuição. Na indústria do petróleo, por exemplo, os microfósseis são muito utilizados na análise de testemunhos e amostras de calha, auxiliando na idade e interpretação ambiental das rochas (MOLINA, 2004)

FIGURA 3 – GRUPOS DE MICROFÓSSEIS E SUAS RELAÇÕES COM OUTRAS DISCIPLINAS PALEONTOLÓGICAS.



Fonte: Molina, 2004.

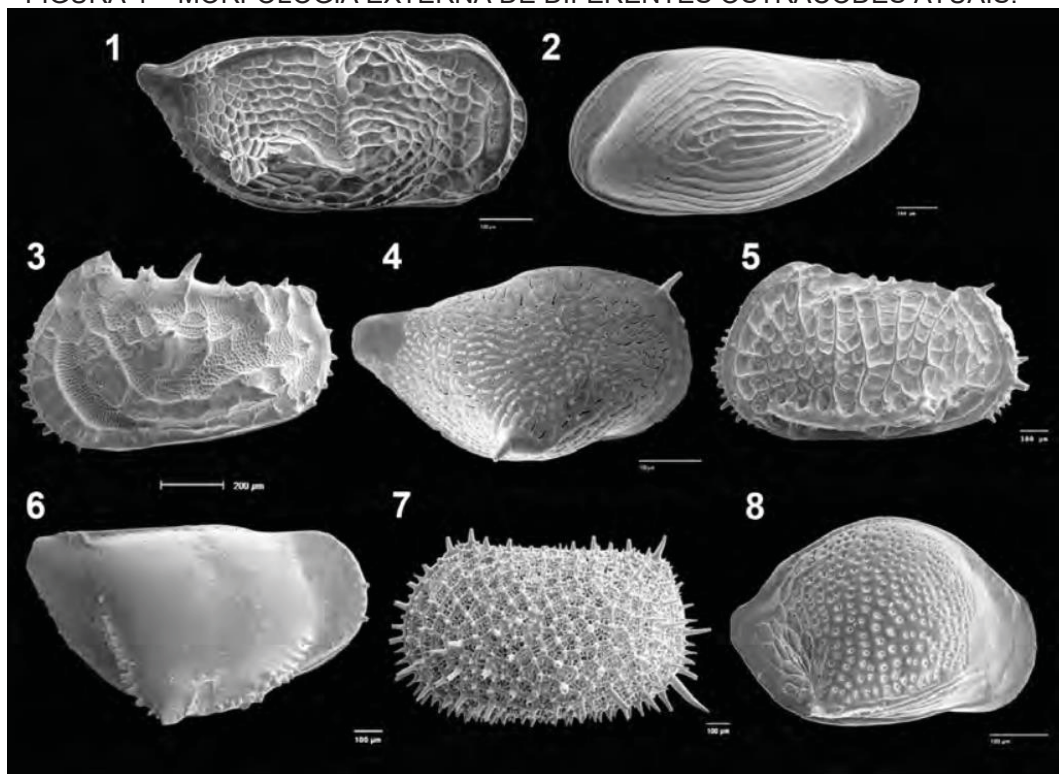
4.1 OSTRACODES

Os ostracodes são pequenos artrópodes crustáceos e são caracterizados por apresentarem uma concha bivalve, articulada dorsalmente. A maioria das espécies são microscópicas com tamanhos entre 0,4 e 1,5 mm, embora algumas formas de água doce sejam maiores (até 5 mm) e são reconhecidas formas macroscópicas marinhas de natação livre de até 30 mm. A concha da maioria das espécies é calcária, podendo ser lisa ou altamente ornamentada. Eles vivem em ambientes marinhos, salobros e de água doce. Nos ambientes marinhos podem viver desde a linha de costa até mais de 2.800 m de profundidade, e em ambientes não-marinho podem viver nos mais diversos habitats aquáticos, além de ambiente terrestre em plantas que acumulam água. A maioria dos Ostracoda aquáticos são bentônicos, embora muitas espécies da ordem Myodocopida nadam livremente durante pelo menos parte do ciclo de vida, assim como vários Podocopida de água doce (Moore, 1961).

Os ostracodes possuem o registro fóssil mais completo dos artrópodes, estendendo-se por cerca de 450 milhões de anos desde o Ordoviciano até o presente.

A subclasse Myodocopa compreendem ostracodes nectoplanctônicos e nectobentônicos marinhos, possuindo carapaças finas com sobreposição mínima da valva e articulação fraca. E a subclasse Podocopa inclui ostracodes bentônicos marinhos e não marinhos com carapaças exibindo uma grande variação morfológica, mas sem rostro anterior e olhos laterais compostos. A carapaça de calcita com baixo teor de magnésio da concha do ostracode é secretada dentro da epiderme e forma as lamelas externas e as partes periféricas das lamelas internas. É composto por duas valvas articuladas dorsalmente. A carapaça é fechada pela ação dos músculos adutores que se prendem à superfície interna na parte central das valvas. As marcas desses músculos formam aglomerados de cicatrizes que são características das diferentes superfamílias. Outras características importantes da superfície interna das valvas são a charneira, a zona marginal, os poros normais e os poros marginais entre a lamela externa calcificada e a lamela interna calcificada. A ornamentação externa da concha pode ser extremamente variável (Fig. 4) como superfície lisa, pontiaguda, pontilhada, reticulada ou com espinhos, cristas ou tubérculos. O padrão geral desta morfologia é uma característica útil nos níveis de gênero e espécie, embora possa representar variações ontogenéticas e sexuais (Rodríguez-Lazaro & Ruiz-Muñoz, 2012).

FIGURA 4 – MORFOLOGIA EXTERNA DE DIFERENTES OSTRACODES ATUAIS.



Legenda: Ostracodes coletados em sedimentos do Quaternário do Atlântico Sul. Fonte: Soares, 2015.

4.2 FORAMINÍFEROS

Os Foraminíferos, devido ao seu tamanho, abundância, potencial de preservação e fácil diagnóstico são excelentes para bioestratigrafia, paleoecologia e análises estatísticas, sendo amplamente utilizados em interpretações paleoambientais, datação e correlação de depósitos sedimentares. Assim como os fósseis, a maioria dos representantes vivos também são conhecidos por suas carapaças. Dessa forma, a classificação supragenérica e as descrições da maioria dos gêneros são baseadas em características específicas da concha ou testa, como morfologia, forma e número de aberturas, composição, presença ou ausência de poros, canalículos ou alvéolos, entre outras (Loeblich & Tappan, 1988).

Na classificação dos foraminíferos, a mineralogia, a composição (Fig. 5) e o método de formação da testa são características que definem as subordens. O caráter unilocular, bilocular ou multilocular, a presença ou ausência de poros, canalículos ou alvéolos e características da abertura separam as superfamílias. Os foraminíferos são protozoários que geralmente constroem a testa por adição, geralmente uma câmara separada a cada vez, e a cada câmara cobrindo uma abertura anterior para permitir a continuidade citoplasmática através da testa e contato com o ambiente externo (Loeblich & Tappan, 1988).

FIGURA 5 – COMPOSIÇÃO DE DIFERENTES TESTAS DE FORAMINÍFEROS.



Legenda: Foraminífero aglutinante, calcário hialino e calcário porcelanoso, da esquerda para a direita.
Fonte: Soares, 2015.

4.3 FITOCLASTOS

O termo fitoclasto foi denominado para se referir a todas as partículas pequenas derivadas de vegetais superiores (Bostik, 1971). Os fitoclastos são subdivididos nas

seguintes categorias com base em seu nível de decomposição: bem preservados e sem evidência de biodegração, mal preservados e biodegração leve, infestados com paredes celulares altamente rompidas, massa amorfa com estrutura celular remanescente e, por fim, massa amorfa não-estruturada em blocos. Entre os fragmentos de plantas, a proporção da matéria orgânica degradada pode ser usada para determinar um 'índice de degradação'. O índice de degradação determina o nível de degradação que ocorreu durante a deposição, e como diferentes ambientes exibem diferentes índices de degradação, é possível utilizar a assembleia de partículas orgânicas como uma indicação do ambiente deposicional (Hart, 1986)

4.4 COPRÓLITOS

O termo coprólito se refere a excrementos fossilizados de qualquer tamanho, composição e tipo de organismo produtor (Lambooy et al., 1994), ou seja, todos os vestígios de fósseis que representam itens alimentares que entraram na cavidade oral ou no trato gastrointestinal e foram expelidos (Hunt et al., 2012). Os coprólitos são icnofósseis, e assim como outros vestígios, determinadas morfologias tem distribuições diferentes no tempo e no espaço que refletem as distribuições de seus produtores. Estes vestígios podem fornecer informações sobre mudanças evolutivas no comportamento de processamento de alimentos e, também, sobre os contextos tafonômicos e sedimentológicos onde são preservados (Hunt et al., 2012).

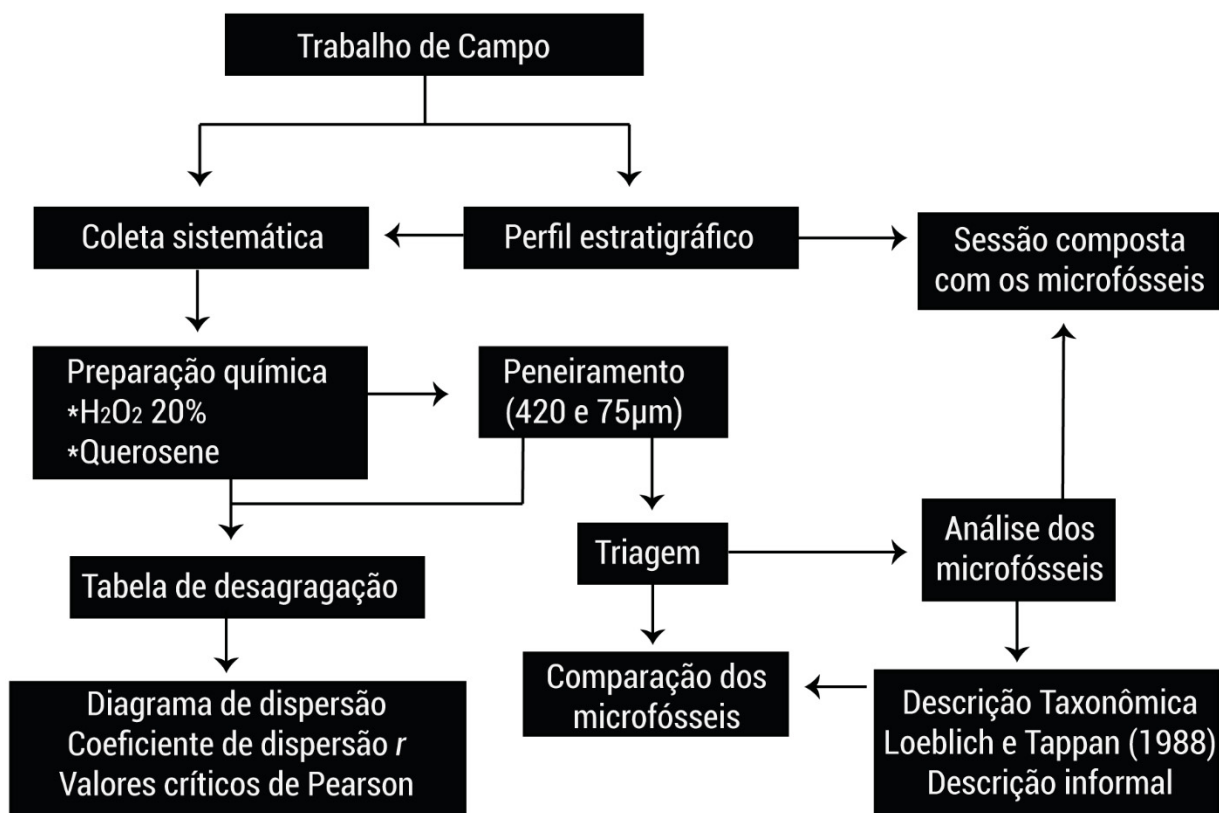
As pelotas fecais são excrementos orgânicos que ocorrem em depósitos marinhos e diferentes componentes das comunidades zooplanctônicas produzem diversos tipos e tamanhos de pelotas fecais (Turner, 2015). Por exemplo, as 'minipelotas' produzidas pelo microzooplâncton protista, como dinolagelados e radiolários (Beaumont et al., 2002; Gowing & Silver, 1985), pelotas fecais cilíndricas ou ovoides produzidas por copépodes (Beaumont et al, 2002), cordões fecais maiores produzidos por eufausídeos e flocos fecais tabulares produzidos por salpas, apendiculários e outros tunicados (Gleiber et al., 2012).

5 MATERIAIS E MÉTODOS

Essa pesquisa é dividida em três etapas: de campo, de laboratório e de análise de dados, onde os principais procedimentos estão resumidos na Figura 6. Na primeira etapa, foi realizado o trabalho de campo para o município de Taió, onde foi

confeccionado o perfil estratigráfico e realizada a coleta sistemática. A segunda etapa inclui a preparação das amostras com H₂O₂ e querosene. A terceira etapa é composta pela identificação dos microfósseis e comparação entre a desagregação das rochas, e a qualidade e quantidade de microfósseis em cada método.

FIGURA 6 – FLUXOGRAMA DAS ATIVIDADES



Fonte: A autora, 2023.

5.1 TRABALHO DE CAMPO E AMOSTRAGEM

O trabalho de campo incluiu a caracterização das fácies, levantamento de perfis verticais na escala 1:200, coleta sistemática de amostras nos diferentes tipos de fácies, e a cada 3 metros em fácies mais extensas, com cerca de 1kg de amostra. Adicionalmente, os horizontes contendo microfósseis também foram amostrados. No trabalho de campo foram coletadas 13 amostras em 5 afloramentos no município de Taió, localizado no estado de Santa Catarina, e foram descritos cerca de 170 metros de sessão sedimentar de intervalo não contínuo que compõe as formações Rio Bonito e Palermo. As amostras foram nomeadas com o código S (sample) seguido pelo número de coleta (01-13), e armazenadas em sacos plásticos.

5.2 PREPARAÇÃO MICROPALÉONTOLOGICA

O trabalho de laboratório incluiu a fragmentação grosseira das amostras com martelo, deixando os fragmentos com tamanhos menores que 2-3cm, e homogeneizando o material em um recipiente. Em seguida, com a amostra espalhada no fundo do recipiente foi realizado manualmente o quarteamento das amostras, com o auxílio de uma espátula foi feita a pressão sob dois planos perpendiculares passando pelo centro do recipiente e dividindo em quatro porções de ~200g, onde duas porções foram utilizadas para preparação e as outras porções armazenadas. Cada uma das duas porções da amostra foi preparada conforme um método (oxidação ou solvente).

No método de oxidação, a amostra foi imersa em peróxido de hidrogênio (H_2O_2) em solução a 20% (Fig. 7A), o tempo de reação foi de 48h. No método de solvente, a amostra foi imersa em querosene por tempo suficiente para que os poros fossem preenchidos pelo composto e a amostra parasse de soltar bolhas de ar (as amostras ficaram de 2 a 7 dias imersas para garantir que a maioria dos poros seja preenchida), posteriormente o querosene é coado em filtro de papel para ser reutilizado e a amostra é imersa em água fervente. O calor faz o querosene evaporar e, com a pressão da vaporização nos poros, a rocha desagrega.

Posteriormente, em ambos os métodos, as amostras foram colocadas em peneiras e lavadas em água corrente, no caso do querosene foi colocado um pouco de água quente sobre as peneiras a fim de evaporar quaisquer resquícios de querosene que tenham ficado na amostra. As peneiras têm malha de 420, 297, 149, 125 e 75 μm , e o material retido na peneira 420 μm foi utilizado para calcular a desagregação das rochas por reter os fragmentos maiores que não desagregaram. E, por fim, as amostras ficaram nas peneiras até secarem (Fig. 7B).

As massas das amostras foram medidas antes da preparação com a balança semi-analítica Ohaus PR224 e as massas retidas em cada peneira com a balança analítica Mettler Toledo modelo XS205DualRange, no Laboratório de Análise de Minerais e Rochas (LAMIR). As amostras foram pesadas dentro de sacos plásticos, e foi pesado individualmente 4 sacos em cada uma das balanças para fazer uma média da massa e retirar este valor das amostras.

FIGURA 7 -PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS



Legenda: Diluição do peróxido de hidrogênio em 20% (A). Sedimentos secando nas peneiras (B). Triagem total das amostras embaixo do microscópio estereoscópico.

A desagregação das amostras em cada método foi analisada com base na massa inicial (m_i) para os dois métodos e na massa retida em cada uma das diferentes peneiras, e foi calculada a taxa de desagregação pela fórmula (1) onde m_{420} é a massa retida na malha de 420 μm , a qual foi escolhida por reter os fragmentos maiores que não foram desagregados. As amostras foram consideradas desagregadas quando apresentavam material retido em todas as peneiras que permitisse a triagem (Fig. 7C). As amostras foram classificadas como desagregação baixa com porcentagem menor que 10%, desagregação intermediária entre 10% e 30% e desagregação alta com porcentagem maior que 30%.

$$\left[1 - \left(\frac{m_{420}}{m_i} \right) \right] (1)$$

onde:

m_{420} = massa retida na malha de 420 μm

m_i = massa inicial

Os sedimentos desagregados em cada peneira foram analisados em microscópio estereoscópico, onde foi feito o processo de catação para separar os microfósseis da matriz desagregada (Fig. 7C), no Laboratório de Paleontologia (LABPALEO-UFPR). Posteriormente, os microfósseis foram analisados e descritos com auxílio de microscópio estereoscópico com aumento de até 40x, onde foi descrito a morfologia para identificar o espécime, além de observar se houve corrosão por algum dos métodos de preparação química, ou se ainda são observados sedimentos aderidos ao microfóssil.

A desagregação das amostras foi analisada conforme as informações a seguir que foram baseadas em Larson e Farber (2010). A taxa de desagregação para os dois métodos foi plotada em um diagrama de dispersão para verificar a relação entre as duas variáveis, e posteriormente foi calculado o coeficiente de dispersão r conforme a fórmula (2) para medir a correlação linear entre as taxas de desagregação. O coeficiente de correlação tem amplitude de -1 a 1. Se as variáveis têm correlação linear positiva forte o valor é próximo de 1 e se tem correlação linear negativa forte o valor é próximo de -1. Caso o valor esteja próximo de zero, significa que não há relação linear (Larson e Farber, 2010).

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum x) \cdot (\sum y)}{\sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \cdot \sqrt{n \sum y^2 - (\sum y)^2}} \quad (2)$$

onde:

n = número de pares de dados

x,y = variáveis

Após calcular o coeficiente de correlação da amostra r é importante determinar se existem evidências suficientes para fazer inferências sobre o coeficiente de correlação populacional ρ . Se $|r| > 0,959$, a correlação é significativa. Se for menor deve ser utilizada a tabela de valores críticos do coeficiente de correlação de Pearson (Larson e Farber, 2010).

No seguinte estudo, se a correlação linear for fraca, isso significa que o tipo de reagente é responsável pela desagregação da rocha. Por outro lado, em uma correlação linear forte isso traz indícios que os fatores determinantes para a desagregação da rocha não estão relacionados com o reagente utilizado e sim com características da própria rocha.

As descrições dos microfósseis foram baseadas na morfologia externa das carapaças, pois não foi possível observar as feições internas devido à má preservação dos microfósseis. Para as descrições taxonômicas adotou-se Loeblich e Tappan (1988) para os foraminíferos e uma descrição informal para os outros grupos, devido à baixa preservação e baixo número de espécimes recuperados. Os espécimes descritos ficarão depositados na coleção de invertebrados do Laboratório de Paleontologia (LABPALEO) da UFPR.

Todas as etapas dessa pesquisa foram fundamentadas em levantamentos bibliográficos, seja em relação a estudos anteriores, embasamento metodológico, entre outros conteúdos que possam fortalecer a pesquisa.

6 RESULTADOS

6.1 KEROSENE OR HYDROGEN PEROXIDE? COMPARISON BETWEEN RECOVERY METHODS OF MINERALIZED MICROFOSSILS IN SILICICLASTIC ROCKS

Abstract

The preparation of organic microfossils uses reagents that are destructive to mineralized wall microfossils. In this scenario, micropaleontological work in the Guatá Group on Paraná Basin focuses on the recovery of organic wall microfossils, which may explain the scarcity of data on mineralized wall microfossils for the group. In this way, the objective is to apply two different methods of micropaleontological preparation and to compare the rock disaggregation and the recovery of microfossils. To achieve the objective, the preparation methods were applied using 20% hydrogen peroxide and kerosene in fractions of 200g of each collected sample, aiming to compare the recovery of microfossils and the disaggregation in each method. Thirteen samples were collected in Taió-SC, seeking to understand the different rocks described, such as sandstones, shales, heteroliths, siltstones. After preparation, the samples were washed on sieves with a mesh between 420 and 75 μm . The masses of the samples were measured before preparation and the masses retained on the sieves as well. The disaggregation rate was calculated based on the initial mass and the mass retained on the 420 μm sieve. These values were plotted in a scatter diagram and Pearson's correlation coefficient was calculated, which indicated a strong positive linear correlation between the two methods. The recovered microfossils are foraminifera of

the genus *Paralingulina*, *Thuramminoides?*, *Saccammina* and a fusiform form, three phytoclast morphotypes, an ostracod morphotype and unidentified bioclasts. The strong linear correlation between the disaggregation rate of the samples indicates that probably the parameters that influence the rock disaggregation are intrinsic to its characteristics. Regarding the recovery of microfossils, in the kerosene method the hyaline foraminifera and phytoclasts presented a better preservation while in the hydrogen peroxide method the agglutinating foraminifera had a better recovery.

Keywords: Methodology, Micropaleontology, Foraminifera, Phytoclasts, Ostracoda

1.1 Introduction

On the past few years most of the micropaleontological work in the Paleozoic deposit of the Paraná Basin concentrate on the recovery of organic wall microfossils such as palynomorphs (Daemon and Quadros, 1970; PAULIPETRO, 1981, 1982, Souza and Marques-Toigo, 2003). However, in the study of organic microfossils, it is common to use hydrochloric acid and hydrofluoric acid, which dissolve carbonate and silica, respectively. And these methods are destructive when applied to microfossils with this composition, which may explain the scarcity of information related to these microfossils for these deposits. According to Rodrigues et al. (2012), several factors influence rock fragmentation and the release of microfossils, such as rock composition, lithification level, absence or presence of pores and organic matter.

Recently, the pioneering work by Fontanelli (2021) in the region of Taió, demonstrated the presence of foraminifera (*Hyperammina* sp., *Rhabdammina* sp., *Thuramminoides?* sp., *Placentammina* sp., *Earlandia* sp. and a *Miliolina* form), five ostracod morphotypes (three genera of the order Podocopida and one of the order Myodocopida), phytoclasts and phosphates fragments using hydrogen peroxide as main preparation reagent. Based on these results, this paper compared two methods of microfossil preparation, using hydrogen peroxide and kerosene to verify the presence and preservation of these microfossils in siliciclastic deposits.

1.2 Materials and Methods

To achieve the objectives this work was separated into two stages: fieldwork and laboratory analyses. In the field, the stratigraphy was described and the samples

collected. In the laboratory, samples were prepared for analysis of rock disaggregation and microfossil recovery.

The field work was done in five outcrops in the city of Taió, Santa Catarina, Brazil (Figure 1). The outcrops include strata of the Paraguaçu and Siderópolis members from the Rio Bonito Formation and the lower part of the Palermo Formation, defined by Schneider *et al.* (1974). The facies description was done in a scale 1:200. Sample collection was guided by the difference in facies, in larger outcrops samples were collected every 3m. At the end, 13 samples were used and cataloged with the S code followed by the collection number (01-13) and stored in plastic bags.

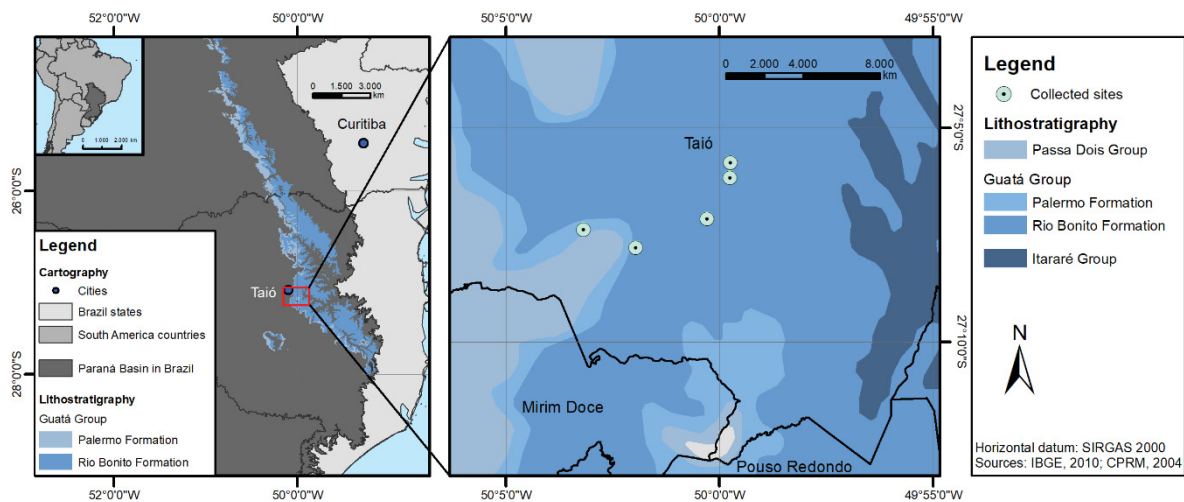


Figure 1. Location where the samples were collected.

In the laboratory, the samples were coarsely fragmented with a hammer, leaving the fragments smaller than 2-3cm, after that the material were quartered in portions of 200g. Finally, two fractions were prepared using oxidation and solvent, as indicated by Thomas and Murney (1985), described below.

In the oxidation method, the sample was immersed in hydrogen peroxide (H_2O_2) in a 20% solution, where it remained reacting for 48 hours. In the solvent method, the sample was immersed in kerosene long enough for the pores to fill with the reagent and the sample stopped releasing air bubbles (samples were immersed for 2-7 days to ensure that most of the pores were filled). Then the kerosene is strained through a paper filter to be reused and the sample is immersed in boiling water. The heat causes kerosene evaporation and, with the vaporization pressure in the pores, the rock disaggregates.

Later, in both methods, the samples were placed in sieves and washed in abundant water, in the case of kerosene, a little hot water was placed on the sieves in order to evaporate any traces of kerosene that may have remained. The sieves have

a mesh of 420, 297, 149, 125 and 75 μm , with the 420 μm one as the largest in order to use the mass retained in this to calculate the breakdown of the rocks. Finally, the samples were dried on the sieves.

To analyze disaggregation, the sample masses were measured before preparation using an semi-analytical scale and the masses retained on each sieve using an analytical scale. The samples were weighed inside plastic bags, and 4 bags were weighed individually and calculated the average, after that this value was disregarded.

The disaggregation of the samples in each method was analyzed based on the initial mass (m_i) for both methods and the mass retained in each of the different sieves. And the disaggregation rate was calculated using formula (1) where m_{420} is the retained mass in the 420 μm mesh, which was chosen because it retains the larger fragments that were not disaggregated. The samples were considered disaggregated when they presented material retained in all sieves that allowed sorting. The samples were classified as low disaggregation with a percentage lower than 10%, intermediate disaggregation between 10% and 30% and high disaggregation with a percentage greater than 30%.

$$\left[1 - \left(\frac{m_{420}}{m_i}\right)\right] \quad (1)$$

where:

m_{420} = mass retained in the 420 μm mesh

m_i = initial mass

The sediments disaggregated in each sieve were analyzed in a stereoscopic microscope, where the picking process was carried out to separate the microfossils from the disaggregate matrix. Subsequently, the microfossils were analyzed, seeking to describe the morphology and identify the specimen and features as possible corrosion made by any of the chemical preparation methods, or whether sediments adhered to the microfossil.

The disaggregation of the samples was analyzed according to Larson and Farber (2010). The disaggregation rate for the two methods was plotted in a scatter diagram to verify the relationship between the two variables. Subsequently the dispersion coefficient r was calculated according to formula (2) to measure the linear correlation between the disaggregation rates. The correlation coefficient ranges from -1 to 1. If the variables have a strong positive linear correlation, the value is close to 1

and if they have a strong negative linear correlation, the value is close to -1. If the value is close to zero, it means that there is no linear correlation.

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum x) \cdot (\sum y)}{\sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \cdot \sqrt{n \sum y^2 - (\sum y)^2}} \quad (2)$$

where:

n = number of data pairs

x, y = variables

After calculating the sample correlation coefficient r it is important to determine whether there is enough evidence to make inferences about the population correlation coefficient ρ . If $|r| > 0.959$, the correlation is significant. If it is smaller, the table with critical values for Pearson's correlation coefficient should be used.

The descriptions of the microfossils were based on the external morphology of the carapaces. The analyzed specimens are deposited in the invertebrate collection of the Laboratory of Paleontology (LABPALEO) of Universidade Federal do Paraná.

1.3 Results and discussion

Thirteen samples were prepared using two different methods, totaling 26 samples. Samples S01-S05 belong to the Palermo Formation and S06-S13 belong to the Rio Bonito Formation, which presented disaggregation rates ranging from 0.22% to 78.66% (Table 1). Samples S01-S05 and S07 showed low disaggregation in both methods. Samples S08, S09 and S13 showed intermediate disaggregation for both methods. Samples S06, S10 and S12 showed high disaggregation for both methods. And sample S11 showed intermediate disaggregation with hydrogen peroxide and low with kerosene.

The disaggregation rate for the two methods was plotted on scatter diagram (Figure 2) to verify the relationship between the two variables, and the dispersion coefficient r was calculated, obtaining a value of 0.840, indicating a strong positive linear correlation. In addition, due to $|r| < 0.959$, the table with critical values for Pearson's correlation coefficient was used, where the significance level $\alpha=0.01$ was defined, that is, in only 1% of the times the coefficient of correlation will not be significant. Thus, for 13 pairs of samples (n) with significance level 0.01 (α), the critical

value is 0.684. As the r value is greater than the critical value, then the correlation coefficient is significant 99% of the time ($0.83995 > 0.684$).

Table 1: Summary of sample disaggregation according to each method used.

Sample	Method	Initial mass(g)	Mass retained in the 420 μm fraction(g)	Disaggregation rate (in %)	Lithotypes
S01	H ₂ O ₂	198.60	188.864	4.90%	Shale
S01	Kerosene	197.90	183.639	7.21%	Shale
S02	H ₂ O ₂	239.07	232.701	2.64%	Shale
S02	Kerosene	199.70	195.553	2.08%	Shale
S03	H ₂ O ₂	231.50	230.201	0.56%	Shale
S03	Kerosene	200.10	198.484	0.81%	Shale
S04	H ₂ O ₂	198.546	198.114	0.22%	Shale
S04	Kerosene	198.493	197.366	0.57%	Shale
S05	H ₂ O ₂	200.50	197.782	1.36%	Heterolithic rocks
S05	Kerosene	212.70	208.538	1.96%	Heterolithic rocks
S06	H ₂ O ₂	199.80	104.980	47.46%	Sandstone
S06	Kerosene	200.02	81.948	59.03%	Sandstone
S07	H ₂ O ₂	201.90	195.973	2.94%	Sandstone
S07	Kerosene	202.80	200.645	1.06%	Sandstone
S08	H ₂ O ₂	196.675	168.312	14.42%	Sandstone
S08	Kerosene	202.403	174.894	13.59%	Sandstone
S09	H ₂ O ₂	198.838	176.242	11.36%	Sandstone
S09	Kerosene	196.778	164.674	16.32%	Sandstone
S10	H ₂ O ₂	204.108	43.563	78.66%	Shale
S10	Kerosene	197.665	125.372	36.57%	Shale
S11	H ₂ O ₂	199.207	142.524	28.45%	Heterolithic rocks
S11	Kerosene	198.443	182.038	8.27%	Heterolithic rocks
S12	H ₂ O ₂	202.335	96.392	52.36%	Heterolithic rocks
S12	Kerosene	198.983	96.806	51.35%	Heterolithic rocks
S13	H ₂ O ₂	198.10	152.596	22.97%	Sandstone
S13	Kerosene	203.70	158.827	22.03%	Sandstone

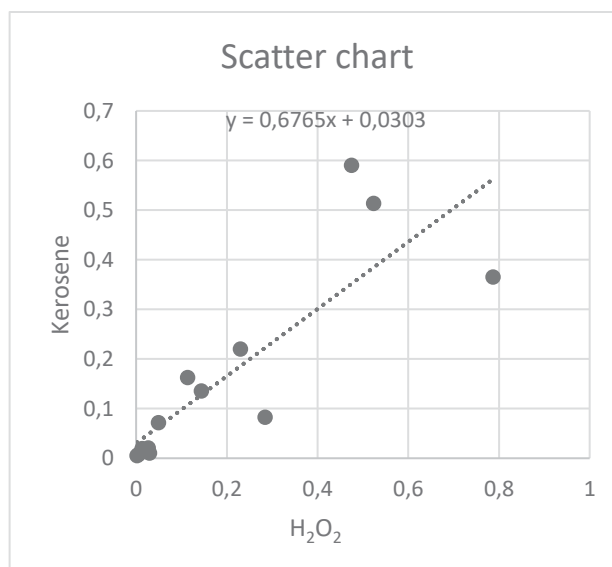


Figure 2. Disaggregation rate scatter chart.

The picking process recovered taxa of foraminifera, ostracods, phytoclasts and unidentified materials of probable organic origin (Figure 3). Recovered foraminifera present hyaline and agglutinating calcareous constitution. The hyaline foraminifera belong to the genus *Paralingulina* (Figure 4A-G) and the agglutinating foraminifera are represented by *Thuramminoides?* (Figure 4H-I) and *Saccamina* (Figure 4J), in addition, an unidentified fusiform morphotype was observed (Figure 4K-L). *Paralingulina* specimens are test small, up to 1 mm in length, elongate, ovate in section; wall calcareous, opaque, ornamented surface with prominent longitudinal costae. Some specimens have the same shape but without the prominent costae, which may be the same morphotype that suffered abrasion or a different morphotype. The *Thuramminoides?* have a globular to subglobular test, slightly flattened and an agglutinated wall of fine quartz grains. The *Saccamina* have a globular, spherical, and agglutinated wall of fine quartz grains, later portion terminated with a short neck.

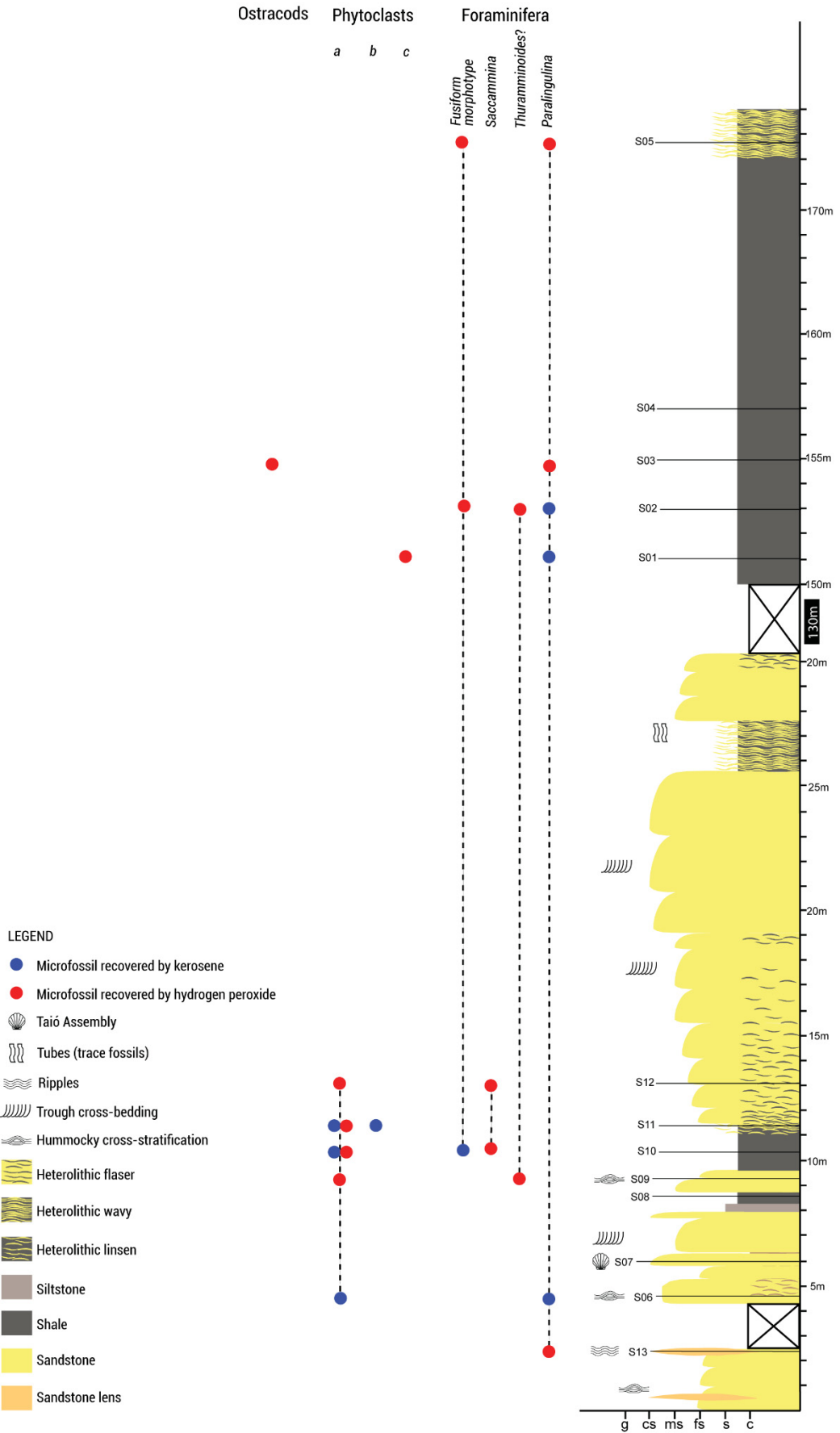


Figure 3. Columnar section with indication of samples and microfossils recovered in each method.

Phytoclasts have three distinct shapes. Morphotype *a* (Figure 4M-P) is represented by elongated and rolled structures in the form of cylinders, on the external surface it has fine longitudinal striae and has a whitish to yellowish color. Some morphotype *a* structures were open, most likely due to chemical preparation. Morphotype *b* (Figure 4Q) is represented by brown biostructured phytoclasts, elongated and flattened shape with visible internal structure forming a central line and clear outline. Morphotype *c* (Figure 4R) has an irregular shape, with a yellowish color and has wide and parallel striae.

The ostracods have a morphotype preserved in the form of steinkerns (Figure 4S). Due to poor preservation, it was not possible to identify a precise taxonomic classification. In the same way an unidentified bioclast was observed (Figure 4T) and descriptions of structures were not possible.

Regarding the recovery of microfossils, some differences were observed between the methods. *Paralingulina* foraminifera with costea ornamentations were predominantly found in the kerosene preparation, while those with a smooth wall were found exclusively in the hydrogen peroxide preparation. Therefore, these specimens may have been altered by the reaction and lost ornamentation, or it may be a different species of the same genus that was found only with the H₂O₂ method. The agglutinating foraminifera, both *Thuramminoides?* and *Saccamina*, were recovered exclusively in the H₂O₂ method. Most likely, the disaggregation of the kerosene filling the pores also caused the disaggregation of the agglutinating particles of these foraminifera. The foraminifera with fusiform morphotype were found in both methods and due to the recovery of only three individuals it is not possible to make inferences about the influence of the preparation.

Regarding phytoclasts, the morphotype *a* was better preserved in kerosene recovery, while in H₂O₂ most of them had their structure open and deformed. Morphotype *b* was found only in kerosene, possibly due to the fragility or because its organic composition did not resist H₂O₂ attack. The morphotype *c* was found in only one specimen in the peroxide method, so it is not possible to make inferences about the impact of the methods. Besides, ostracods and unidentified materials found in the H₂O₂, did not provide enough evidence to suggest any influence of the reagents.

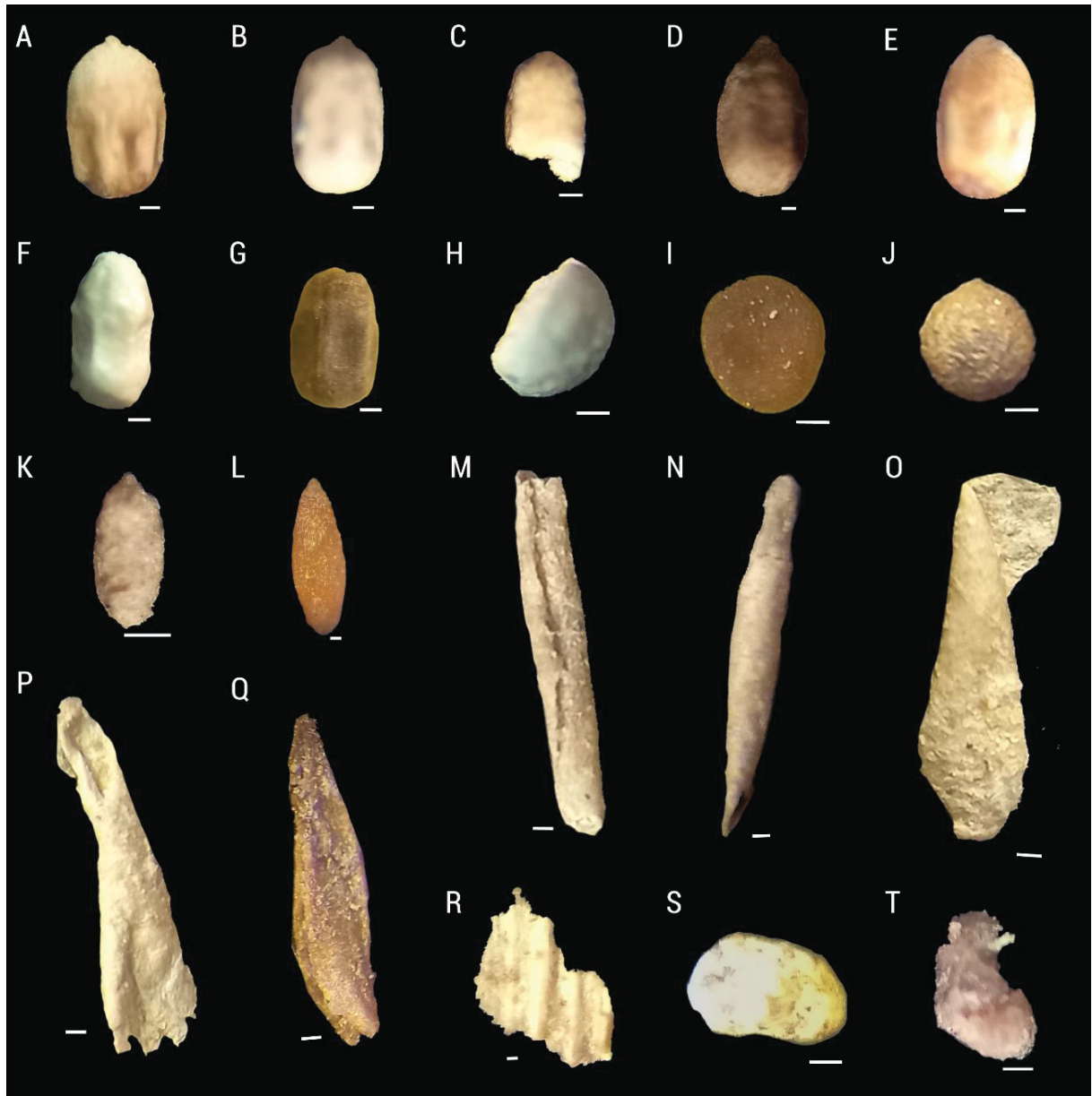


Figure 4. Microfossils **A-G:***Paralingulina*. **H-I:***Thuramminoides?***J:***Saccamina*. **K-L:** Fusiform morphotype. **M-P:** Phytoclast a. **Q:** Phytoclast b. **R:**Phytoclast c. **S:** Ostracod. **T:** Unidentified material. Scales: 100 μ m.

1.4 Conclusions

These experiments confirmed that the linear correlation coefficient presents a significance level in 99% of the applications in the total population. The results of this investigation show that the disaggregation of the samples using hydrogen peroxide and kerosene present a strong linear correlation. However, the use of only two compounds could not state that the reagent is the determining factor for rock disaggregation. The observation suggest that the disaggregation is strongly linked to the composition of the rock than the method used.

Meanwhile, the recovery of microfossils showed some differences between both methods. In the kerosene method, hyaline foraminifera and phytoclasts showed better preservation (as seen in the Figure 4A-B and Figure 4M-N). Yet, during the hydrogen peroxide preparation, the agglutinating foraminifera had a better recovery. So, depending on the objective of the work and which microfossils groups are expected to be found, opting for other reagents besides hydrogen peroxide may be a better option.

Acknowledgments

We are grateful for the financial support from CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior). Additionally, the authors thank the LABPALEO (Laboratory of Paleontology of Universidade Federal do Paraná) for the infrastructure and LAMIR (Laboratório de Análise de Minerais e Rochas) for allowing the use of the precision scales.

References

- Daemon R.F.; Quadros L.P. 1970. Bioestratigrafia do Neopaleozóico da Bacia do Paraná. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 24, Brasília. Anais, pp. 359-412.
- Fontanelli, R. C. O. *Micropaleontologia e evolução paleoambiental do Grupo Guatá na região centro-leste de Santa Catarina*. 2021. 95f. Dissertação de Mestrado em Geologia – Universidade Federal do Paraná. 2021.
- Larson, R.; Farber, B. 2010. *Estatística aplicada*– 4ª edição. Editora Pearson.
- PAULIPETRO. 1981. Resultado final das análises do Poço Piratininga nº01 (1-PA-1-SP). Relatório RT-028/81. São Paulo.
- PAULIPETRO 1982. Relatório final das análises do Poço Estratigráfico Lagoa Azul nº01 (2-LA-1-SP). Relatório RT-162/82. São Paulo.
- Rodrigues, G. B.; Bom, M. H.; Fauth, G. Recovery of ostracods in Cretaceous dolomitic carbonate: The efficiency of acetolysis. *Marine Micropaleontology*, v. 92, p. 81-86, 2012.
- Schneider R.L.; Mühlmann H.; Tommasi E.; Medeiros R.A.; Daemon R.F.; Nogueira A.A. 1974. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: *XXVIII Congresso Brasileiro de Geologia*, Porto Alegre, RS. *Anais... SBG*, v.1, p. 41-65.
- Souza P.A. & Marques-Toigo M. 2003. An overview on the palynostratigraphy of the Upper Paleozoic Brazilian Paraná Basin. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, 5: 205-214.
- Thomas, F.C.; Murney, M.G. 1985. Techniques for extraction of foraminifers and ostracodes from sediment samples. *Bedford Institute of Oceanography*.

7 CONCLUSÕES

O coeficiente de correlação linear de Person apresenta um nível de significância em 99% das aplicações na população total, entretanto, ainda seria interessante em trabalhos futuros aumentar o número de pares de amostras. Embora seja seguro afirmar que a desagregação das amostras usando o peróxido de

hidrogênio e o querosene apresentam uma forte correlação linear. Assim, provavelmente os fatores que influenciam na desagregação de uma rocha são intrínsecos à mesma, e vão ter pouca influência dos reagentes que forem escolhidos. Mas ainda é necessário testar se isso se mantém com outros reagentes. De toda forma, é seguro afirmar que, para os métodos de peróxido de hidrogênio e querosene, a desagregação vai depender das características da rocha.

Por outro lado, a recuperação dos microfósseis mostrou algumas diferenças entre ambos os métodos. Então, dependendo do objetivo do trabalho e de quais grupos se pretende estudar, é importante fazer uma escolha de método adequada para atingir os objetivos e não ter resultados enviesados. No método de querosene, os foraminíferos hialinos e os fitoclastos apresentaram uma preservação melhor. Por outro lado, no método de peróxido de hidrogênio os foraminíferos aglutinantes tiveram uma recuperação melhor. Entretanto, no método de peróxido de hidrogênio percebeu-se que as amostras tiveram reações diferentes ao produto. Algumas tiveram reações bem lentas e em outras a reação foi mais intensa chegando a aquecer a amostra, o que pode explicar a baixa preservação de foraminíferos hialinos. Dessa forma, em trabalhos futuros sugere-se testar o peróxido de hidrogênio em concentrações menores para observar se os microfósseis tem uma recuperação melhor. Em relação aos fitoclastos, por terem composição orgânica, provavelmente mesmo em concentrações menores o peróxido de hidrogênio ainda será corrosivo por reagir diretamente com a matéria orgânica.

Referências

- Beaumont, K. L., Nash, G. V., Davidson, A. T. 2002. Ultrastructure, morphology and flux of microzooplankton faecal pellets in an east Antarctic fjord. *Marine Ecology Progress Series* 245, 133-148.
- Bostik, N.H. Thermal Alteration of Classic Organic Particles as an Indicator of Contact and Burial Metamorphism in Sedimentary Rocks. *Geoscience and Man*, v.3, n.1 p. 83-92, 1971.
- Castro, J.C. 1987. Marcos de arenitos marinho raso e litorâneo na Formação Rio Bonito, flanco sudeste da Bacia do Paraná. In: *Congresso Brasileiro de Paleontologia*, 10, Rio de Janeiro, Anais: 1001-1011.
- Castro, J.C. 1988a. The Itararé-Guatá Groups and Irati Formation. In: Castro, J.C. *Sedimentology, Stratigraphy and Paleontology of the Gondwana Sequence of the Paraná Basin*. In: 7th GONDWANA SYMPOSIUM, Guide Book of the Field Excursion A2, Part I: 13-23.
- Castro, J.C. 1988b. Geology of Rio do Sul and Alfredo Wagner Areas. In: Castro, J.C. *Sedimentology, Stratigraphy and Paleontology of the Gondwana Sequence of the Paraná Basin*. In: 7th GONDWANA SYMPOSIUM, Guide Book of the Field Excursion A2, Part II: 01-08.

- Castro, J.C. 1995. Ciclos e sequências nos membros Paraguaçu e Siderópolis (Formação Rio Bonito), Bacia do Paraná. In: *Simpósio Sobre Cronoestratigrafia Da Bacia Do Paraná*, 2, Porto Alegre, Anais: 61-65.
- Crasquin-Soleau, S.; Vaslet, D.; Le Nindre, Y. Ostracods as markers of the Permian/Triassic boundary in the Khuff Formation of Saudi Arabia. *Palaeontology*, v. 48, n. 4, p. 853-868, 2005.
- Daemon R.F. & Quadros L.P. 1970. Bioestratigrafia do Neopaleozóico da Bacia do Paraná. In: *Congresso Brasileiro de Geologia*, 24, Brasília. Anais, pp. 359-412.
- Driver H.I. Anaid in disintegrating samples for micro-organic study. *Journal of Paleontology*, v. 1, n. 4, p. 253-254, 1928.
- Ferreira, D. A. P. de M. *Caracterização organofaciológica e organogeoquímica de sedimentos das Formações Muribeca e Riachuelo, Cretáceo inferior da Bacia de Sergipe-Alagoas*. 2018. 82f. Dissertação de Mestrado – Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 2018.
- Fontanelli, R. C. O. 2021. *Micropaleontologia e evolução paleoambiental do Grupo Guatá na região centro-leste de Santa Catarina*. 2021. 95f. Dissertação de Mestrado em Geologia – Universidade Federal do Paraná.
- França, A.B. & Caldas, A.F.F.D. 1983. Diferenciação e evolução dos sistemas deltaicos na parte superior do Grupo Tubarão, Bacia do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, 13(1): 56-67.
- Gleiber, M. R., Steinberg, D. K., Ducklow, H. W. 2012. Time series of vertical flux of zooplankton fecal pellets on the continental shelf of the western Antarctic Peninsula. *Marine Ecology Progress Series* 471, 23-36
- Gordon Jr, M. 1947. Classificação das formações gondwânicas do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. *Notas Preliminares e Estudos da Divisão de Geologia e Mineralogia do DNPM*, v. 38: p. 1-20.
- Gowing, M. M., Silver, M. W., 1985. Minipellets: a new and abundant size class of marine fecal pellets. *Journal of Marine Research*, 43, 395-418.
- Green O.R. 2001. Practical laboratory and field techniques in Palaeobiology. *Springer Science & Business Media*, Washington, 538p.
- Hart, G. F. 1986. Origin and classification of organic matter in clastic systems. *Palynology*, v. 10, n. 1, p. 1-23.
- Holz, M., Küchle, J., Philipp, R. P., Bischoff, A. P., & Arima, N. 2006. Hierarchy of tectonic control on stratigraphic signatures: base-level changes during the early Permian in the Paraná Basin, southernmost Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 22, n. 3-4, p. 185-204.
- Holz, M.; França, A. B.; Souza, P. A.; Iannuzzi, R. & Rohn, R. 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, n. 2, p. 381-399, 2010.
- Hunt, A. P., Milàn, J., Lucas, S. G., & Spielmann, J. A. 2012. (Ed.). *Vertebrate coprolites*. New Mexico Museum of Natural History and Science.
- Iannuzzi R. & Souza P.A. 2005. Floral succession in the Lower Permian deposits of the Brazilian Paraná Basin: an up-to-date overview. In: Lucas, S. G.; Zigler, K. E. (eds.), *The Nonmarine Permian: New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin*, 30: 144–149.
- Lamboy, M., Rao, V. P., Ahmed, E., & Azzouzi, N. 1994. Nanostructure and significance of fish coprolites in phosphorites. *Marine Geology*, v. 120, n. 3-4, p. 373-383.
- Larson, R.; Farber, B. 2010. *Estatística aplicada*– 4ª edição. Editora Pearson.
- Loeblich jr, A. R. & Tappan, H. Foraminiferal evolution, diversification, and extinction. *Journal of Paleontology*, p. 695-714, 1988.

- Medeiros, R.A. 1993. Transgressões e regressões cíclicas e a origem das formações do Rio Bonito e Palermo da Bacia do Paraná. In: *Simpósio Sobre Cronoestratigrafia Da Bacia Do Paraná*, 1, DGS-UNESP, Rio Claro: 44-49.
- Medeiros, R. A. & Thomaz Filho, A. 1973. Fácies e ambientes deposicionais da Formação Rio Bonito. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 27, Aracaju, Anais: 3-12.
- Medeiros, R.A.; Thomaz Filho, A.; Roncaratti, H. 1970. Projeto Rio Bonito – Fase 1. PETROBRAS/DESUL-SERSTRA, Relatório Interno 402, 24p.
- Meehan K.C.; Kowalski C.; Bartlett K.; Li I.; Bembia P. 2020. Successful complete digestion of well lithified shale and extraction of microfossils from Devonian beds in western New York. *Stratigraphy* 17 : 205-212.
- Milani E.J.; França A.B.; Schneider R.L. 2007. Bacia do Paraná. *Boletim de Geociências da PETROBRÁS*, v. 15, n. 2, p. 265-287.
- Molina, E., 2004. Micropaleontología: concepto, historia y estado actual. In: E. Molina (Ed.): *Micropaleontología*: 13-33. Prensas Universitarias de Zaragoza, Zaragoza.
- Moore, R.C. 1961. Treatise on Invertebrate Paleontology. Arthropoda Crustacea-Ostracoda. Part Q. *Geological Society of America* and University of Kansas Press, 442 p.
- Netto R.G.; Tognoli F.M.W.; Gandini R.; Lima J.H.D.; Gilbert J.M.; Bosetti E.P. 2012. Ichnology of the phanerozoic deposits of southern Brazil: synthetic review. In: Netto RG; Carmona NB & Tognoli FMW. Ichnology of Latin America: selected papers. *Monografias Da Sociedade Brasileira de Paleontologia*, 2: 37–68.
- Neves J.P.; Anelli L.E.; Simões M.G. 2014. Early Permian post-glacial bivalve faunas of the Itararé Group, Paraná Basin, Brazil: paleoecology and biocorrelations with South American intraplate basins. *Journal of South American Earth Sciences*, 52: 203–233.
- PAULIPETRO. 1981. Resultado final das análises do Poço Piratininga nº01 (1-PA-1-SP). *Relatório RT-028/81*. São Paulo.
- Pojeta J.; Balanc M. 1989. Freezing and thawing of fossils. *The Paleontological Society Special Publications*, v. 4, p. 223-226.
- Reed, C. B. 1935. A new brachiopod from the Upper Carboniferous of Santa Catarina, Brazil: *Academia Brasileira de Ciências*, v.7, n.2, p. 201-202.
- Rocha-Campos, A. C. 1961. Ocorrência de novos fósseis marinhos em Taió, Santa Catarina. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 33, n. 3/4, p. 27.
- Rocha-Campos A.C. 1970. Moluscos permianos da Formação Rio Bonito. *Boletim do Departamento Nacional de Produção Mineral*, Divisão de Geologia e Mineralogia, 251: 89p.
- Rocha-Campos, A.C. & Rösler, O. 1978. Late Paleozoic faunal and floral successions in the Paraná Basin, southeastern Brazil. *Boletim IG-USP* 9, 1–16.
- Rodrigues, G. B.; Bom, M. H.; Fauth, G. Recovery of ostracods in Cretaceous dolomitic carbonate: The efficiency of acetolysis. *Marine Micropaleontology*, v. 92, p. 81-86, 2012.
- Rodriguez-Lazaro, J.; Ruiz-Muñoz, F. 2012. A general introduction to ostracods: morphology, distribution, fossil record and applications. In: *Developments in Quaternary Sciences*. Elsevier, p. 1-14.
- Rösler O. 1978. The Brazilian eogondwanic floral succession. *Boletim IG-USP*, 9: 85-90.
- Sampaio, R.F. 1987. Análise faciológica e estratigráfica dos membros Paraguaçu e Siderópolis da Formação Rio Bonito, sul/sudeste da Bacia do Paraná. Escola de Minas/ UFOP, Ouro Preto, Dissertação de Mestrado, 111p.
- Santos, R. S. 1947. Um *Ctenacanthus* do Gondwana brasileiro: *Academia Brasileira de Ciências*, v. 19, n. 3, p. 247-251.

- Schmidt-Neto, H.; Netto, R. G. & Villegas-Martín, J. Bioerosion in shells from the Early Permian Rio Bonito Formation, Brazil: Taphonomic, paleobiological, and paleoecological implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 505, p. 256-264, 2018.
- Schneider, R.L. & Castro, J.C. 1975. Análise estratigráfica, sedimentológica e potencialidades petrolíferas da Formação Rio Bonito no sudeste da Bacia do Paraná. PETROBRAS/DEXPRO, Relatório Interno nº. 5011, 39p..
- Schneider R.L.; Mühlmann H.; Tommasi E.; Medeiros R.A.; Daemon R.F.; Nogueira A.A. 1974. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: *XXVIII Congresso Brasileiro de Geologia*, Porto Alegre, RS. *Anais... SBG*, v.1, p. 41-65.
- Soares, M.B.(Org.). *A paleontologia na sala de aula*. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Paleontologia, 2015, 714p.
- Souza P.A. 2006. Late carboniferous palynostratigraphy of the Itararé Subgroup, northeastern Paraná Basin, Brazil. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 138: 9-29.
- Souza P.A. & Marques-Toigo M. 2003. An overview on the palynostratigraphy of the Upper Paleozoic Brazilian Paraná Basin. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, 5: 205-214.
- Souza, P.A., Marques-Toigo, M., 2005. Progress on the palynostratigraphy of the Permian strata in Rio Grande do Sul State, Paraná Basin, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 77, 353–365.
- Thomas, F.C.; Murney, M.G. 1985. Techniques for extraction of foraminifers and ostracodes from sediment samples. *Bedford Institute of Oceanography*.
- Tognoli, F.M.W. 2002. Análise estratigráfica e paleoicnológica do Grupo Guatá no leste paranaense. IGCE/UNESP, Rio Claro, Dissertação de Mestrado, 90p.
- Tognoli, F. M. W. 2006. *Estratigrafia das Sequências Depositionais do Grupo Guatá, Borda Leste da Bacia do Paraná*. 119f. Tese de Doutorado em Geociências – Universidade Estadual Paulista. 2006.
- Turner, J. T. 2015. Zooplankton fecal pellets, marine snow, phytodetritus and the ocean's biological pump. *Progress in Oceanography*, v. 130, p. 205-248.
- White, I.C. 1908. *Relatório Final da Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra no Brasil*. Rio de Janeiro, DNPM, 1988. Parte I: 1-300, Parte II: 301-617 (edição Fac-Similar).