

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

RAFAEL REIS BENDER

**PALINOFÁCIES E INTERPRETAÇÃO PALEOAMBIENTAL DAS
FORMAÇÕES RIO BONITO E PALERMO, PERMIANO INFERIOR
(POÇO CBM001-ST-RS) DO RIO GRANDE DO SUL**

Porto Alegre
2017

RAFAEL REIS BENDER

**PALINOFÁCIES E INTERPRETAÇÃO PALEOAMBIENTAL DAS
FORMAÇÕES RIO BONITO E PALERMO, PERMIANO INFERIOR
(POÇO CBM001-ST-RS) DO RIO GRANDE DO SUL**

Relatório final apresentado à
Universidade Federal do Rio Grande do
Sul, como parte das exigências para a
obtenção do título de Geólogo.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Alves de
Souza

Porto Alegre
2017

RAFAEL REIS BENDER

**PALINOFÁCIES E INTERPRETAÇÃO PALEOAMBIENTAL DAS
FORMAÇÕES RIO BONITO E PALERMO, PERMIANO INFERIOR
(POÇO CBM001-ST-RS) DO RIO GRANDE DO SUL**

Relatório final apresentado à
Universidade Federal do Rio Grande do
Sul, como parte das exigências para a
obtenção do título de Geólogo.

Porto Alegre, 18 de Dezembro de 2017.

BANCA EXAMINADORA

Dr. Anderson José Maraschin
PUCRS

Dr.^a Renata Alvarenga Kuchle
UFRGS

M.^a Rosália Barili
UFRGS

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Dr. Wolfgang Dieter Kalkreuth, por ter disponibilizado o material estudado neste trabalho; ao Dr. Mahesh Shivanna, pela ajuda no processamento das amostras e na interpretação dos dados; e a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste projeto.

“Para mim, é muito melhor compreender o universo como ele realmente é do que persistir no engano, por mais satisfatório e tranquilizador que possa parecer.”

(Carl Sagan)

RESUMO

As formações Rio Bonito e Palermo são unidades litoestratigráficas, cujas deposições ocorrem simultaneamente em porções localizadas da Bacia do Paraná, de tal forma que, nesses casos, a bioestratigrafia não é útil para diferenciá-las. O estudo detalhado de palinofácies pode representar uma alternativa eficaz para distingui-las nestas áreas. Este projeto tem por objetivo identificar e caracterizar as formações Rio Bonito e Palermo no poço CBM001-ST-RS, oriundo da região carbonífera de Santa Terezinha, Rio Grande do Sul, através da análise de lâminas palinológicas. O foco da análise é o estudo das palinofácies com vistas à interpretação paleoambiental, a partir da verificação qualitativa e quantitativa de toda a matéria orgânica particulada por amostra: matéria orgânica amorfa, fitoclastos e palinomorfos. A análise quantitativa foi realizada com base em trezentos elementos palinológicos por lâmina, primeiramente abrangendo toda a matéria orgânica particulada e, posteriormente, apenas o grupo fitoclasto. As porcentagens dos subgrupos da matéria orgânica particulada em cada nível foram representadas em diagrama ternário e os subgrupos de fitoclastos em gráficos de linhas. A distribuição das amostras no diagrama ternário apresentou três agrupamentos bem definidos. As amostras da Formação Palermo situaram-se na porção superior direita do diagrama, sugerindo um ambiente marinho raso de plataforma proximal oxidante. As amostras da Formação Rio Bonito apresentaram dois agrupamentos, sendo o primeiro localizado na metade superior do diagrama, indicando um ambiente flúvio-deltaico e o segundo na metade inferior esquerda, indicando um ambiente lagunar redutor. A análise dos fitoclastos revelou o predomínio de fitoclastos translúcidos não bioestruturados na Formação Rio Bonito e um aumento significativo na proporção de fitoclastos opacos na Formação Palermo, corroborando a interpretação de um ambiente mais distal em relação à área fonte.

Palavras-Chave: Palinologia. Palinofácies. Paleoambientes. Rio Bonito. Palermo. Bacia do Paraná.

ABSTRACT

The Rio Bonito and Palermo Formations are lithostratigraphic units, whose depositions occur simultaneously in some portions of the Parana Basin, so that, in such portions, biostratigraphic data are not useful to distinguish them. A detailed palynofacies study could represent an effective way to distinguish them in these areas. The objective of this project is to identify and characterize the Rio Bonito and Palermo formations in the CBM001-SR-RS borehole, originary from the Santa Terezinha coalfield, Rio Grande do Sul, through the analysis of palynological samples. The analysis' focus is the study of palynofacies, aiming for paleoenvironmental interpretation, by means of qualitative and quantitative verification of all particulated organic matter in every sample: amorphous organic matter, phytoclasts and palynomorphs. It is intended to identify the changes in the amount of palynological material in both formations, in addition to the implications of these changes from a paleoenvironmental point of view. The quantitative analysis was based on three hundred palynological elements in each slide, firstly concerning all particulated organic matter and secondly only the fitoclast group. The percentages of the particulated organic matter subgroups in every sample were plotted in a ternary diagram and the fitoclast subgroups in line graphics. The distribution of the samples in the ternary diagram showed three different groupings. The samples of Palermo Formation are located in the upper right side of the diagram, suggesting a shallow marine oxic proximal shelf environment. The samples of Rio Bonito Formation formed two groupings, the first being located in the upper half of the diagram, indicating a fluvio-deltaic environment and the second in the lower left side, indicating a reducing lagoon environment. The fitoclast analysis revealed a dominance of Brown non biostructured fitoclasts in the Rio Bonito Formation and a significant increase in the amount of black fitoclasts in the Palermo Formation, corroborating the interpretation of a more distal environment in relation to the source area.

Keywords: Palynology. Palynofacies. Paleoenvironments. Rio Bonito. Palermo. Parana Basin.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1- Carta cronoestratigráfica da Supersequência Gondwana I, Permiano da Bacia do Paraná.....	13
FIGURA 2- Exemplos de matéria orgânica particulada proveniente de rochas após passarem por processamento com HF e HCl: a e b) matéria orgânica amorfa; c) fitoclasto opaco; d) fitoclasto translúcido; e e f) palinomorfos (esporos de plantas).....	19
FIGURA 3- Classificação da matéria orgânica particulada.....	20
FIGURA 4- Diagrama ternário Fitoclasto-MOA-Palinomorfo, com campos de palinofácies marinhas.....	21
FIGURA 5- Tendência de preservação dos fitoclastos.....	23
FIGURA 6- Localização do poço CBM001-ST-RS e da região carbonífera de Santa Terezinha no Rio Grande do Sul.....	24
FIGURA 7- Perfil litoestratigráfico das porções correspondentes às formação Rio Bonito e Palermo no poço CBM001-ST-RS.....	25
FIGURA 8- Etapas do processamento palinológico: a) maceração das amostras; b) dissolução das amostras em HCl e HF; c) peneiras; d) resíduos palinológicos.....	27
FIGURA 9- Tabela utilizada para análise quantitativa da matéria orgânica palinológica.....	28

FIGURA 10- Matéria orgânica palinológica presente no material estudado: a, b, c e d) matéria orgânica amorfa; e) fitoclasto opaco; f) fitoclasto não bioestruturado; g) fitoclasto bioestruturado perfurado e bandado; h) fitoclasto bioestruturado estriado e listrado; i e j) palinomorfos (esporos de plantas); k e l) palinomorfos (algas de água doce).....31

FIGURA 11- Distribuição das amostras estudadas em diagrama ternário.....32

FIGURA 12- Gráfico mostrando a razão entre fitoclastos opacos e translúcidos nos níveis estudados (amostras 1 a 28).....33

FIGURA 13- Subclasses do grupo fitoclasto: a e b) não bioestruturados; c e d) perfurados e bandados; e e f) estriados e listrados ; g e h) opacos.....35

FIGURA 14- Porcentagem de fitoclastos pertencentes ao subgrupo “opacos” nos níveis estudados (amostras 1 a 28).....36

FIGURA 15- Porcentagem de fitoclastos pertencentes ao subgrupo “não bioestruturados” nos níveis estudados (amostras 1 a 28).....37

FIGURA 16- Porcentagem de fitoclastos pertencentes ao subgrupo “perfurados e bandados” nos níveis estudados (amostras 1 a 28).....38

FIGURA 17- Porcentagem de fitoclastos pertencentes ao subgrupo “estriados e listrados” nos níveis estudados (amostras 1 a 28).....39

FIGURA 18- Bloco-diagrama mostrando os ambientes deposicionais das formações estudadas.....42

LISTA DE TABELAS

TABELA 1- Resultados da análise quantitativa da matéria orgânica particulada no poço estudado.....	30
TABELA 2- Resultados da análise quantitativa do grupo fitoclasto.....	34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Caracterização do Problema / Hipóteses	12
1.2 Justificativa.....	14
1.3 Objetivos e Metas.....	14
1.4 Impacto e Aplicações na Linha Temática do Projeto.....	15
2 CONTEXTO GEOLÓGICO.....	16
2.1 Formações Rio Bonito e Palermo (Permiano da Bacia do Paraná).....	16
3 ESTADO DA ARTE	18
3.1 Palinofácies	18
3.2 Definição de Palinofácies Através do Diagrama Ternário Fitoclasto-MOA-Palinomorfo	20
3.3 Tendência de Preservação dos Fitoclastos (Preservação Seletiva).....	22
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	24
4.1 Pesquisa e Revisão Bibliográfica	24
4.2 Materiais.....	24
4.3 Processamento das Amostras e Confecção das Lâminas Palinológicas	26
4.4 Classificação da Matéria Orgânica Palinológica.....	27
4.5 Parâmetros utilizados na análise de palinofácies.....	28
5 RESULTADOS	30
5.1 Análise de toda matéria orgânica particulada.....	30
5.2 Análise do Grupo Fitoclasto	34
6 DISCUSSÃO	40
7 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
REFERÊNCIAS.....	46
ANEXO A – Análises Solicitadas ao Instituto de Geociências	48
ANEXO B – Correções Solicitadas pela Banca.....	49

1 INTRODUÇÃO

O termo “palinofácies” se refere ao estudo da matéria orgânica particulada proveniente de rochas ou sedimentos após passarem por processamento com ácido fluorídrico (HF) e ácido clorídrico (HCl) para eliminar a matriz mineral. O estudo de palinofácies é um método de grande potencial, utilizado em análises estratigráficas, integrando-se às análises bioestratigráficas e sedimentológicas.

Segundo Holz et al. (2010), a Formação Rio Bonito é uma unidade portadora de carvão da Bacia do Paraná. “Ortoconglomerados e arenitos subarcóseos grossos a finos com estratificação cruzada planar e acanalada e ciclos granodecrescentes terminados por argilas e carvão” ocorrem tipicamente na base da formação e são interpretadas como um sistema flúvio-deltaico. (HOLZ et al., 2010, p.384).

A parte superior da formação é caracterizada por “Camadas grossas (mais de 2.5 m) de carvão e lateralmente contínuas (mais de 40 km), as quais ocorrem em associação lateral com quartzo-arenitos e argilitos maciços ou laminados, com acamamento *wavy* e *linsen*”. Esta associação de fácies é interpretada como um sistema estuarino influenciado por ondas e maré, envolvendo um sistema deposicional laguna-barreira, com deposição de lama atrás da ilha-barreira. (HOLZ et al., 2010, p. 384).

De acordo com Schneider et al. (1974), a Formação Palermo faz contato concordante com a Formação Rio Bonito em seu limite inferior e caracteriza-se por “siltitos e siltitos arenosos de cores cinza e, por alteração, amarelo esverdeados”. Arenitos finos e mesmo conglomeráticos desenvolvem-se localmente. Os autores interpretam as características litológicas e sedimentares da formação como um ambiente marinho transgressivo de águas rasas, abaixo do nível de ação das ondas.

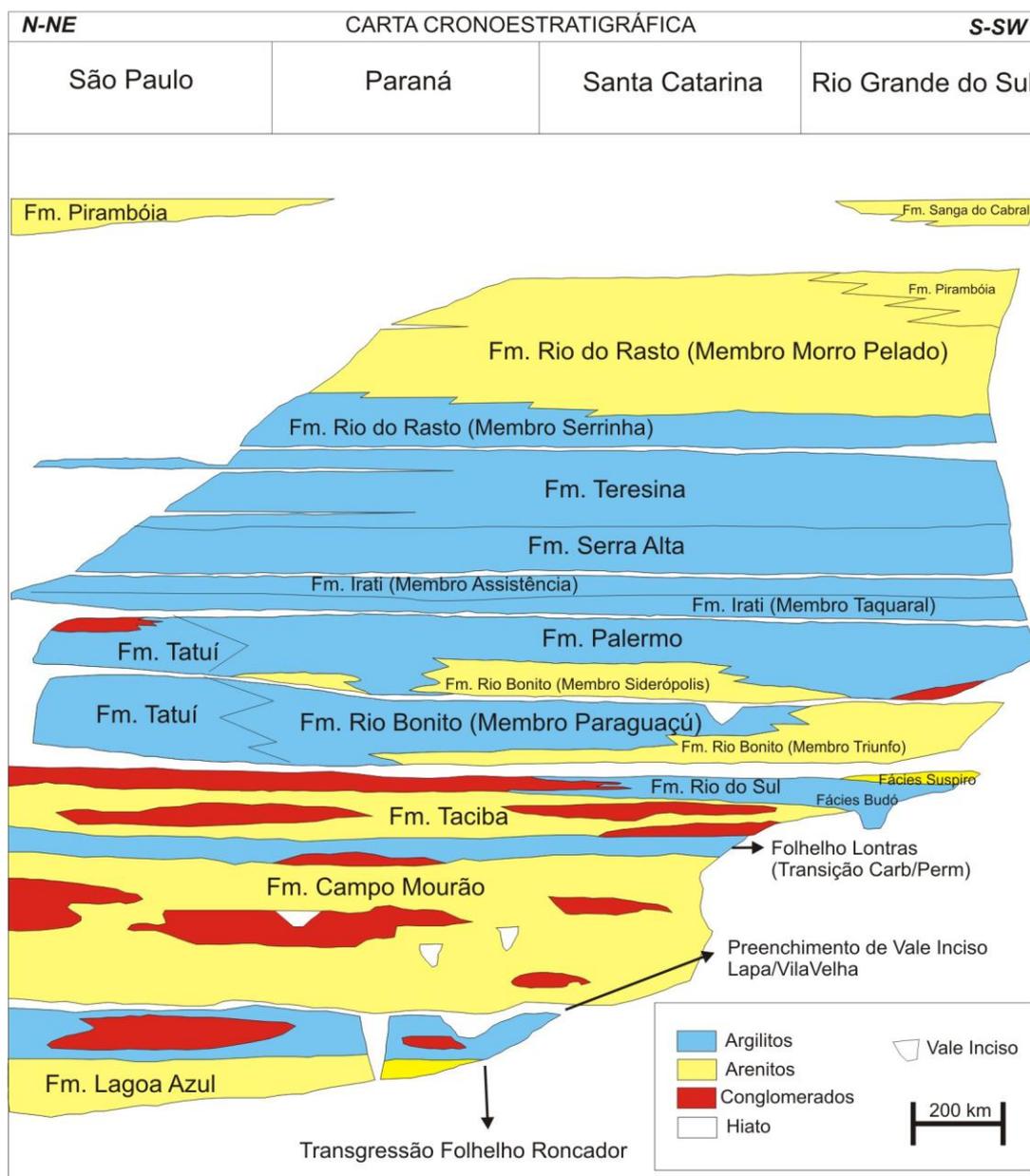
1.1 Caracterização do Problema / Hipóteses

Apesar de as formações Rio Bonito e Palermo serem atribuídas a ambientes deposicionais distintos, há porções da Bacia do Paraná nas quais sua deposição é simultânea (Fig. 1), de tal forma que, nestes casos, os dados

fornechos pela bioestratigrafia não são úteis para diferenciá-las. A caracterização palinofaciológica de ambas as formações poderia definir uma assinatura relacionada aos paleoambientes, permitindo, a partir desta, sua distinção.

Assim, este projeto aborda o estudo de palinofácies em um poço perfurado no Estado do Rio Grande do Sul, a fim de reconhecer e caracterizar possíveis assinaturas palinológicas presentes nas formações Rio Bonito e Palermo, relacionando-as com seus respectivos paleoambientes.

Figura 1 - Carta cronoestratigráfica da Supersequência Gondwana I, Permiano da Bacia do Paraná.



Fonte: Holz et al. (2010)

1.2 Justificativa

A motivação deste projeto é testar a potencialidade da palinologia como ferramenta para caracterizar e distinguir diferentes paleoambientes e formações geológicas, servindo como um método útil em estudos estratigráficos indispensáveis para obtenção de diversos recursos minerais, como carvão, petróleo e gás.

As lâminas palinológicas utilizadas neste estudo foram confeccionadas no Laboratório de Palinologia Marleni Marques Toigo, localizado no Instituto de Geociências da UFRGS. A análise se valeu basicamente de microscopia óptica com luz branca e foi realizada no laboratório acima referido.

1.3 Objetivo Geral

Este estudo tem por objetivo identificar e caracterizar as assinaturas palinológicas na transição entre as formações Rio Bonito e Palermo, por meio da análise de lâminas palinológicas. O foco da análise é o estudo das palinofácies com vistas à interpretação paleoambiental, a partir da verificação qualitativa e quantitativa de toda a matéria orgânica particulada por amostra: matéria orgânica amorfa, fitoclastos e palinomorfos. Assim, encontrando um meio eficaz de distinguir as formações em questão, relacionado ao seu ambiente deposicional e independente de sua idade.

1.4 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são identificar e quantificar os componentes da matéria orgânica palinológica presentes no material estudado, caracterizar o material palinológico de acordo com sua forma e grau de preservação e utilizar os dados encontrados para interpretar e caracterizar os paleoambientes em detalhe, de modo a atribuir uma assinatura palinofaciológica para cada formação estudada.

1.5 Impacto e Aplicações na Linha Temática do Projeto

A linha temática deste projeto é o estudo das palinofácies e interpretação paleoambiental através da análise de lâminas do poço CBM001-ST-RS. Os níveis analisados correspondem às formações Rio Bonito e Palermo, de modo que sua caracterização é útil no reconhecimento dessas formações através da palinologia.

O reconhecimento das palinofácies características dos ambientes analisados (flúvio-deltaico e marinho raso) pode ser estendido para outros contextos geológicos e ajudar a compreender como o transporte e a deposição de sedimentos em determinadas circunstâncias se refletem na palinologia, permitindo a obtenção de uma visão mais detalhada dos paleoambientes e dos processos sedimentares ocorridos nos mesmos.

A interpretação dos paleoambientes também fornecerá uma melhor noção dos processos geradores dos carvões presentes na região carbonífera de Santa Terezinha e na Formação Rio Bonito como um todo.

2 CONTEXTO GEOLÓGICO

2.1 Formações Rio Bonito e Palermo (Permiano da Bacia do Paraná)

Holz et al. (2010) descrevem a Bacia do Paraná como uma grande bacia intracratônica na Plataforma Sul-Americana, a qual cobre uma superfície aproximada de 1.700.000 km², possuindo um formato alongado NE-SW, com cerca de 1750 km de comprimento e 900 km de largura. Segundo Holz et al. (2010): “O preenchimento sedimentar da bacia foi condicionado por ciclos tectônico-eustáticos, ligados à evolução do Gondwana ocidental durante o Paleozoico e o Mesozoico”.

De acordo com Milani et al. (2007), “o arranjo espaço-temporal das rochas que preenchem a Bacia do Paraná constitui tema entre os mais presentes na bibliografia geocientífica brasileira”. Os autores destacam o grande número de pesquisadores que estudaram a geologia da bacia desde o último quarto do século passado e o relatório de White (1908), tido como o marco zero na sistematização estratigráfica da Bacia do Paraná.

White (1908) foi o primeiro a empregar o termo Rio Bonito, quando chamou *Camadas Rio Bonito* um conjunto de arenitos, folhelhos e leitos de carvão associados, situados nas proximidades de Lauro Müller, Santa Catarina. A associação de fácies típica da formação é composta por ortoconglomerados a arenitos subarcóseos finos a grossos, com estratificação cruzada planar e acanalada e ciclos granodecrescentes, encimados por argilitos e camadas muito finas de carvão (<0,5 m), caracterizando um sistema fluvial e deltaico (HOLZ et al., 2010, p. 384). Holz et al. (2010) caracterizam os interflúvios como “fácies argilosas com camadas de carvão argiláceo” e afirmam que este intervalo flúvio-deltaico ocorre caracteristicamente na base da formação.

A Formação Palermo, segundo Schneider et al. (1974), “consiste em siltitos e siltitos arenosos de cores cinza e, por alteração, amarelo-esverdeadas. Localmente, desenvolvem-se arenitos finos (Paraná) e mesmo conglomeráticos (São Paulo)”. Os autores acrescentam que tais rochas costumam apresentar bioturbação, a qual destrói quase completamente suas estruturas sedimentares que, quando preservadas, caracterizam-se por

laminações cruzadas de muito pequeno porte. Holz et al. (2010) atribui a formação a um ambiente marinho raso.

A unidade apresenta contato concordante com a Formação Rio Bonito em sua parte basal, embora este contato ocorra diretamente com a Formação Aquidauana em Mato Grosso e Goiás e sobre o embasamento em determinadas áreas do Rio Grande do Sul (SCHNEIDER et al., 1974, p. 54).

3 ESTADO DA ARTE

Este tópico visa apresentar uma revisão da literatura existente a respeito dos aspectos que fundamentam o desenvolvimento desse projeto, de modo a fornecer um quadro resumido e uma discussão do conhecimento já adquirido a respeito dos temas abordados.

3.1 Palinofácies

Combaz (1964) cunhou o termo “palinofácies”. Em seu trabalho na Companhia Francesa de Petróleo, Combaz descreveu os componentes da matéria orgânica extraída de um sedimento através de processamento com ácido clorídrico e fluorídrico. O autor analisou as proporções dos constituintes da matéria orgânica particulada e denominou os resultados “palinofácies”.

Trata-se de uma poderosa ferramenta analítica, útil para estudos estratigráficos, integrando-se às análises bioestratigráficas e sedimentológicas. O conceito definido por Combaz foi modificado ao longo do tempo por diversos autores (QUADROS, 1975; CORNFORD et al., 1979; HABIB, 1982; TRAVERSE, 1994). Tyson (1995) definiu palinofácies como “um corpo de sedimento contendo uma assembléia distintiva de matéria orgânica palinológica que acredita-se refletir um determinado conjunto de condições ambientais ou estar associada a um determinado intervalo de potencial de geração de hidrocarbonetos”.

Segundo Mendonça Filho et al. (2010), os dados das associações de palinofácies poderão:

- Determinar a magnitude e localização de *inputs* terrígenos (relação proximal-distal);
- Determinar polaridade deposicional (eixos *onshore-offshore*);
- Identificar tendências de raseamento-aprofundamento;
- Identificar tendências regressivas-transgressivas no contexto da Estratigrafia de Sequências;
- Caracterizar e subdividir fácies sedimentares uniformes;

- Fornecer uma caracterização paleoambiental;
- Determinar as fácies orgânicas propícias à geração de hidrocarbonetos.

Os três grupos morfológicos principais que podem ser reconhecidos nas associações de matéria orgânica particulada (Figuras 2 e 3) são: matéria orgânica amorfa, fitoclastos e palinórfos (MENDONÇA FILHO et al., 2010). Tyson (1995), Mendonça Filho (1999) e Mendonça Filho, Carvalho e Menezes (2002) propõem um sistema de classificação mais detalhado dos componentes palinológicos, resumido na figura 3.

Figura 2 - Exemplos de matéria orgânica particulada proveniente de rochas após passarem por processamento com HF e HCl: a e b) matéria orgânica amorfa; c) fitoclasto opaco; d) fitoclasto translúcido; e e f) palinórfos (esporos de plantas).

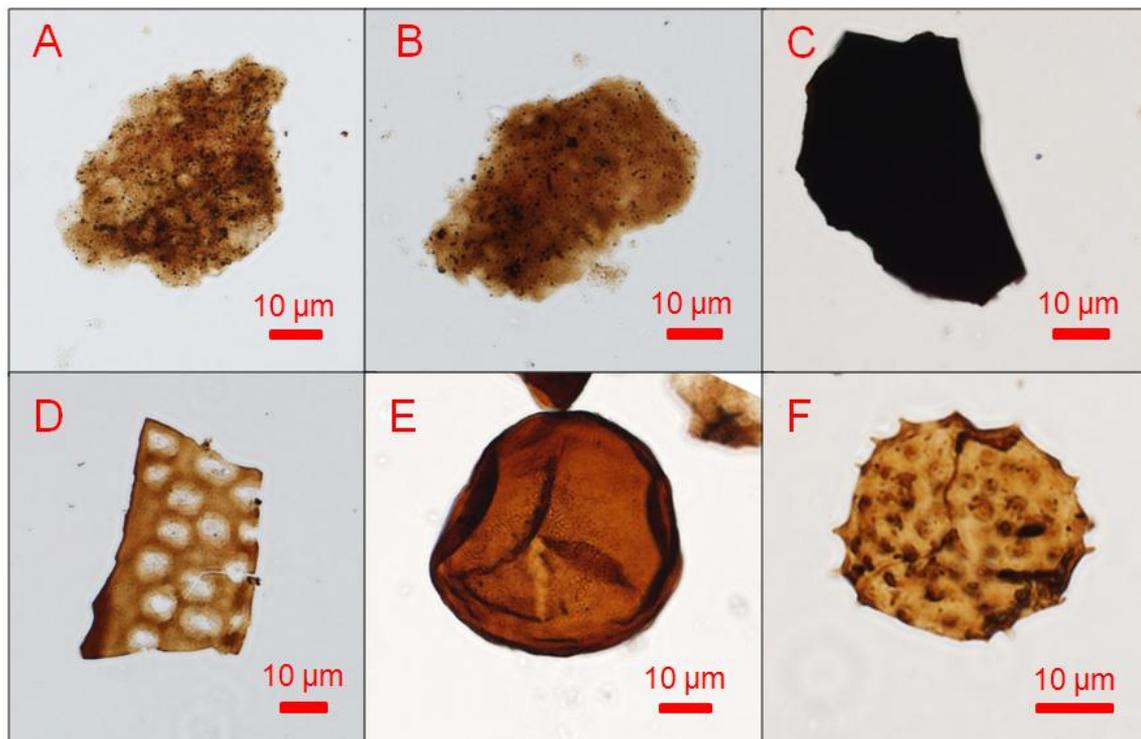


Figura 3 - Classificação da matéria orgânica particulada.

GRUPO	SUBGRUPO
MATÉRIA ORGÂNICA AMORFA	MOA: Material orgânico derivado de ataque microbiológico
	BACTERIANA (esteiras microbiais) Material orgânico derivado de produtividade microbiológica
	RESINA: Derivada de vegetais superiores terrestres de florestas tropicais e subtropicais
FITOCLASTO	OPACO: Partícula de cor preta não translúcida
	NÃO OPACO: Partícula translúcida
	ESCLERÍDEOS: Células que formam o tecido esclerenquimático. Têm a função de sustentação e resistência e são encontradas em diversas partes do vegetal (raiz, caule e folha)
PALINOMORFOS	ESPOROMORFO: Grãos de pólen e esporos
	MICROPLÂNCTON DE ÁGUA DOCE: Algas <i>Chlorococcales</i>
	MICROPLÂNCTON MARINHO: Cistos de Dinoflagelados, Prasinófitas e Acritarcos
	ZOOMORFO: Palinoforaminíferos, Escolecodontes e Quitinozoários
OUTROS	Zooclastos (Graptólitos, Ovos de copépodes) Ex: <i>Spongiophyton</i>

Fonte: Tyson (1995), Mendonça Filho (1999) e Mendonça Filho, Carvalho e Menezes (2002)

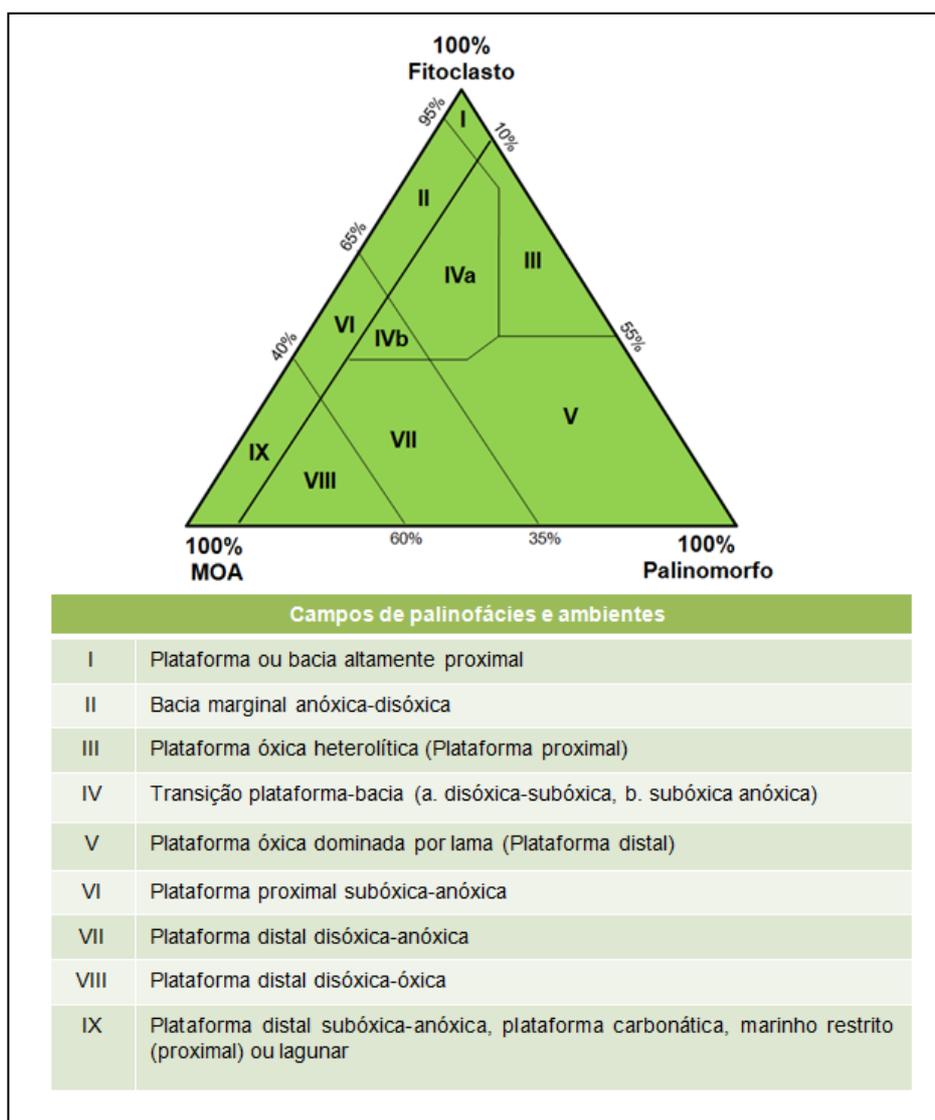
3.2 Definição de Palinofácies Através do Diagrama Ternário Fitoclasto-MOA-Palinomorfo

Um dos aspectos mais fundamentais na caracterização de palinofácies é a proporção na qual ocorrem os três componentes principais da matéria orgânica palinológica. A representação desses dados pode ser feita através de um diagrama ternário, cujos vértices representam tais componentes. De acordo com a posição ocupada por uma amostra ou um grupo de amostras nesse

gráfico, é possível fazer diversas inferências de natureza paleoambiental. Segundo Tyson (1995), pode-se utilizar diagramas Fitoclasto-MOA-Palinomorfo para “identificar diferenças na proximidade relativa da fonte de matéria orgânica terrestre, trajetórias de transporte do querogênio e o *status* de redução dos sub-ambientes que controlam a preservação da MOA”.

Tyson (1993) apresenta um diagrama ternário dividido em oito campos, cada um relacionando uma palinofácies com um ambiente deposicional marinho (Fig. 4). Os campos de paleoambiente são úteis na caracterização de amostras previamente atribuídas a ambientes marinhos, como a Formação Palermo.

Figura 4 - Diagrama ternário Fitoclasto-MOA-Palinomorfo, com campos de palinofácies marinhas.



Fonte: Tyson (1993)

3.3 Tendência de Preservação dos Fitoclastos (Preservação Seletiva)

Bostick (1971) introduziu o termo “fitoclasto”, referindo-se a partículas oriundas de vegetais superiores ou fungos, com tamanho argila ou areia fina. Segundo Tyson (1995), a maior parte dos fitoclastos fósseis são oriundos de tecidos ligno-celulósicos de macrófitas terrestres, representando mais provavelmente “fragmentos de suporte mecânico fortemente lenhosos e tecidos vasculares do xilema secundário (madeira)”. O autor atribui esses tecidos a gimnospermas e angiospermas arborescentes, além de fetos arbóreos e outros grupos de plantas vasculares extintas que exibiam crescimento secundário.

De acordo com Mendonça Filho et al. (2010), o grupo em questão pode ser subdividido em: opacos (pretos, carbonizados), não opacos (translúcidos), tecidos cuticulares e hifas de fungo.

Fitoclastos opacos são caracterizados por bloquear a passagem de luz quando analisados sob microscópio óptico (à diferença dos fitoclastos translúcidos), sendo tal característica atribuída à oxidação ou carbonização do material antes de sua deposição. Tyson (1995), contudo, afirma que “há um complexo contínuo de vários tecidos de plantas oxidados ou carbonizados”, o que torna difícil a distinção desse material utilizando apenas microscopia óptica. Mendonça Filho (1999) afirma que este tipo de fitoclastos apresenta maior resistência à degradação que a fração não-opaca e, portanto, permanecem no ambiente deposicional após a destruição da maioria dos outros materiais orgânicos.

Segundo Mendonça Filho et al. (2010), os fitoclastos translúcidos podem ser bioestruturados ou não bioestruturados, sendo o primeiro grupo subdividido em: estriados, listrados, bandados e perfurados. Os autores definem ainda tecidos cuticulares como “partículas delgadas de coloração amarelo-pálido a marrom claro sob luz branca transmitida, representando a camada mais externa da epiderme das folhas dos vegetais”. “Fitoclastos fúngicos consistem de fragmentos de hifas, os filamentos individuais do micélio da fase vegetativa de fungos superiores” (TYSON, 1995).

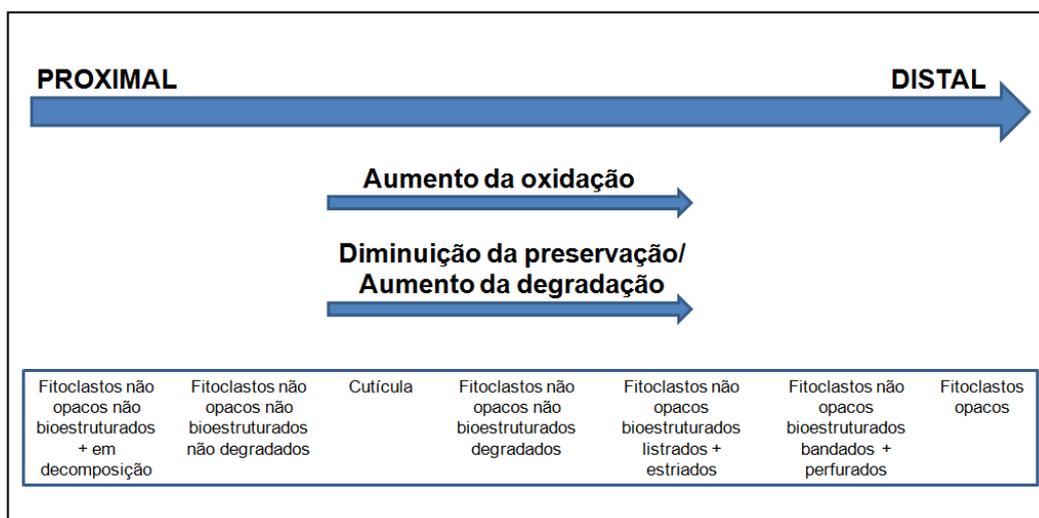
A natureza dos fitoclastos presentes em uma fácies, bem como seu tamanho e seu estado de preservação, é um reflexo das condições presentes durante seu transporte e deposição. Tyson (1993) atribui a dominância de

fitoclastos em assembléias do querogênio à combinação da natureza proximal da fácies, às condições geralmente óxicas e à resistência relativamente elevada de tecidos lignificados. O autor afirma que tal característica pode refletir um suprimento elevado de material.

Segundo Mendonça Filho (1999), o material não opaco, não bioestruturado, que inicialmente era dominante, depois de ser transportado por grandes distâncias é “finalmente removido do sistema pela deposição seletiva ou degradação seletiva; ocorrendo um correspondente aumento da percentagem dos tecidos lenhosos mais refratários”. Simultaneamente, ocorre uma diminuição no tamanho das partículas fitoclásticas, atribuída aos processos de fragmentação durante o transporte, o que resulta na “mudança das proporções dos diferentes grupos de fitoclastos ao longo de uma seção transversal proximal-distal”. (MENDONÇA FILHO, 1999, p.44).

Mendonça Filho (1999) relaciona elevadas proporções fitoclastos opacos/fitoclastos não opacos com ambientes mais distais em relação à área fonte. De acordo com o autor, o suprimento de fitoclastos opacos cresce em direção *offshore* devido, sobretudo, ao elevado fornecimento desses componentes, ao processo de oxidação pós-deposicional, ao transporte seletivo e/ou, ainda, “à deposição e preservação preferenciais desses componentes em função do efeito de sua equivalência hidrodinâmica”. Assim, é possível inferir o provável ambiente deposicional do qual provêm uma amostra através da caracterização de seu conteúdo de fitoclastos (Fig. 5).

Figura 5 - Tendência de preservação dos fitoclastos.



Fonte: Tyson (1995), Mendonça Filho (1999) e Mendonça Filho et al. (2010)

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Os métodos utilizados neste projeto visam a preparação de lâminas palinológicas a partir das amostras retiradas do poço CBM001-ST-RS e sua posterior análise através microscopia óptica.

4.1 Pesquisa e Revisão Bibliográfica

A consulta à bibliografia foi realizada de forma contínua ao longo de todo o desenvolvimento do projeto, de modo a fornecer uma visão atualizada e completa do conhecimento adquirido a respeito do assunto abordado, tanto do ponto de vista da estratigrafia como da palinologia e das palinofácies.

4.2 Materiais

As amostras analisadas neste trabalho são oriundas do poço CBM-001-ST-RS, perfurado na região carbonífera de Santa Terezinha por Wolfgang Dieter Kalkreuth e sua equipe (Figuras 6 e 7).

Figura 6 - Localização do poço CBM001-ST-RS e da região carbonífera de Santa Terezinha no Rio Grande do Sul.

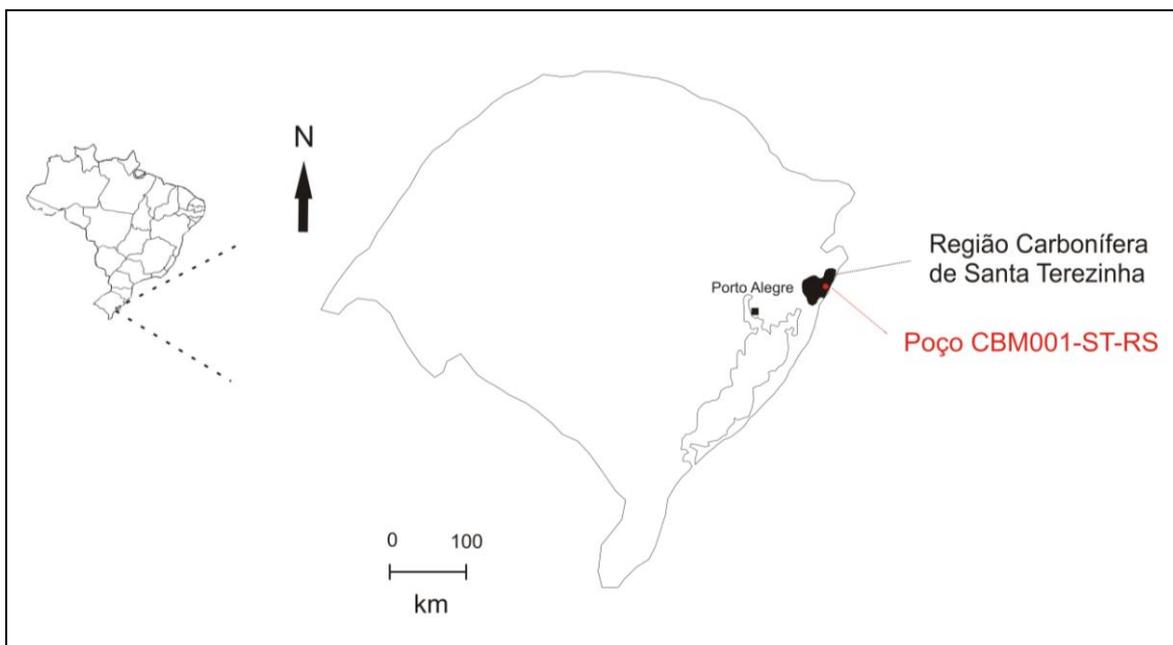
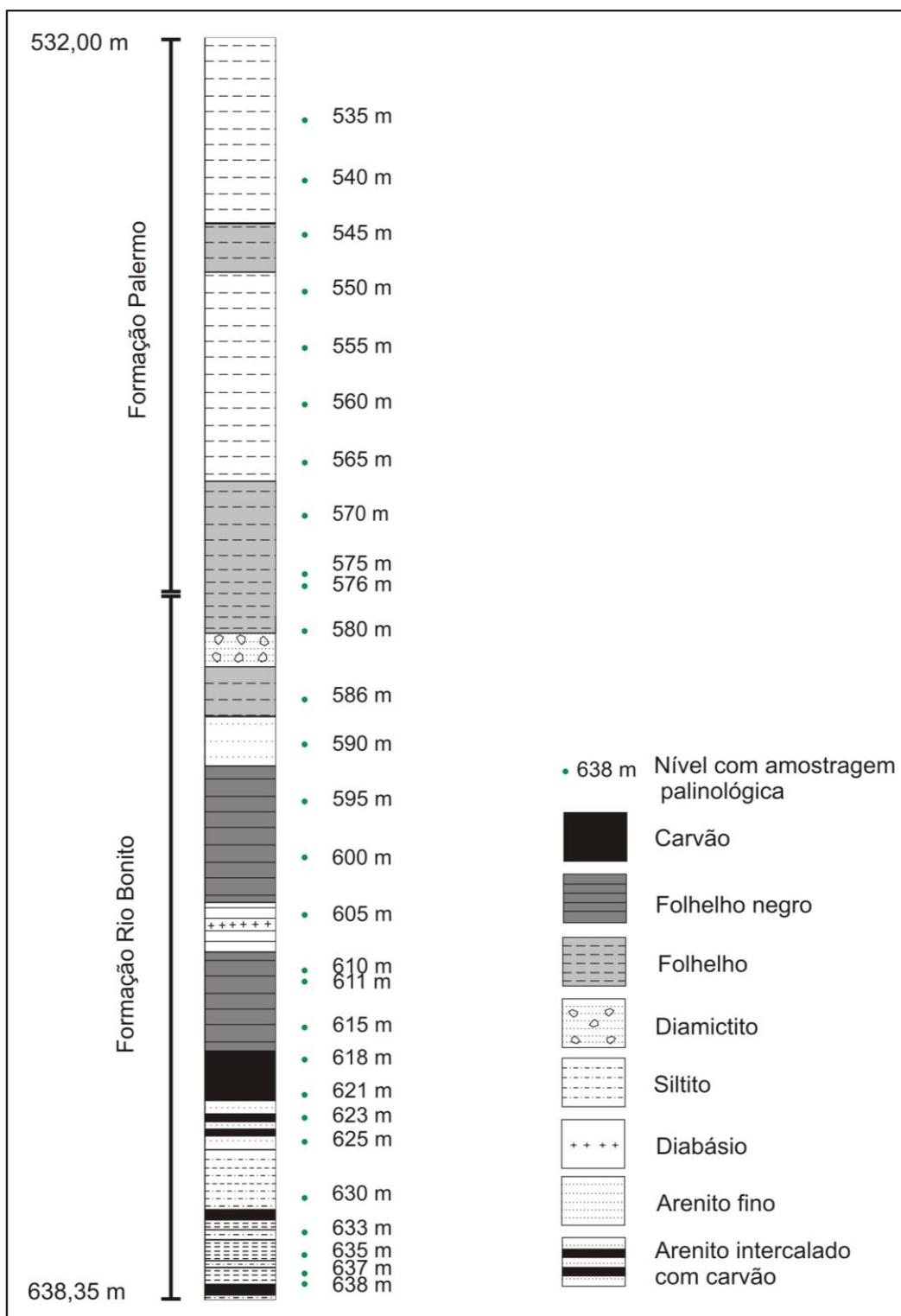


Figura 7 - Perfil litoestratigráfico das porções correspondentes às formação Rio Bonito e Palermo no poço CBM001-ST-RS.



Fonte: Kalkreuth et al. (2013)

Kalkreuth et al. (2013) trouxeram um estudo sobre o poço em questão, no qual são investigados o potencial de metano e a capacidade de

armazenamento de CO₂ das camadas de carvão da Formação Rio Bonito na jazida supracitada. O trabalho apresenta ainda um esquema de estratigrafia de seqüências de quarta ordem, permitindo uma estimativa do volume do carvão e um modelo geométrico 3D baseado em dados de 36 poços.

O trabalho de Kalkreuth et al. (2013) é um material de consulta fundamental para o presente estudo, já que fornece dados sobre as litologias e a estratigrafia da região analisada, contudo, a publicação se detém, principalmente, nos aspectos petrológicos e geoquímicos do material em questão. Este trabalho pretende observar questões relacionadas a palinofácies e paleoambientes.

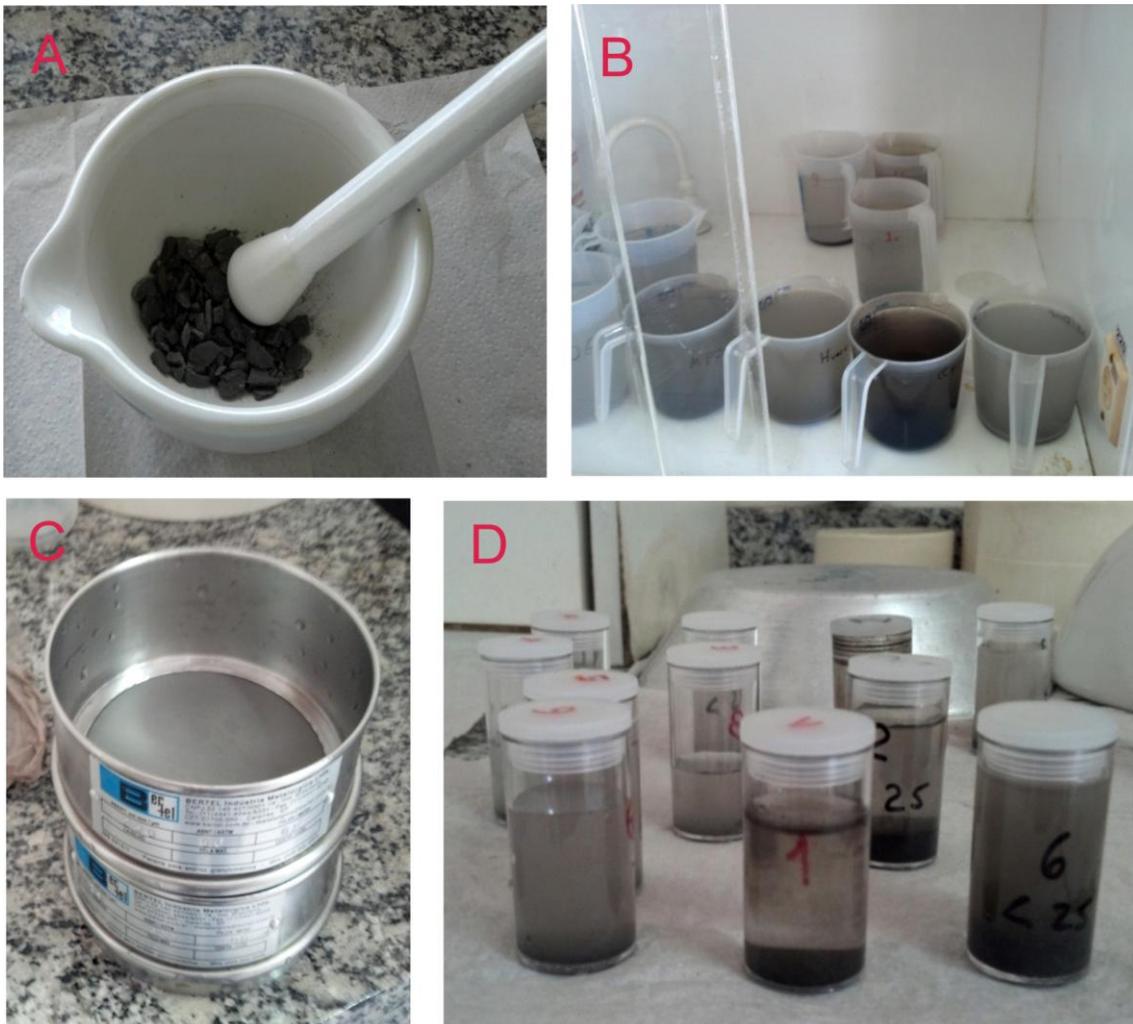
4.3 Processamento das Amostras e Confecção das Lâminas Palinológicas

O processamento das amostras e a confecção das lâminas analisadas nesse trabalho seguiram a metodologia proposta por Quadros e Mello (1987) e foram realizadas no Laboratório de Palinologia Marleni Marques Toigo.

A primeira etapa do processamento consiste na maceração dos fragmentos de rocha, feito com ajuda de almofariz e pistilo, até que atinjam um diâmetro aproximado de 5 mm. Esses fragmentos são posteriormente submetidos à dissolução por HCl (dosagem = 37%) e HF (dosagem = 40%), utilizados para remover, respectivamente, carbonatos e silicatos. Por fim, as amostras são novamente submetidas à dissolução por HCl, para remover resíduos gerados durante as duas primeiras etapas. O material gerado a partir desses processos é então peneirado, de modo a recuperar a fração cujo tamanho se encontra entre 25 µm e 250 µm (Fig. 8).

Para a confecção das lâminas, põe-se lamínulas sobre uma chapa aquecida e deposita-se o resíduo sobre elas, juntamente com cellosize. O aquecimento provoca a rápida evaporação da água presente no resíduo, deixando o material palinológico aderido à lamínula. Por fim, utiliza-se Entellan® para colar as lamínulas em lâminas de vidro, que depois de secas estão prontas para ser analisadas no microscópio óptico.

Figura 8 - Etapas do processamento palinológico: a) maceração das amostras; b) dissolução das amostras em HCl e HF; c) peneiras; d) resíduos palinológicos.



4.4 Classificação da Matéria Orgânica Palinológica

Após a confecção das lâminas, o único método analítico utilizado neste trabalho foi a microscopia óptica, a qual também se deu no Laboratório de Palinologia Marleni Marques Toigo. As lâminas foram observadas sob luz branca. Para a análise foi utilizada uma objetiva com aumento de 40 vezes.

Esse método visa a identificação, classificação e contagem do material palinológico (fitoclastos, palinomorfos e matéria orgânica amorfa). A análise quantitativa foi baseada em um total 300 elementos palinológicos por lâmina, os quais foram quantificados com o auxílio de uma tabela (Fig. 9).

Figura 9 - Tabela utilizada para análise quantitativa da matéria orgânica palinológica.

AMORFO	MOA	[Grid]																								
FITOCLASTO	FITOCLASTOS OPACOS	[Grid]												FITOCLASTOS TRANSLÚCIDOS	[Grid]											
PALINOMORFO	ESPOROS E GRÃOS DE PÓLEN	[Grid]												FUNGOS	[Grid]											

Após a contagem de toda a matéria orgânica palinológica, os fitoclastos foram analisados separadamente, com o intuito de classificá-los em subgrupos. A análise quantitativa dos fitoclastos foi novamente realizada sobre um total de 300 partículas.

4.5 Parâmetros utilizados na análise de palinofácies

A primeira etapa realizada durante a resolução do problema exposto neste projeto foi a contagem dos componentes orgânicos particulados, cujos valores absolutos foram recalculados para valores percentuais e normalizados a 100%. Juntamente com esses dados, parâmetros como origem e grau de preservação também foram levados em consideração, com o intuito de caracterizar as associações de palinofácies.

Os dados referentes à assembléia total de matéria orgânica palinológica foram representados em gráficos ternários e analisados de acordo com os campos de palinofácies descritos por Tyson (1993).

As razões entre fitoclastos opacos e translúcidos foram representadas em gráficos de linhas, assim como a proporção de cada subgrupo sobre o total de fitoclastos presentes em cada nível. Esses dados foram confrontados com os efeitos da preservação e transporte seletivo de fitoclastos descritos na literatura.

5 RESULTADOS

5.1 Análise de toda matéria orgânica particulada

A análise quantitativa da matéria orgânica particulada foi realizada com base em 300 unidades por lâmina, em 28 níveis do poço estudado (Tabela 1). Os resultados foram inseridos em um diagrama ternário (Fig.11), tal como descrito por Tyson (1993), cujos vértices representam os grandes grupos do material palinológico: matéria orgânica amorfa, fitoclastos e palinomorfos (Fig.10). Os gráficos gerados (Figuras 11 e 12) permitem que sejam feitas inferências a respeito dos paleoambientes das amostras analisadas.

Tabela 1: Resultados da análise quantitativa da matéria orgânica particulada no poço estudado.

Unidade	Nº da Amostra	Profundidade (m)	MOA %	Fitoclastos %	Palinomorfos %	Razão Opacos/Translúcidos
Palermo	28	535	3,66	87,66	8,66	0,44
	27	540	1,03	62,00	36,89	0,20
	26	545	2,33	78,33	19,33	0,46
	25	550	1,33	47,33	51,33	0,38
	24	555	2,66	94,00	3,33	0,39
	23	560	7,66	82,66	9,66	0,57
	22	565	2,33	58,66	39,00	1,12
	21	570	6,66	62,66	30,66	0,05
	20	575	1,00	47,00	52,00	0,83
	19	576	0,33	41,33	58,33	0,31
Rio Bonito	18	580	13,0	76,00	11,00	0,08
	17	586	47,0	46,33	6,66	0,11
	16	590	58,6	36,00	5,33	0,13
	15	595	4,00	86,66	9,30	0,75
	14	600	9,33	66,66	24,00	0,12
	13	605	20,3	57,33	21,33	0,15
	12	610	80,6	19,00	0,33	0,02
	11	611	53,0	47,00	0,00	0,23
	10	615	14,6	84,66	0,66	0,04
	9	618	26,3	70,33	3,33	0,02
	8	621	2,66	90,33	7,00	0,03
	7	623	0,03	95,00	2,00	0,03
	6	625	96,3	3,33	0,33	0,25
	5	630	73,0	25,66	1,33	0,05
	4	633	9,55	78,83	11,60	0,03
	3	635	86,3	12,33	1,33	0,42
	2	637	6,66	92,66	0,66	0,06
	1	638	3,66	76,33	20,00	0,12

Figura 10 - Matéria orgânica palinológica presente no material estudado: a, b, c e d) matéria orgânica amorfa; e) fitoclasto opaco; f) fitoclasto não bioestruturado; g) fitoclasto bioestruturado perfurado e bandado; h) fitoclasto bioestruturado estriado e listrado; i e j) palinórfos (esporos de plantas); k e l) palinórfos (algas de água doce).

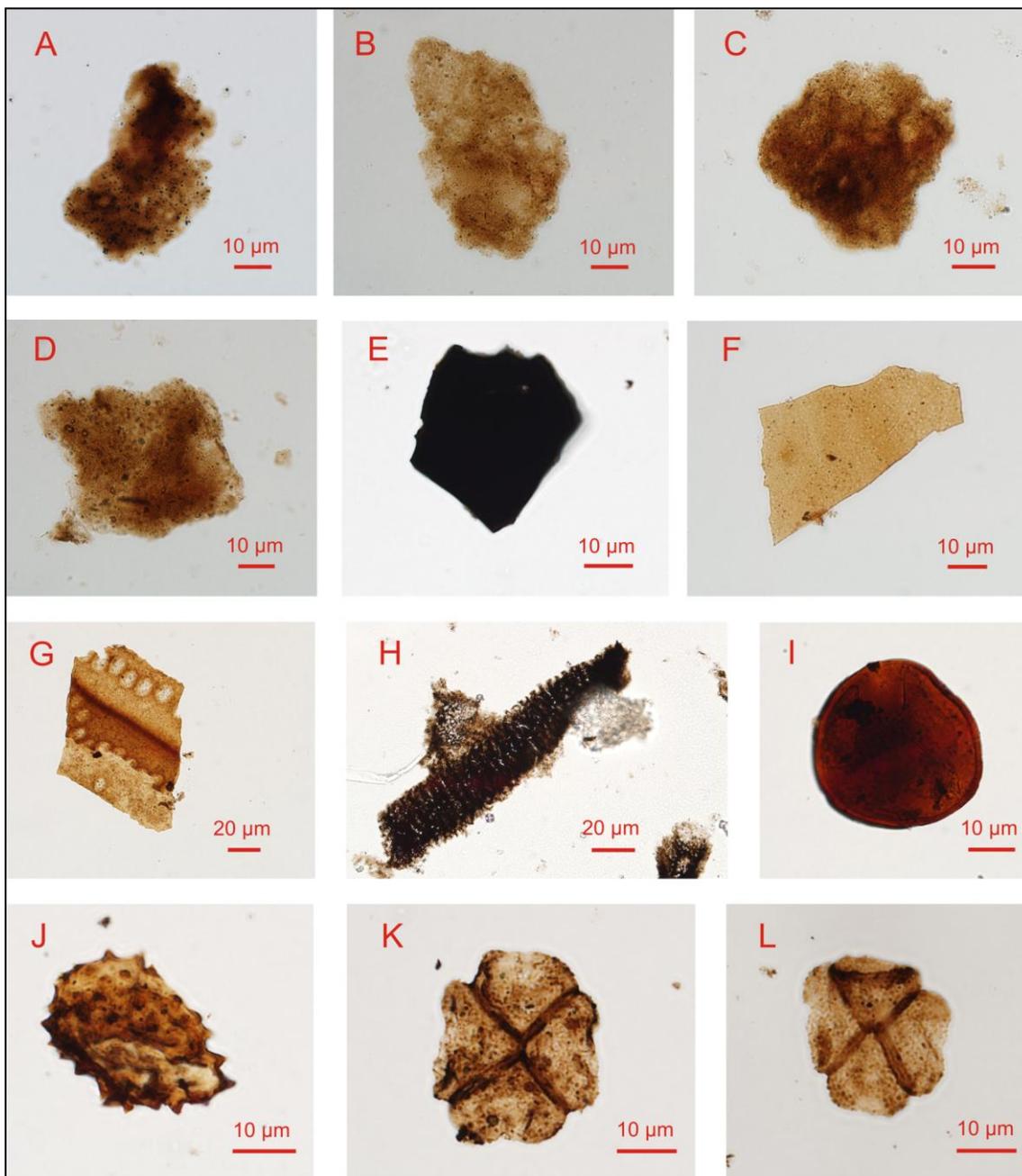


Figura 11 - Distribuição das amostras estudadas em diagrama ternário.

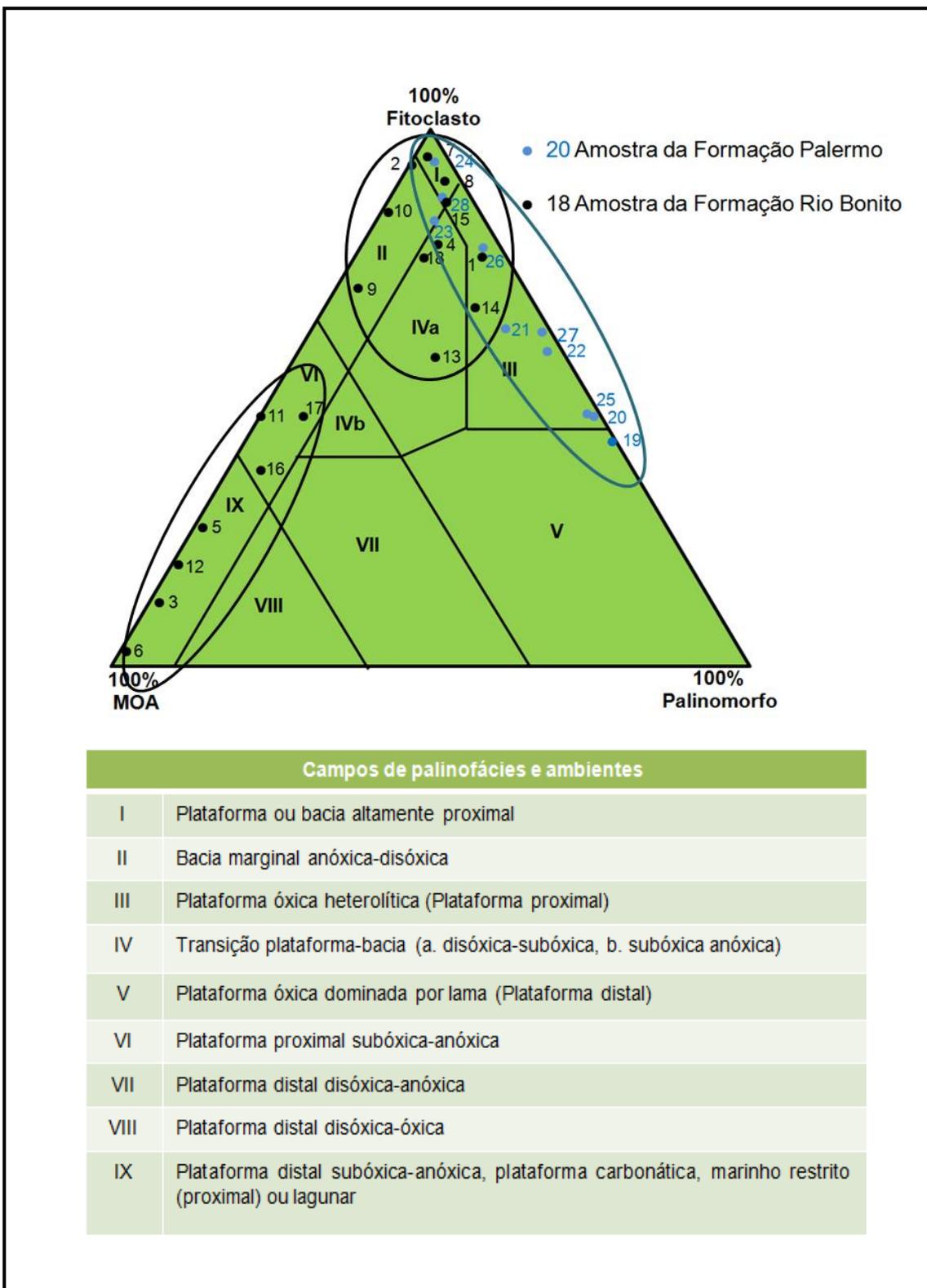
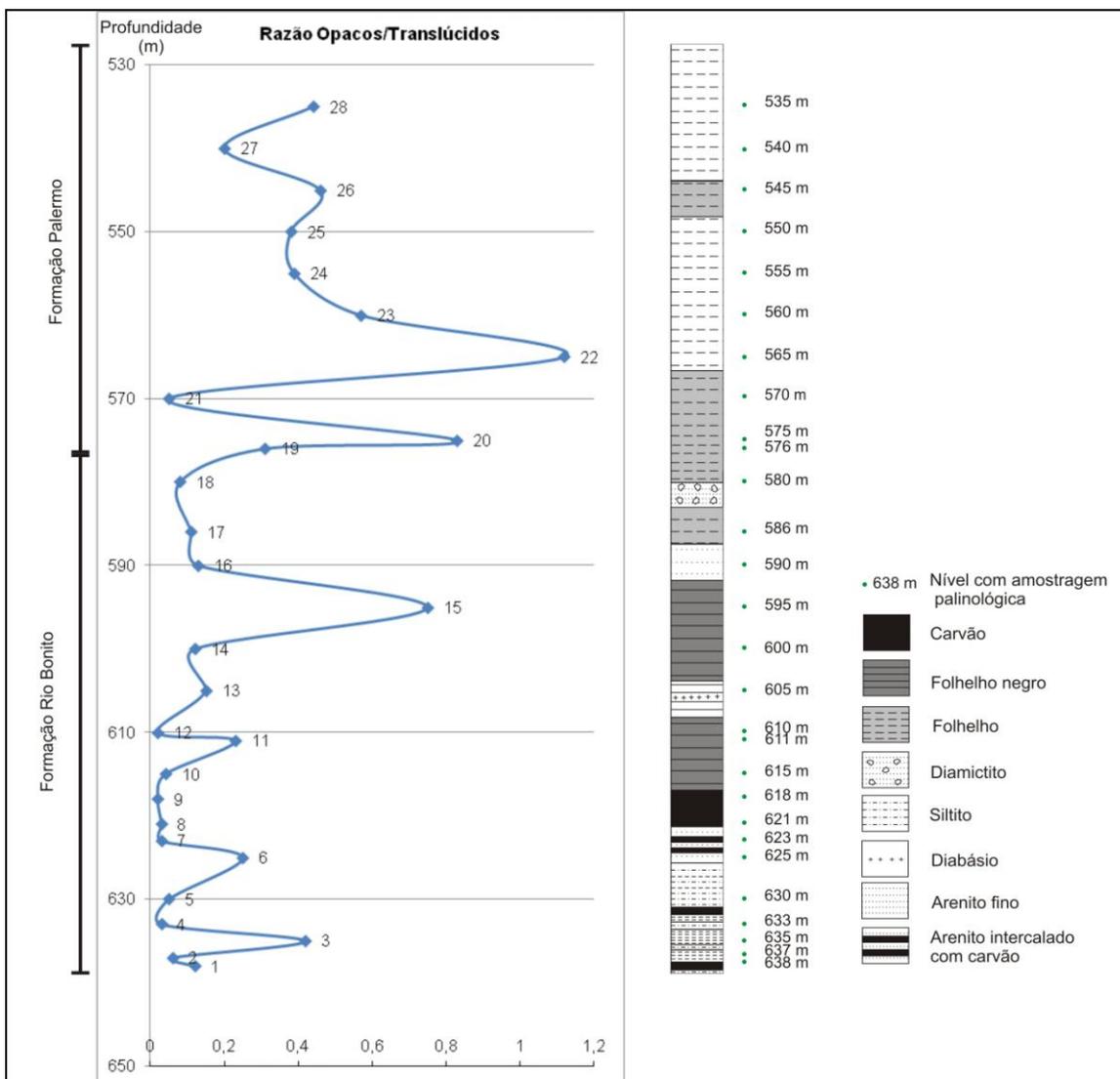


Figura 12 - Gráfico mostrando a razão entre fitoclastos opacos e translúcidos nos níveis estudados (amostras 1 a 28).



5.2 Análise do Grupo Fitoclasto

A análise do grupo fitoclasto novamente foi baseada em 300 unidades por lâmina (Tabela 2), as quais foram classificadas em: a) Fitoclastos opacos; b) Fitoclastos não bioestruturados; c) Fitoclastos perfurados e bandados e d) Fitoclastos estriados e listrados (Figuras 13, 14, 15, 16 e 17).

Tabela 2: Resultados da análise quantitativa do grupo fitoclasto.

Unidade	Nº da Amostra	Profundidade (m)	Opacos %	Não bioestruturados %	Perfurados e bandados %	Estriados e listrados %
Palermo	28	535	51,66	38,33	0,00	10,00
	27	540	49,00	41,66	0,66	8,66
	26	545	38,66	48,33	0,00	13,00
	25	550	47,33	31,66	0,00	21,00
	24	555	26,33	55,33	1,33	17,00
	23	560	31,66	57,33	0,66	10,33
	22	565	52,66	39,00	1,00	7,33
	21	570	56,66	38,66	0,33	4,00
	20	575	40,00	50,33	0,33	9,33
	19	576	22,66	57,33	4,33	15,66
Rio Bonito	18	580	37,33	44,66	1,33	16,66
	17	586	8,66	28,00	0,00	63,33
	16	590	23,66	35,66	1,33	39,33
	15	595	41,33	54,66	1,66	2,33
	14	600	21,66	68,66	1,33	8,33
	13	605	28,66	62,00	2,33	7,00
	12	610	35,66	58,66	0,33	5,33
	11	611	20,33	41,00	0,00	38,66
	10	615	12,00	44,66	1,00	42,33
	9	618	14,00	73,33	6,00	6,66
	8	621	1,33	97,33	1,33	0,00
	7	623	2,33	90,66	6,66	0,33
	6	625	27,00	61,33	0,33	11,33
	5	630	17,66	46,33	1,00	35,00
	4	633	7,33	91,00	1,33	0,33
	3	635	44,66	54,33	0,33	0,66
	2	637	11,33	85,33	2,66	0,66
	1	638	7,66	88,33	0,00	4,00

Figura 13 - Subclasses do grupo fitoclasto: a e b) não bioestruturados; c e d) perfurados e bandados; e e f) estriados e listrados ; g e h) opacos.

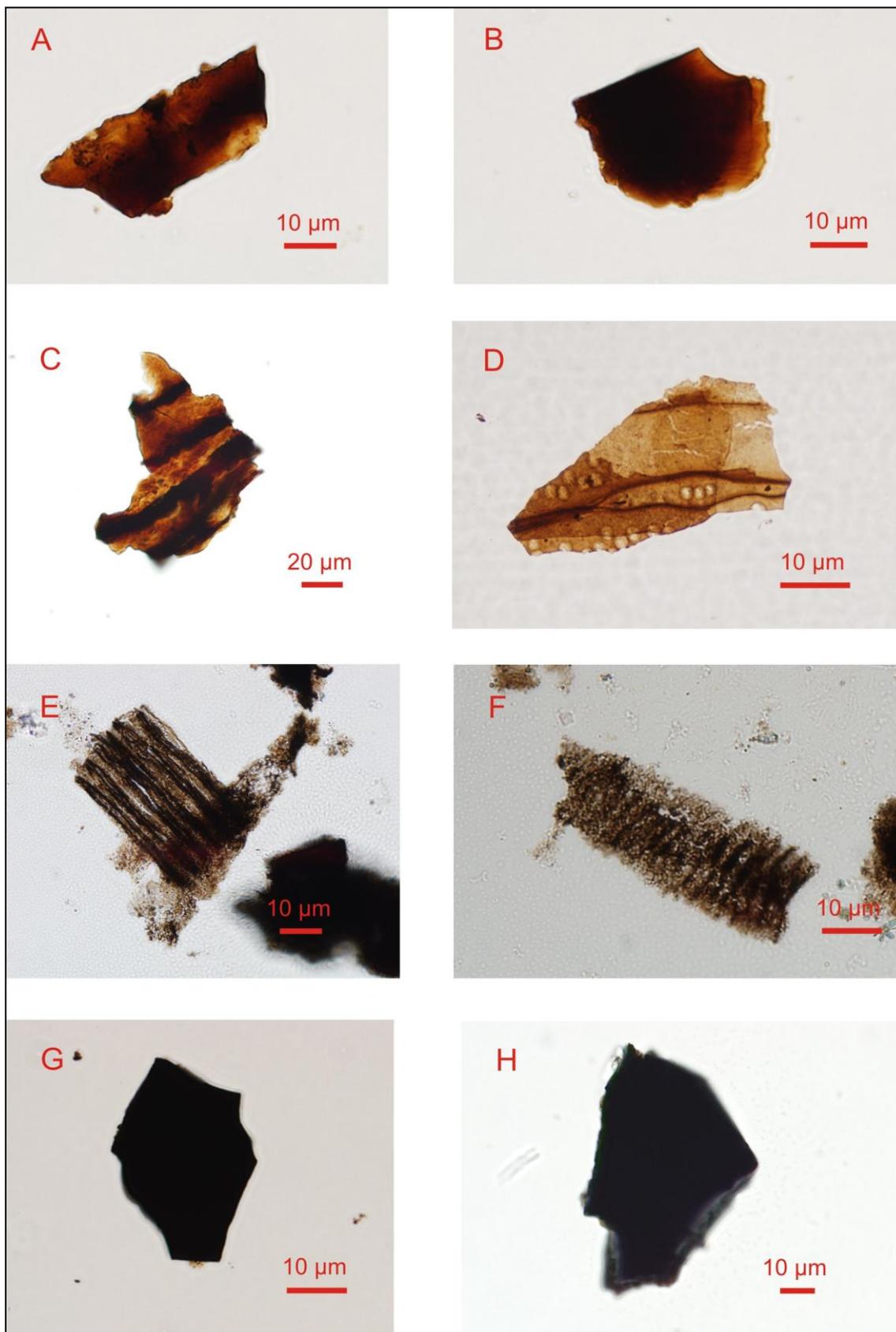


Figura 14 - Porcentagem de fitoclastos pertencentes aos subgrupos “opacos” nos níveis estudados (amostras 1 a 28).

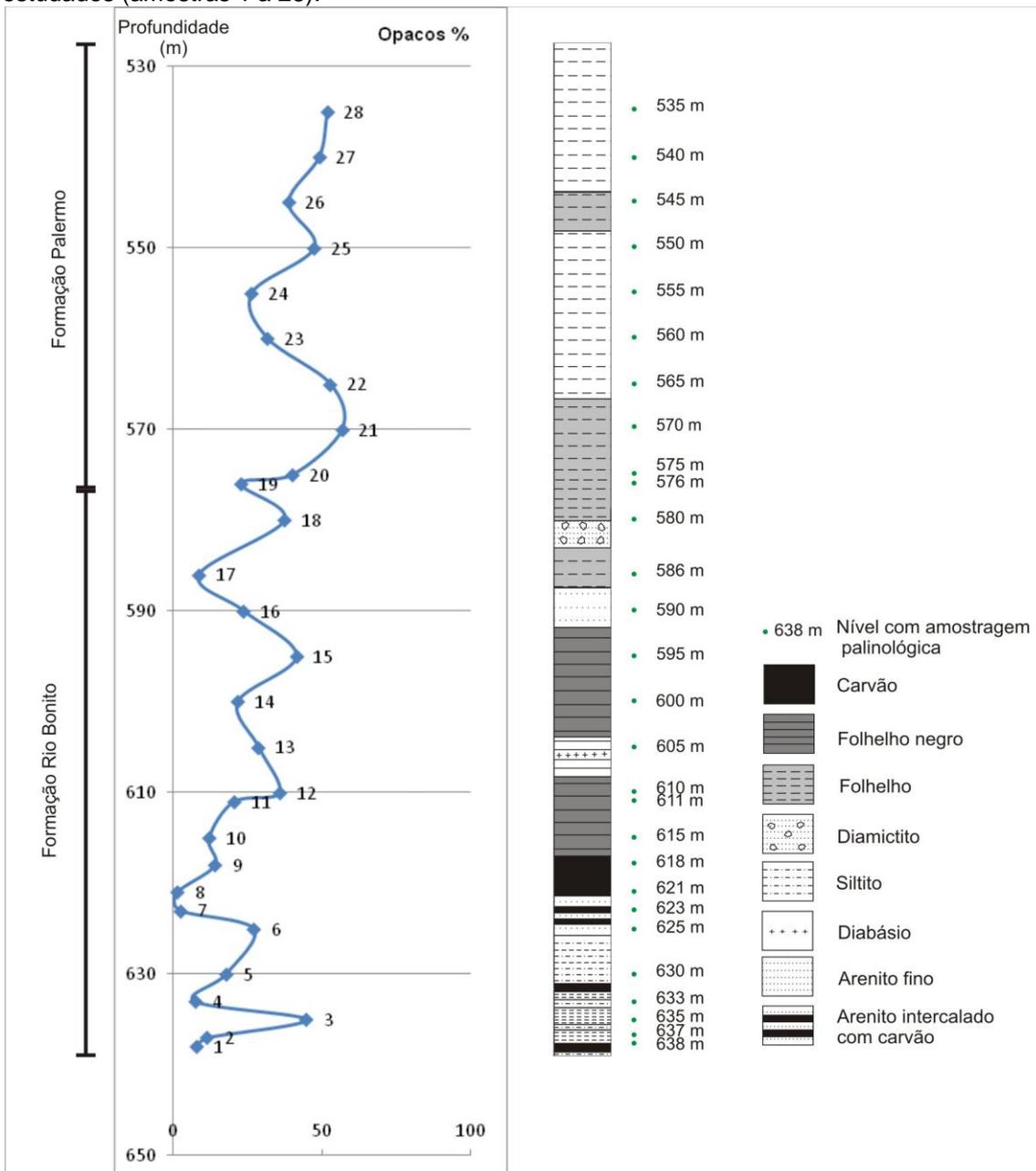


Figura 15 - Porcentagem de fitoclastos pertencentes aos subgrupos “não bioestruturados” nos níveis estudados (amostras 1 a 28).

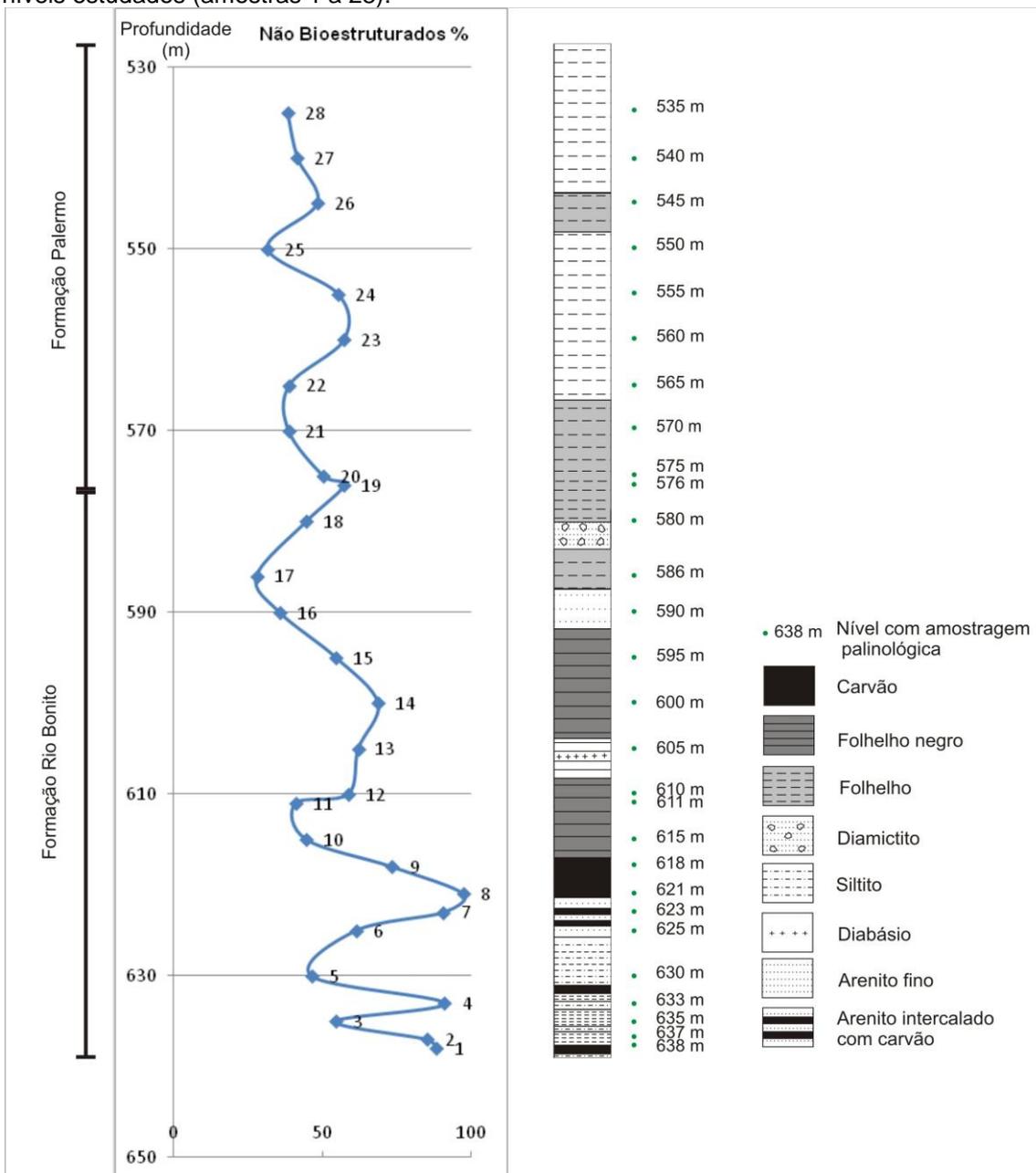


Figura 16 - Porcentagem de fitoclastos pertencentes aos subgrupos “perfurados e bandados” nos níveis estudados (amostras 1 a 28).

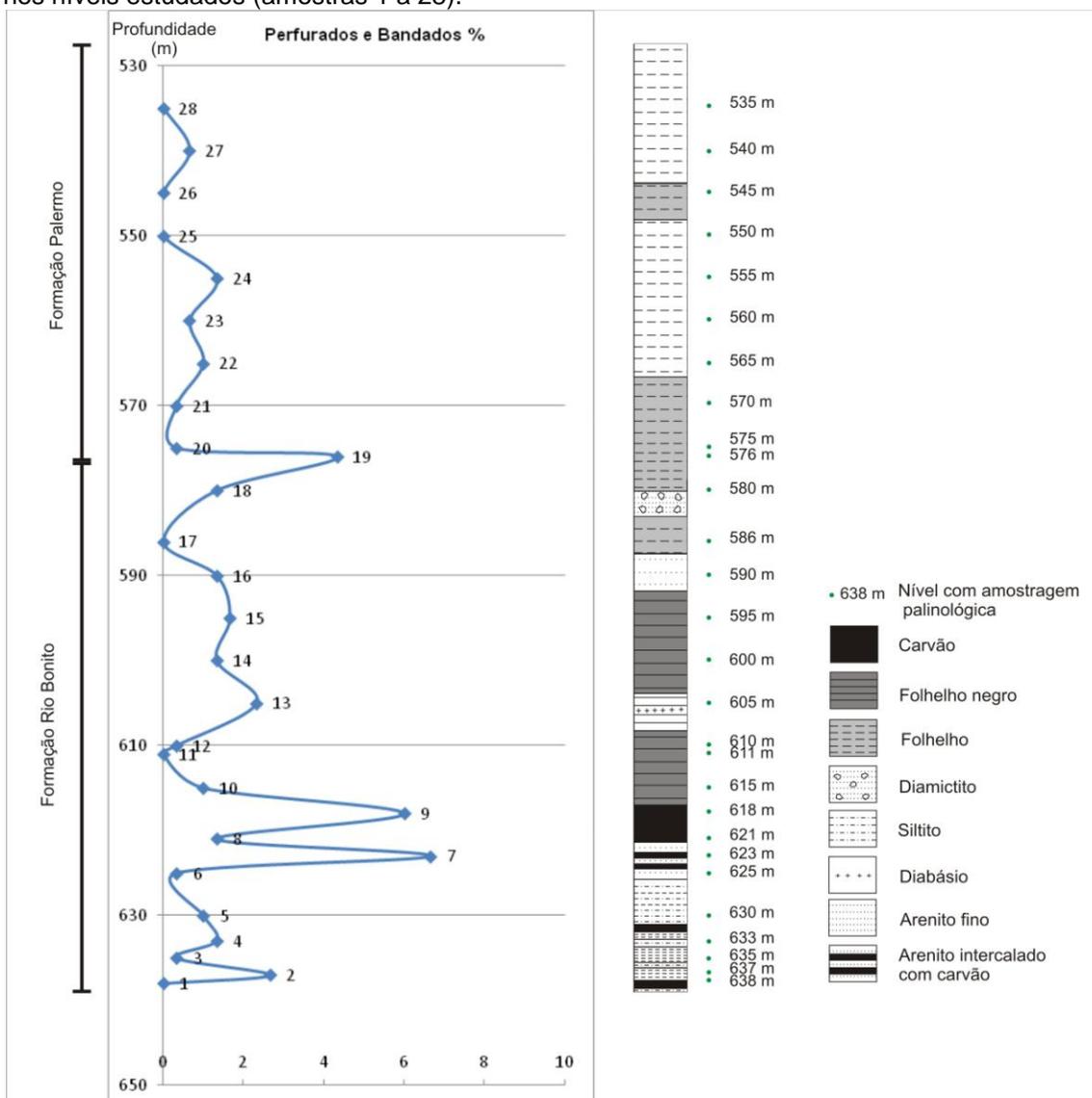
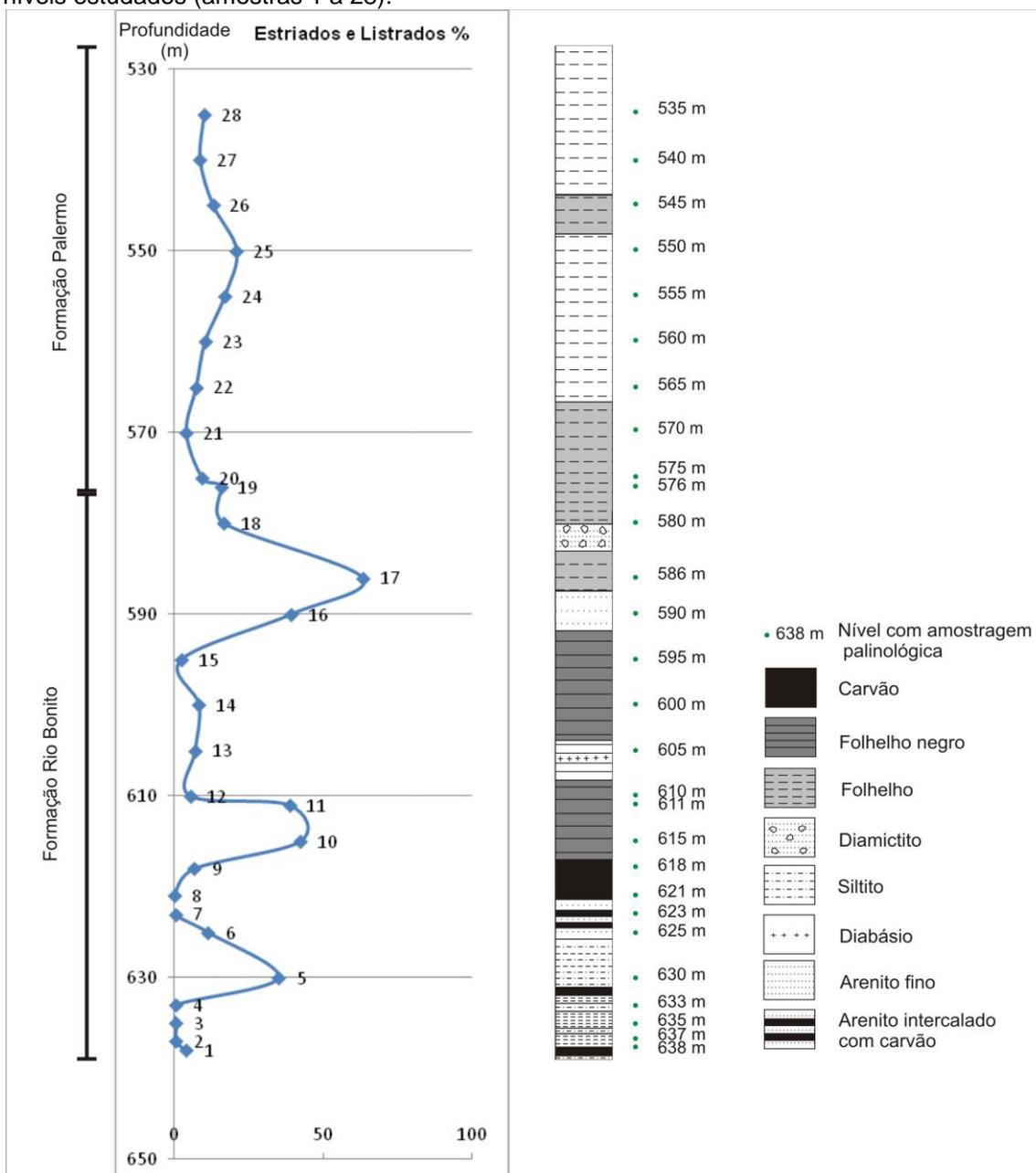


Figura 17 - Porcentagem de fitoclastos pertencentes aos subgrupos “estriados e listrados” nos níveis estudados (amostras 1 a 28).



6 DISCUSSÃO

A distribuição da matéria orgânica particulada em diagrama ternário revelou três agrupamentos bem definidos. As amostras da Formação Palermo encontram-se todas em um mesmo grupo, enquanto a Formação Rio Bonito apresenta dois comportamentos diversos.

Um dos agrupamentos referentes à Formação Rio Bonito encontra-se distribuído na metade superior do diagrama APP, mostrando clara predominância do grupo fitoclasto. Tyson (1993) atribui tal característica a uma fácies proximal, com condições geralmente óxicas, onde o grande suprimento de fitoclastos dilui todos os demais componentes. Essas amostras situam-se nos campos I, II, III e IVa de Tyson (1993), os quais correspondem, respectivamente a: plataforma ou bacia altamente proximal; bacia marginal anóxica-disóxica; plataforma óxica heterolítica (plataforma proximal) e transição plataforma bacia disóxica subóxica. Essa classificação é condizente com o ambiente flúvio deltaico, classicamente atribuído à base da formação (SCHNEIDER et al., 1974; HOLZ et al., 2010).

O segundo agrupamento de amostras da Formação Rio Bonito encontra-se na metade inferior esquerda do diagrama, com predominância de Matéria orgânica amorfa. Amostras situadas nessa região indicam um ambiente mais distal que aquele representado pelas demais amostras da formação. Estas palinofácies correspondem aos campos VI e IX, os quais indicam ambientes de plataforma proximal subóxica anóxica e plataforma distal subóxica-anóxica ou plataforma carbonática ou marinho restrito (proximal) ou lagunar.

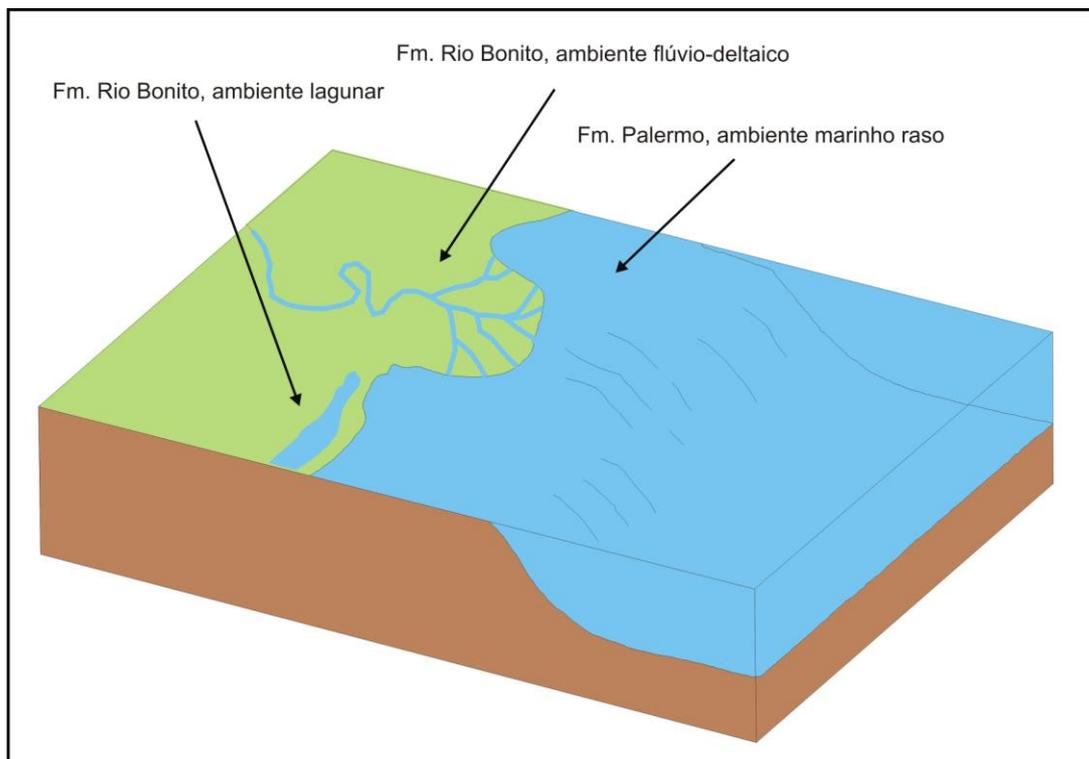
Nas amostras onde há predominância de MOA, pode-se inferir também condições extremamente redutoras. Segundo Tyson (1995), é comum que matéria orgânica amorfa domine as assembléias de querogênio nas quais é encontrada, devido ao grande reservatório de material derivado de fitoplâncton em ambientes marinhos. Este material, quando preservado em condições suficientemente redutoras, “afoga” os componentes alóctones terrestres. O autor ainda afirma que, em bacias deficientes em oxigênio (onde há condições ideais para a preservação de matéria orgânica amorfa), a dominância de matéria orgânica terrestre ocorre somente na vizinhança imediata de *inputs* flúvio deltaicos ou redeposição ativa.

Considerando o contexto geológico no qual foi depositada a Formação Rio Bonito, essas fácies podem representar ambientes típicos da metade superior da formação, descritos por Holz et al. (2010) como “um sistema estuarino influenciado por ondas e maré, envolvendo um sistema deposicional laguna-barreira, com deposição de lama atrás da ilha-barreira”. Essa descrição é compatível tanto com as condições redutoras, quanto com a maior distância da área fonte sugerida pelas palinofácies.

A presença de altas porcentagens de MOA é indicativa de influência marinha, a qual é presente nos ambientes supracitados. Tyson (1995) comenta que o termo “matéria orgânica amorfa” é tradicionalmente reservado somente para material de origem fitoplanctônica ou bacteriana, sendo que “praticamente toda a matéria orgânica marinha fossilizada é representada por matéria orgânica amorfa”. Mendonça-Filho et al. (2010) afirmam que, eventualmente, em fácies deltaicas proximais de baixa energia, “é possível que algum material amorfo presente seja o produto da degradação de vegetais superiores”, contudo, tendo em vista a absoluta dominância do material amorfo nas amostras em questão, não é provável que esta seja sua origem.

As amostras da Formação Palermo situam-se na metade superior direita do diagrama, indicando um ambiente proximal e oxidante. Encontram-se nos campos I, II, III e V do diagrama de Tyson (1993), embora a maior parte das amostras esteja concentrada no campo III (plataforma proximal). As palinofácies corroboram o ambiente marinho raso atribuído à Formação Palermo (Fig. 18). Vale ressaltar que a amostra 19 foi originalmente atribuída à Formação Rio Bonito, contudo, seu conteúdo palinológico não se mostrou condizente com a unidade, sendo muito mais parecido com o material típico da Formação Palermo. Levando em consideração que o nível do qual a lâmina é proveniente encontra-se exatamente na transição entre as duas formações (576 m) e a abordagem palinofaciológica visada por este trabalho, optou-se por considerar o nível em questão como parte da Formação Palermo.

Figura 18 – Bloco-diagrama mostrando os ambientes deposicionais das formações estudadas.



A análise dos fitoclastos revelou a predominância de fitoclastos translúcidos na Formação Rio Bonito, os quais se apresentam, em sua grande maioria, não bioestruturados. Fitoclastos opacos ocorrem em quantidades subordinadas. Isso confirma a idéia de um suprimento elevado de material e grande proximidade da área fonte, com pouca ação da preservação seletiva.

Na Formação Palermo, fitoclastos opacos e translúcidos ocorrem em quantidades similares na maioria dos níveis, o que representa um considerável aumento na proporção de opacos em relação à Formação Rio Bonito. Esse comportamento é um reflexo da oxidação e da degradação do material translúcido, propiciando preservação seletiva da fração opaca em um ambiente marinho raso, tal como descrito por Mendonça Filho (1999).

Os fitoclastos translúcidos bioestruturados perfurados e bandados ocorrem em proporções muito pequenas em todos os níveis analisados, enquanto os estriados e listrados ocorrem em quantidades relevantes, chegando a ser o subgrupo dominante em um nível da Formação Rio Bonito (amostra 17).

A maior quantidade de fitoclastos bioestruturados na Formação Rio Bonito é contraditória, visto que estas partículas são consideradas mais refratárias que o restante dos fitoclastos translúcidos e, portanto, tendem a se concentrar em ambientes mais distais. Tal comportamento pode, contudo, ser atribuído à menor quantidade de fitoclastos na assembléia total de matéria orgânica palinológica da Formação Palermo e à quantidade já relativamente pequena destas partículas em ambientes próximos da área fonte, como é o caso da Formação Rio Bonito.

7 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da matéria orgânica palinológica no poço CBM001-ST-RS, revelou assinaturas bem definidas, condicionadas pelos ambientes onde ocorreu a deposição dos sedimentos e pelos efeitos do transporte sofridos pelos mesmos.

A assinatura característica da fácies flúvio deltaica da Formação Rio Bonito é representada pela dominância absoluta de fitoclastos translúcidos não bioestruturados, com fitoclastos opacos e bioestruturados ocorrendo subordinadamente. Palinomorfos ocorrem em quantidades pequenas. À medida que a formação transiciona para ambientes estuarinos e lagunares, há uma diminuição considerável na quantidade de fitoclastos, os quais são substituídos por matéria orgânica amorfa de origem marinha. Nestas assembléias, a presença de palinomorfos é geralmente muito pequena ou até mesmo inexistente.

As palinofácies encontradas na Formação Palermo são dominadas por fitoclastos, sendo que translúcidos e opacos ocorrem em quantidades semelhantes. Palinomorfos ocorrem em quantidades variáveis, podendo chegar a até metade da assembléia total de matéria orgânica palinológica. Matéria orgânica amorfa ocorre em quantidades muito pequenas, caracterizando um ambiente marinho raso oxidante.

Ambas as formações estudadas apresentaram palinofácies condizentes com os ambientes deposicionais atribuídos a elas pela literatura. A representação da assembléia total de matéria orgânica palinológica em diagrama ternário resultou em distintos agrupamentos de amostras de acordo com a afinidade de seus ambientes deposicionais, tanto do ponto de vista das condições de oxirredução presentes nestes ambientes, quanto da distância da área fonte. No caso da Formação Rio Bonito, foi possível distinguir dois contextos deposicionais distintos, característicos de diferentes fases da formação, exemplificando o nível de precisão alcançado pelo método empregado.

A utilização da análise do estado de preservação dos fitoclastos apresentou resultados úteis na diferenciação das formações, destacando-se o parâmetro da razão entre opacos e translúcidos, que serviram para confirmar

as conclusões previamente obtidas. Entretanto, esses resultados não se mostraram tão claros nem tão precisos como aqueles fornecidos pela classificação de toda matéria orgânica palinológica, de modo que não representam, por si sós, um método aplicável, na caracterização de paleoambientes ou na distinção das formações estudadas.

Uma análise mais detalhada do conteúdo palinológico presente nas amostras estudadas é possível e seria uma continuação e um complemento do presente estudo. Classificação mais detalhada da matéria orgânica amorfa, levando em consideração parâmetros como seu estado de preservação e sua textura, assim como a identificação dos palinomorfos presentes, são exemplos de métodos que poderiam ser empregados para refinar a presente análise. Além disso, a observação dos dados obtidos, paralelamente a outras técnicas, como a análise de litofácies e a petrologia orgânica, também constituiria uma forma eficiente de obter novas conclusões.

Conclui-se que a palinologia e a análise de palinofácies alcançam resultados satisfatórios quando empregadas como ferramenta para caracterizar e distinguir diferentes paleoambientes e formações geológicas, tendo grande potencialidade e sendo aplicáveis tanto independentemente como em conjunto com outros métodos na caracterização de rochas e sequências sedimentares.

REFERÊNCIAS

- BOSTICK, Neely H. Thermal alteration of clastic organic particles as an indicator of contact and burial metamorphism in sedimentary rocks. **Geoscience And Man**, S.I., v. 3, n. 1, p.83-92, ago. 1971.
- COMBAZ, A. Les palynofaciès. **Revue de Micropaléontologie**, Paris, v. 7, n.3, p. 205-218, jun. 1964.
- CORNFORD, Chris. Organic deposition at a Continental Rise: Organic geochemical interpretation and synthesis at DSDP Site 397, Eastern North Atlantic. **Initial Reports Of The Deep Sea Drilling Project**, S.I., v. 47, n. 1, p.503-510, set. 1979.
- HABIB, Daniel. Sedimentary Supply Origin of cretaceous black shales. In: SCHLANGER, Seymour Oscar; CITA, Maria Bianca. **Nature and origin of Cretaceous Carbon-rich Facies**. Londres: Academic Press, 1982. p. 113-127.
- HOLZ, Michael et al. 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**, Amsterdam, v. 29, n. 2, p.381-399, mar. 2010.
- KALKREUTH, Wolfgang Dieter et al. The coalbed methane (CBM) potential and CO₂ storage capacity of the Santa Terezinha Coalfield, Paraná Basin, Brazil – 3D modelling, and coal and carbonaceous shale characteristics and related desorption and adsorption capacities in samples from exploration borehole CBM001-ST-RS. **Energy Exploration And Exploitation**, S.I., v. 31, n. 4, p.485-527, ago. 2013.
- MENDONÇA FILHO, João Graciano. **Aplicação de estudos de palinofácies e fácies orgânica em rochas do Paleozóico da Bacia do Paraná, Sul do Brasil**. 1999. 2 v. Tese (Doutorado) - Curso de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.
- MENDONÇA FILHO, João Graciano; CARVALHO, Marcelo de Araujo; MENEZES, Taíssa Rêgo. Palinofácies. In: DUTRA, Tania Lindner. **Técnicas e Procedimentos para o Trabalho com Fósseis e Formas Modernas Comparativas**. São Leopoldo: Unisinos, 2002. p. 20-24.
- MENDONÇA FILHO, João Graciano et al. Palinofácies. In: CARVALHO, Ismar de Souza. **Paleontologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. p. 289-323.
- MILANI, Edson José et al. Bacias Sedimentares Brasileiras - Cartas Estratigráficas. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p.265-287, nov. 2007.
- QUADROS, Luiz Padilha de. Organopalinologia na prospecção de petróleo. **Boletim Técnico da Petrobrás**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 1, p.3-11, mar. 1975.

QUADROS, Luiz Padilha de; MELO, José Henrique Gonçalves de. Método prático de preparação palinológica em sedimentos pré-mesozóicos. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 2, p.205-214, dez. 1987.

SCHNEIDER, R.L. et al. Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., 1974, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Sbg, 1974. p. 41 - 66.

TRAVERSE, Alfred. **Sedimentation of Organic Particles**. Cambridge: Cambridge University Press, 1994. 647 p.

TYSON, Richard. Chapter 5: Palynofacies analysis. In: JENKINS, D. G. **Applied Micropaleontology**. Amsterdam: Kluwer Academic Publishers, 1993. p. 153-191.

TYSON, Richard. **Sedimentary Organic Matter. Organic fácies and palynofacies**. Londres: Chapman & Hall, 1995.

WHITE, Israel Charles. **Relatório Final da Comissão de Estudos Minas de Carvão de Pedra do Brasil**: Relatório sobre as coal measures e rochas associadas do sul do Brasil. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1908. 300 p.

ANEXO A – Análises Solicitadas ao Instituto de Geociências

Laboratório	Análises solicitadas	Análises realizadas
Centro de Microscopia e Microanálise	Uma sessão de microscopia eletrônica de varredura	Devido a mudanças de planos, nenhuma análise foi realizada

ANEXO B – Correções Solicitadas pela Banca

GEO 03015 – PROJETO TEMÁTICO EM GEOLOGIA III

Título da Monografia: Palinofácies e Interpretação Paleoambiental de depósitos das Formações Rio Bonito e Palermo, Permiano Inferior (Poço CBM001-ST-RS) do RS
Autor: Rafael Reis Bender
Orientador(es): Paulo Alves de Souza
Nota final (1 até 10): 9,0
Examinador: Renata dos Santos Alvarenga
Data: 18/12/2017

		Sim	Não	Em parte
1	O título é informativo e reflete o conteúdo da monografia?	X		
2	O resumo do trabalho informa sobre os tópicos essenciais da monografia?	X		
3	As ilustrações são úteis e adequadas?	X		
4	O manuscrito apresenta estrutura organizada?	X		
5	A introdução apresenta os fundamentos para o restante do texto da monografia?	X		
6	Os materiais e métodos são descritos adequadamente?	X		
7	Os resultados são de qualidade e mostrados concisamente?	X		
8	As interpretações e conclusões são baseadas nos dados obtidos?	X		
9	As referências são convenientes e usadas adequadamente?	X		
10	O manuscrito possui boa redação (digitação, ortografia e gramática)?	X		

Página	Correções obrigatórias
13	item 2.1. Em R. Bonito e Palermo -> Contexto Geológico.
14	3. Estado da Arte, inicia em 3.1 Palinofácies
20	Renumerar p/ 4. Materiais e Métodos
26	Passar p/ a Introdução com justificativa. -> 4. Impacto e Aplicações ---

GEO 03015 – PROJETO TEMÁTICO EM GEOLOGIA III

Título da Monografia:	
PALINOFACIES E INTERPRETAÇÃO PALEOAMBIENTAL DE DEPÓSITOS DAS FORMAÇÕES RIO BONITO E PALERMO, PERMIANO INFERIOR (POÇO CBM001-ST-RS) DO RS	
Autor: Rafael Reis Bender	
Orientador(es): Prof. Dr. Paulo Alves de Souza	
Nota final (1 até 10): 7,5	
Examinador: Rosalia Barili	Data: 18/12/2017

		Sim	Não	Em parte
1	O título é informativo e reflete o conteúdo da monografia?	X		
2	O resumo do trabalho informa sobre os tópicos essenciais da monografia?			X
3	As ilustrações são úteis e adequadas?			X
4	O manuscrito apresenta estrutura organizada?	X		
5	A introdução apresenta os fundamentos para o restante do texto da monografia?	X		
6	Os materiais e métodos são descritos adequadamente?			X
7	Os resultados são de qualidade e mostrados concisamente?			X
8	As interpretações e conclusões são baseadas nos dados obtidos?	X		
9	As referências são convenientes e usadas adequadamente?	X		
10	O manuscrito possui boa redação (digitação, ortografia e gramática)?			X

Página	Correções obrigatórias
	Uso excessivo de citações diretas.
	Inserir lista de figuras
10	HF e HCl – a primeira vez que aparecem no texto, portanto devem ser escritos por extenso, com a abreviatua/símbolo ao lado.
11	Corrigir as cores da figura 1: hiato: branco, conglomerados: vermelho
12	Indicar o objetivo principal e os objetivos específicos
19	Inserir o índice de opacos na figura – pra exemplificar o numero que tu usa nos teus resultados em relação ao ambiente mais proximal ou mais distal
22	Que laboratório é o Laboratório Marleni Marques Toigo? Onde fica? Não conheço tal laboratório no IGEO. Foi uma homenagem tua à pesquisadora? Desculpa mas não conheço mesmo.
26-29	Os itens 4-6 parecem fazer parte dos projetos temáticos 1 e 2. Por que estão no teu trabalho final? Eles servem pra avaliar a viabilidade do projeto antes/durante a execução. Neste momento já foi executado.
32	Figura 12 – circular os grupos indicados pelos teus resultados:

33-37	Inserir o perfil litológico/estratigráfico ao lado das curvas para facilitar a interpretação.
37	Verificar se a curva perfurados e bandados da figure 16 não fica melhor (mais fácil a leitura) utilizando escala logaritmica no eixo X, pois os resultados são todos menores que 30, e estão muito próximos ao eixo Y....
	Sugiro inserir um bloco diagrama com a distribuição dos palinomorfos esperados para cada ambiente, relacionando ao que tu observastes no teu trabalho.
	Sugiro fazer uma figura integradora, com os dados das curvas e o perfil, traçando o posicionamento dos dois grupos na Fm Rio Bonito, e o da Fm. Palermo.
	Incrementar o estado da arte sobre a palino nas formações que tu estudou.



Avaliação - Monografia - Rafael Reis Bender

A Monografia atendeu a todos os requisitos necessários à proposta de estudo acadêmico, cujos objetivos, metodologia, resultados e interpretações foram satisfatoriamente cumpridos.

A estrutura da Monografia está de acordo com o modelo padrão, exceto pelos itens 'Necessidades' (item 6.2) e 'Fontes de Recursos' (item 6.3). Há poucos erros de digitação, assim como ortográficos.

Assim, parablenizo o aluno e seu orientador pela qualidade técnica e científica do trabalho, comprovando que a Palinologia é uma forte aliada à Estratigrafia e à Sedimentologia, permitindo, assim, um melhor detalhamento da configuração paleoambiental e evolução geológica da Bacia do Paraná no Permiano Inferior.

Observações:

- Título: "...interpretação paleoambiental de depósitos das formações...". Subentende-se que foram analisados somente alguns depósitos das formações em questão e não as formações como um todo. Na verdade, foram analisados os folhelhos, siltitos, carvão e arenito intercalado com carvão (figura 7, pg. 21). Então todos os depósitos (exceto diamictito, arenito e, óbvio, diabásio) foram analisados, ou seja, toda a formação. Assim, melhor excluir "...de depósitos..."
- Título: Definir a sigla RS.
- Excluir vírgula após "Relatório final,..." na capa.
- Resumo: "...cuja~~s~~ deposiçõe~~s~~ ocorrem~~m~~ simultaneamente..." São duas unidades litoestratigráficas.
- Qual o significado de altamente em 'um ambiente flúvio-deltaico altamente proximal'?
- "...um ambiente mais distal em relação a área-fonte." Para ambas as formações ou apenas para a Formação Palermo?
- Lista de figuras?

- Há uma certa confusão entre os termos Palinofácies e Palinologia. Na Introdução (pg. 10) Palinofácies se refere ao estudo da matéria orgânica particulada proveniente de rochas ou sedimentos. Eu suponho que esse conceito era de Palinologia (como Ciência ou estudo dos palinomorfos) e Palinofácies seriam diferentes fácies com diferentes palinomorfos, os quais as distinguiriam uma das outras. Já à pg. 11 há "estudo de palinofácies..." "...a fim de reconhecer e caracterizar possíveis assinaturas palinológicas..." Já à pg. 12 refere-se à Palinologia como ferramenta para caracterizar e distinguir diferentes paleoambientes e formações geológicas. Mas para diferenciar as formações não seriam diferentes fácies, ou seja, palinofácies? Já à pg. 14 refere-se Palinofácies como um corpo de sedimento contendo uma assembleia distintiva de matéria orgânica palinológica (Tyson, 1995). Já à pg. 20 há 'palinologia e palinofácies'.
- Pg. 10: Maciço e não massivo. Massivo significa numeroso, em quantidade excessiva.
- Pg. 12: "...identificar e caracterizar as assinaturas palinológicas na transição entre as formações..." A amostragem na Formação Rio Bonito foi no Membro Siderópolis?
- Independente de sua idade? Mas ambas são permianas...
- Pg. 14: Mendonça Filho et al (2011) não consta nas 'Referências'.
- Pg. 14: Definir as siglas PR e SP.
- Pg. 17: status em itálico.
- Pg. 17: O diagrama de Tyson (1993) é utilizado para amostras atribuídas à ambiente marinhos, como no caso da formação Palermo. E para a Formação Rio Bonito (fluvio-deltaica)? Como foi inferido o paleoambiente a partir do diagrama?
- Pg. 18: Apenas um item relacionado à preservação dos fitoclastos? Os palinomorfos e a matéria orgânica amorfa também se preservam?
- Embora os fitoclastos opacos sejam produtos da oxidação e/ou carbonização, há como inferir uma mesma origem para os opacos e não opacos? Ou seja, ambos provêm de uma mesma porção do vegetal (tecidos vasculares)?
- Pg. 19: Como ocorrem a degradação seletiva e a deposição/preservação seletiva? Quais os mecanismos que as controlam? Transporte e deposição?
- Pg. 18: Técnica do espectro contínuo de cores (pg. 27) para a distinção dos fitoclastos opacos? Por que não foi utilizada?
- Pg. 20 - item 3: poço HN001-ST-RS?

- Pg. 24: após a contagem de toda a matéria orgânica palinológica, os fitoclastos foram analisados separadamente. Então os fitoclastos são " ignorados" na primeira contagem?
- Pg. 25: Novamente: mas o diagrama de Tyson (1993) não é apenas para palinofácies marinhas? E no caso do Rio Bonito?
- Pg. 26: interpretação paleoambiental de lâminas? Seria melhor 'definição paleoambiental (ou paleodeposicional) das formações a partir da interpretação do conteúdo palinológico de lâminas.
- Pg. 27 - item 5 - 3º parágrafo: estas afirmações não são um tanto 'perigosas' para a definição da Palinologia como ferramenta em estudos paleoambientais e aliada à estratigrafia? Ademais, se não utilizou o espectro de cores para a distinção entre fitoclastos translúcidos e opacos, como há a certeza de distinguí-los no teu trabalho?
- Pgs. 12 x 27: Testar a Palinologia como ferramenta para caracterizar e distinguir paleoambientes x não encontrar um reflexo claro dos paleoambientes na palinologia, pó que não pé provável. Então já afirma que a palinologia é uma ferramenta potencial e não testá-la!
- Pg. 28 - item 6: Suponho que de B1 a B6 correspodam aos meses de Julho a Dezembro. Assim: o levantamento bibliográfico foi realizado até o mês de Dezembro? A análise quantitativa dos fitoclastos foi concomitante à interpretação dos dados obtidos (B5)? O registro fotográfico foi realizado até dezembro (B6)?
- Pg. 29 - item 6.2: repetido diversas vezes no decorrer do texto (por exemplo, pg. 12).
- Pg. 30: Novamente o diagrama ternário de Tyson (1993) para a Formação Rio Bonito (fluvio-deltaica)?
- Ainda não entendi muito bem o destaque para os Fitoclastos e suas variedades (opacos, não bioestruturados, perfurados, bandados, estriados e listrados) em relação aos Palinomorfos.
- Pg. 38 - 2º parágrafo: classificação condizente com o ambiente fluvio-deltaico, classicamente atribuído **à base** da formação (**Holz et al. 2010**) (Vide pg. 10).
- Pg. 39: digitação: orgânica e não orgância.
- Inserir no resumo ambiente marinho raso para a formação Palermo, conforme concluído no item 8 à pg. 39.
- Pg. 39: a amostra 19 corresponde a profundidade de 580m no perfil da figura 7 (pg. 21)? Transição Rio Bonito/Palermo.

- Pg. 40: Aumento de fitoclastos opacos na Formação Palermo em relação à Formação Rio Bonito significa um ambiente (marinho raso) mais distal, de acordo com a figura 5 (pg. 19)?
- Pg. 41: "...efeitos do transporte sofrido pelos mesmos."
- Pg. 41/2º parágrafo: fácies e não fase.
- Pg. 42: Se os fitoclastos não são tão confiáveis para a diferenciação das formações, então por que o estudo foi mais focado neles e menos na MOA e/ou nos palinórfos? Por exemplo, o item 2.4 (pg. 18) é dedicado aos fitoclastos. Não poderia ter outros itens dedicados a MOA e aos palinórfos?
- Pg. 42: Outras técnicas como forma eficiente para obter novas conclusões. Quais são essas técnicas?
- Finalizando, poderia ter elaborado um modelo deposicional para as formações como, por exemplo, um bloco diagrama.

Anderson J. Maraschin

Dr. Anderson José Maraschin
Laboratório de Sedimentologia e Petrologia
Instituto do Petróleo e dos Recursos Naturais
Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
anderson.maraschin@pucrs.br
www.pucrs.br/ipr