

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE MINERALOGIA E PETROLOGIA**

**IASMIN RAÍSSA BEATRICI**

**ANÁLISE PALEOAMBIENTAL E BIOESTRATIGRÁFICA A PARTIR DO  
REGISTRO PALINOLÓGICO DA FORMAÇÃO PIAUÍ NO POÇO 1-UN-07-PI,  
PENNSILVANIANO DA BACIA DO PARNAÍBA, BRASIL**

Porto Alegre, 2024

**IASMIN RAÍSSA BEATRICI**

**ANÁLISE PALEOAMBIENTAL E BIOESTRATIGRÁFICA A PARTIR DO  
REGISTRO PALINOLÓGICO DA FORMAÇÃO PIAUÍ NO POÇO 1-UN-07-PI,  
PENNSILVANIANO DA BACIA DO PARNAÍBA, BRASIL**

Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia,  
Departamento de Mineralogia e Petrologia,  
Instituto de Geociências da Universidade Federal  
do Rio Grande do Sul, apresentado na forma de  
monografia, junto à disciplina Projeto Temático  
em Geologia III, como requisito para obtenção  
do grau de Bacharel em Geologia.

**Orientador:** Prof. Dr. Paulo Alves de Souza

Porto Alegre, 2024

### CIP - Catalogação na Publicação

Beatrici, Iasmin Raissa

ANÁLISE PALEOAMBIENTAL E BIOESTRATIGRÁFICA A PARTIR  
DO REGISTRO PALINOLÓGICO DA FORMAÇÃO PIAUÍ NO POÇO  
1-UN-07-PI, PENNSILVANIANO DA BACIA DO PARNAÍBA,  
BRASIL / Iasmin Raissa Beatrici. -- 2024.

64 f.

Orientador: Paulo Alves de Souza.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto  
de Geociências, Curso de Geologia, Porto Alegre,  
BR-RS, 2024.

1. Grupo Balsas. 2. Carbonífero. 3. Palinomorfos.  
4. Palinofácies. I. Alves de Souza, Paulo, orient.  
II. Título.

**IASMIN RAÍSSA BEATRICI**

**ANÁLISE PALEOAMBIENTAL E BIOESTRATIGRÁFICA A PARTIR DO  
REGISTRO PALINOLÓGICO DA FORMAÇÃO PIAUÍ NO POÇO 1-UN-07-PI,  
PENNSILVANIANO DA BACIA DO PARNAÍBA, BRASIL**

A comissão examinadora, abaixo assinada, aprova o Trabalho de Conclusão de Curso apresentado na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte das exigências para a obtenção do título de Bacharel em Geologia.

Porto Alegre, 15 janeiro de 2024

**BANCA EXAMINADORA**

---

Msc. Cristiane Frozza

---

Dra. Daiana Rockenbach Boardman

---

Prof. Dr. Fernando Erthal

## **Agradecimentos**

Agradeço à FAURGS e a Petrobras por me concederem a bolsa de iniciação científica e tecnológica para a realização deste trabalho que faz parte do Projeto “BIOCORNORTE – Biocronoestratigrafia das bacias do Amazonas, Parnaíba e Solimões”. Agradeço também o meu orientador, Paulo Souza, e aos pesquisadores do Laboratório de Palinologia Marleni Marques Toigo, especialmente a Cristina Félix por todo apoio, paciência e auxílio durante essa jornada.

Gostaria de agradecer principalmente e especialmente meu pai, Alan Beatrici, pelas conversas a caminho da universidade, pelo apoio, carinho, por sempre acreditar em mim e não me deixar desistir. Também agradeço por toda a paciência que o meu namorado, Marcelo Meucci, teve durante as crises de ansiedade, pelo incentivo e apoio nos momentos em que duvidei do meu potencial.

A minha mãe, Gláucia da Silva, e meus irmãos, Vinícius Rodrigues, Diego Guedes e Ingrid Beatrici, por todas as risadas e apoio, sei que não foi fácil lidar com a minha ausência. Agradeço também ao meu sogro, César, e sogra, Luciana, por todo suporte, caronas e por sempre me receberem na casa de vocês. Também, ao restante da minha família pelo apoio.

Aos meus amigos, Amanda Pericolo, Michelle Cardoso, Caroline Azzolini, Lorenzo Mexias, Gabriel Endrizzi, Jordana Viccari e Gabriel Prisco pelas conversas, risadas e apoio durante essa etapa do curso. Agradeço em especial as minhas amigas e colegas de laboratório, Kawana de Paula, Tainara Medeiros e Laura Anklan, por todos os desabafos na hora do chá, apoio e principalmente por criarmos um espaço onde nos sentimos seguras e confortáveis para sermos nós mesmas. Por fim, agradeço aos professores e professoras do curso de geologia, em especial a Amanda Rodrigues e Ana Karina pelas conversas e apoio.

## RESUMO

A utilização de métodos palinológicos é uma técnica importante para o estudo bioestratigráfico e paleoambiental. O projeto propõe um estudo na Formação Piauí que é a unidade inferior do Grupo Balsas (Pennsylvaniano) que pertence a Sequência Neocarbonífera-Eotriássica da Bacia do Parnaíba. Essa unidade contém principalmente arenitos com intercalações de folhelhos e calcários. Com base em estudos anteriores, é caracterizado como um ambiente fluvial transicional a eólico com incursões marinhas. Embora haja estudos realizados na Bacia do Parnaíba, os dados palinológicos ainda são escassos e de suma importância para o conhecimento da bacia. Assim, este projeto propõe o estudo palinológico da Formação Piauí com o intuito de refinar a bioestratigrafia, corroborar com as interpretações paleoambientais e a datação relativa, por meio do conhecimento dos esporos, grãos de pólen e outros palinomorfos recuperados em lâminas. Desta forma, para a realização do trabalho, o material utilizado é constituído de seis amostras oriundas do poço 1-UN-07-PI, perfurado no Município Coelho Neto (MA). Essas amostras foram processadas com base na metodologia padrão do paleozoico e foram confeccionadas e analisadas seis lâminas, catalogadas na Palinoteca do Laboratório de Palinologia “Marleni Marques Toigo”. Foram identificados 53 táxons de palinomorfos, no intervalo 232,05 a 274,93 m, a partir da análise qualitativa onde são observadas as características morfológicas destes, como simetria, abertura e ornamentação. A partir dos dados taxonômicos obtidos, foram observadas quatro possíveis zonas, Zona *Striomonosaccites incrassatus*, *Illinites unicus*, *Striatosporites heyleri* e *Raistrickia cephalata* indicando idade Moscoviano, Pennsylvaniano Médio, devido ao registro do táxon *Potonieisporites congoensis*. Quanto ao estudo palinofaciológico foi realizada a contagem de 300 a 500 elementos dos grupos e subgrupos do querogênio por lâmina. Os resultados permitiram observar uma alternância de condições transicionais de plataforma-bacia e plataforma distal, indicando que as porções inferiores da Formação Piauí representam uma plataforma rasa. Além disso, a presença de cisto algálico do gênero *Leiosphaeridia* indica registro de salinidade no ambiente. Por fim, foi observada na seção analisada uma macroflora de ambientes higrófilos, hidrófilos, mesófilos e xerófilos.

**Palavras-Chave:** Grupo Balsas. Carbonífero. Palinomorfos. Palinofácies.

## Abstract

The use of palynological methods is an important technique for biostratigraphic and paleoenvironmental studies. The project proposes a study of the Piauí Formation, which is the lower unit of the Balsas Group (Pennsylvanian) that belongs to the Neocarboniferous-Eotriassic Sequence of the Parnaíba Basin. This unit contains mainly sandstones with intercalations of shales and limestones. Based on previous studies, it is characterized as a transitional fluvial to aeolian environment with marine incursions. Although there are studies carried out in the Parnaíba Basin, palynological data are still scarce and extremely important for understanding the basin. Therefore, this project proposes the palynological study of the Piauí Formation with the aim of refining biostratigraphy, corroborating paleoenvironmental interpretations and relative dating, through the study of spores, pollen grains and other palynomorphs recovered on slides. Therefore, to carry out the work, the material used consists of six samples from well 1-UN-07-PI, drilled in the Municipality of Coelho Neto (MA). These samples were processed based on standard Paleozoic methodology and six slides were prepared and analyzed, cataloged in the Palinoteca of the "Marleni Marques Toigo" Palynology Laboratory. 53 palynomorph taxa were identified, in the range 232.05 to 274.93 m, from qualitative analysis where their morphological characteristics are observed, such as symmetry, aperture and ornamentation. From the taxonomic data obtained, four possible zones were observed, Zone *Striomonosaccites incrassatus*, *Illinites unicus*, *Striatosporites heyleri* and *Raistrickia cephalata*, indicating Moscovian, Middle Pennsylvanian age, due to the record of the taxon *Potonieisporites congoensis*. Regarding the palynofaciological study, 300 to 500 elements of the kerogen groups and subgroups were counted per slide. The results allowed us to observe an alternation of platform-basin and distal platform transitional conditions, indicating that the lower portions of the Piauí Formation represent a shallow platform. Furthermore, the presence of algal cyst of the genus *Leiosphaeridia* indicates a record of salinity in the environment. Finally, a macroflora of hygrophilic, hydrophilic, mesophilic and xerophilic, environments was observed in the analyzed section.

**Key words:** Balsas Group. Carboniferous. Palynomorphs. Palynofacies.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1. Distribuição geocronológica dos principais grupos de palinórfos (retirado de Michels, 2017 compilado de Traverse, 1988; Playford & Dettman, 1996; Stancliffe, 1996; Szaniawski, 1996; Armstrong & Brasier, 2005). ..... 16
- Figura 2. Ocorrência de palinórfos de acordo com os ambientes deposicionais (modificado de Seyve, 1990 *apud* Antunes & Melo, 2001). ..... 17
- Figura 3. Mapa geológico da área de estudo (modificado de CPRM, 2012 e CPRM, 2008). ..... 23
- Figura 4. Coluna estratigráfica do Grupo Balsas (extraído de Souza *et al.*, 2010 modificado de Vaz *et al.*, 2007). ..... 25
- Figura 5. Perfil estratigráfico do poço 1-UN-07-PI com a distribuição das lâminas palinológicas analisadas no estudo (modificado de CPRM, 1975). ..... 29
- Figura 6. (A-B) Lavagem dos materiais condicionados em béqueres de plástico em capelas com exaustor. .... 31
- Figura 7. (A-B) Análise microscópica em laboratório, com microscópio de luz branca transmitida, modelo Olympus CX40. .... 32
- Figura 8. Diagrama ternário Fitoclasto-MOA-Palinórfos utilizado na definição de palinofácies em seções marinhas com os respectivos campos de paleoambiente correspondente à deposição de matéria orgânica (extraído de Mendonça Filho *et al.*, 2010 com base em Tyson, 1993. .... 36
- Figura 9. Fotomicrografias, estampa 1 (escala: 50 µm). 1. *Calamospora hartungiana*, MP-P 15424, F35/1; 2. *Retusotriletes nigrifellus*, MP-P 15424, E40/4; 3. *Vallatisporites vallatus*, MP-P15424, J40/4; 4. *Indotriradites dolianitti*, MP-P 15424, E18/2; 5. *Plicatipollenites malabarensis*, MP-P 15424, H22/2; 6. *Plicatipollenites densus*, MP-P 15414, D24/4; 7. *Caheniasaccites* sp., MP-P 15416, S25/3; 8. *Vesicaspora* sp., MP-P 15424, X44/1; 9. *Caheniasaccites flavatus*, MP-P 15414, G19/2; 10. *Circumplicatipollis plicatus*, MP-P 15424, S44/3; 11. *Costatascyclus crenatus*, MP-P 15416, K21/4; 12. *Potonieisporites neglectus*, MP-P15416, R30/1; 39
- Figura 10. Fotomicrografias, estampa 2 (escala: 50 µm). 1. *Potonieisporites* cf. *barrelis*, MP-P 15416, H27/4; 2. *Potonieisporites congoensis*, MP-P 15416, P27/3; 3. *Potonieisporites* cf. *lelei*, MP-P 15418, G31/4; 4. *Potonieisporites neglectus*, MP-P 15424, C30/3; 5. *Potonieisporites* cf. *lelei*, MP-P 15418, G31/4; 6. *Divarisaccus stringoplicatus*, MP-P 15424, V24/3; 7. *Stellapollenites talchirensis*, MP-P 15424, F34/1; 8. *Striomonosaccites* sp. A Playford & Dino, 2000, MP-P 15416, D32/1; 9. *Striomonosaccites* sp. A Playford & Dino, 2000, MP-P 15416, D37/3; 10. *Limitisporites* sp., MP-P 15418, Q45/4; 11. *Leiosphaeridia* sp., MP-P 15424, H37/3; 12. *Micrhystridium* sp., MP-P 15416. .... 40
- Figura 11. Quadro de distribuição de táxons modificado de Playford & Dino (2000b) com os táxons registrados no presente estudo realçados. Em verde o táxon que apresenta um aumento de amplitude. .... 45



Figura 12. Diagrama ternário fitoclasto-MOA-palinomorfos para o intervalo 232,05 a 274,93 metros do poço 1-UN-07-PI. Os níveis amostrados estão representados pelos números 1 a 6, do topo para a base do intervalo (modificado de Menezes *et al.*, 2008). .....47

Figura 13. Reconstrução Paleogeográfica do período Moscoviano, com a localização do poço estudado representado pelo círculo vermelho no mapa (extraído de Scotese, 2014). .....48

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Percentual de MOA, fitoclastos e palinomorfos obtidos em cada nível analisado.....	41
Tabela 2. Percentual de fitoclastos opacos e não opacos, e a razão de fitoclastos opacos sobre não opacos em cada nível analisado.....	42
Tabela 3. Percentual de palinomorfos obtidos em cada nível analisado.....	42

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Zoneamento palinológico da Bacia do Amazonas proposto por Playford & Dino, 2000a, 2000b (extraído de Betella, 2019 modificado de Playford & Dino, 2000b) .....	21
Quadro 2. Classificação de matéria orgânica particulada – Grupos matéria orgânica amorfa, fitoclastos e palinomorfos (baseado em Tyson, 1995; Mendonça Filho, 1999; Mendonça et al., 2002) modificado de Mendonça Filho et al., 2010.....	34
Quadro 3. Lista taxonômica dos palinomorfos registrados no poço 1-UN-07-PI.....	37
Quadro 4. Distribuição estratigráfica de cada táxon do poço 1-UN-07-PI.....	38

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
1.1 Objetivos e metas .....	14
1.2 Justificativa.....	14
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>15</b>
<b>2.1 MICROPALEONTOLOGIA</b> .....	<b>15</b>
2.1.1 <i>Palinologia</i> .....	15
2.1.1.1 Palinomorfos .....	17
2.1.1.2 Fitoclastos, Matéria orgânica amorfa e Palinofácies .....	18
2.2 Bioestratigrafia .....	19
2.3 Paleoambiente .....	21
2.4 Bacia do Parnaíba .....	22
2.4.1 <i>Grupo Balsas</i> .....	24
2.4.2 <i>Formação Piauí</i> .....	26
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>28</b>
3.1 Materiais.....	28
3.2 Processamento laboratorial .....	30
3.3 Análise taxonômica e fotodocumentação.....	32
3.4 Análise em Microscopia Eletrônica de Varredura .....	33
3.5 Análise palinofaciológica .....	34
<b>4 RESULTADOS</b> .....	<b>37</b>
4.1 Taxonomia .....	37
4.2 Palinofácies .....	41
<b>5 DISCUSSÕES</b> .....	<b>43</b>
5.1 Posicionamento Bioestratigráfico .....	43
5.2 Paleoambiente .....	46
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	<b>50</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>52</b>
<b>APÊNDICE</b> .....	<b>59</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Na palinologia são estudados os microfósseis orgânicos, como grãos de pólen, esporos e outros palinomorfos. Estes geralmente, são abundantes em lâminas palinológicas, têm alta capacidade de preservação e fácil identificação, apresentam ampla dispersão, atuando como partículas sedimentares nos ambientes deposicionais (Seyve, 1990). Assim, os palinomorfos demonstram um contexto paleoecológico, paleoambiental e paleoclimático dos ecossistemas que faziam parte.

Apesar da sua importância, muitas bacias sedimentares ainda apresentam dados palinológicos escassos, mesmo com seu grande potencial para estudos de prospecção na indústria de óleo e gás (Souza *et al.*, 2010). Este trabalho propõe o estudo palinológico da Formação Piauí na Bacia do Parnaíba para o refinamento bioestratigráfico e análise paleoambiental, por meio do estudo dos esporos, grãos de pólen e outros palinomorfos recuperados em lâminas. A Formação Piauí é a unidade inferior do Grupo Balsas, de idade Pennsylvaniana, contendo principalmente arenitos com intercalações de folhelhos, associados a um ambiente fluvial e eólico, subordinadamente marinho raso, relacionados a um clima semiárido a desértico (Vaz *et al.*, 2007).

Para a realização do trabalho, o material utilizado é constituído de amostras oriundas do poço 1-UN-07-PI, pertencentes à Palinoteca do Laboratório de Palinologia Marleni Marques Toigo. O estudo palinológico permite um melhor entendimento bioestratigráfico e paleoambiental da formação. Com este trabalho, pretende-se correlacionar os dados obtidos com pesquisas anteriores (Dino & Playford, 2002; Souza *et al.*, 2010; Betella, 2019), além de existir a possibilidade de descoberta de novos palinomorfos, pelo fato de o poço ser inédito.

## 1.1 Objetivos e metas

Este trabalho apresenta como objetivo estudar a palinologia da Formação Piauí, unidade inferior do Grupo Balsas, da idade Pennsylvaniana, pertencente à Bacia do Parnaíba, buscando refinar o posicionamento bioestratigráfico e a interpretação paleoambiental. Como objetivos específicos pretende-se identificar os palinomorfos encontrados nas lâminas para complementar informações taxonômicas obtidas em estudos prévios da formação. A partir disso, será realizada a datação relativa a partir amplitude bioestratigráfica dos palinomorfos identificados. Por fim, a partir da identificação de partículas dos grupos e subgrupos do querogênio é realizada a análise de palinofaciológica para obter a caracterização paleoambiental.

## 1.2 Justificativa

O estudo palinológico da Formação Piauí é relevante devido à escassez de dados neste período (Pennsylvaniano) da Bacia do Parnaíba. A bacia não apresenta zoneamento palinológico próprio devido ao baixo potencial de preservação dos palinomorfos. Por conta disso, este estudo visa contribuir com a interpretação paleoambiental e bioestratigráfica. Além de contribuir para os estudos de potencial econômico como reserva de óleo e gás, pois na região já existem campos em produção e blocos em concessão relacionados a rochas geradoras em formações inferiores da bacia.

Até maio de 2017, foram perfurados 93 poços exploratórios na bacia, e entre os anos de 2010 e 2014 foram descobertos sete campos de gás natural (ANP, 2017). Atualmente, a empresa ENEVA opera 11 campos de gás natural na bacia, seis em produção (Gavião Real, Gavião Vermelho, Gavião Branco, Gavião Caboclo, Gavião Azul e Gavião Preto) e cinco em desenvolvimento (Gavião Branco Norte, Gavião Tesoura, Gavião Carijó, Gavião Belo e Gavião Mateiro).

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Micropaleontologia**

A micropaleontologia estuda os restos orgânicos ou vestígios fossilizados de organismos de dimensões reduzidas, tendo sua observação feita com o auxílio de lupa ou microscópio. Essas partículas de origem orgânica citadas acima são denominadas de microfósseis (Antunes & Azevedo, 2011). Os microfósseis, em geral, podem ser estudados por inteiro (microscópicos) ou fragmentos de indivíduos macroscópicos.

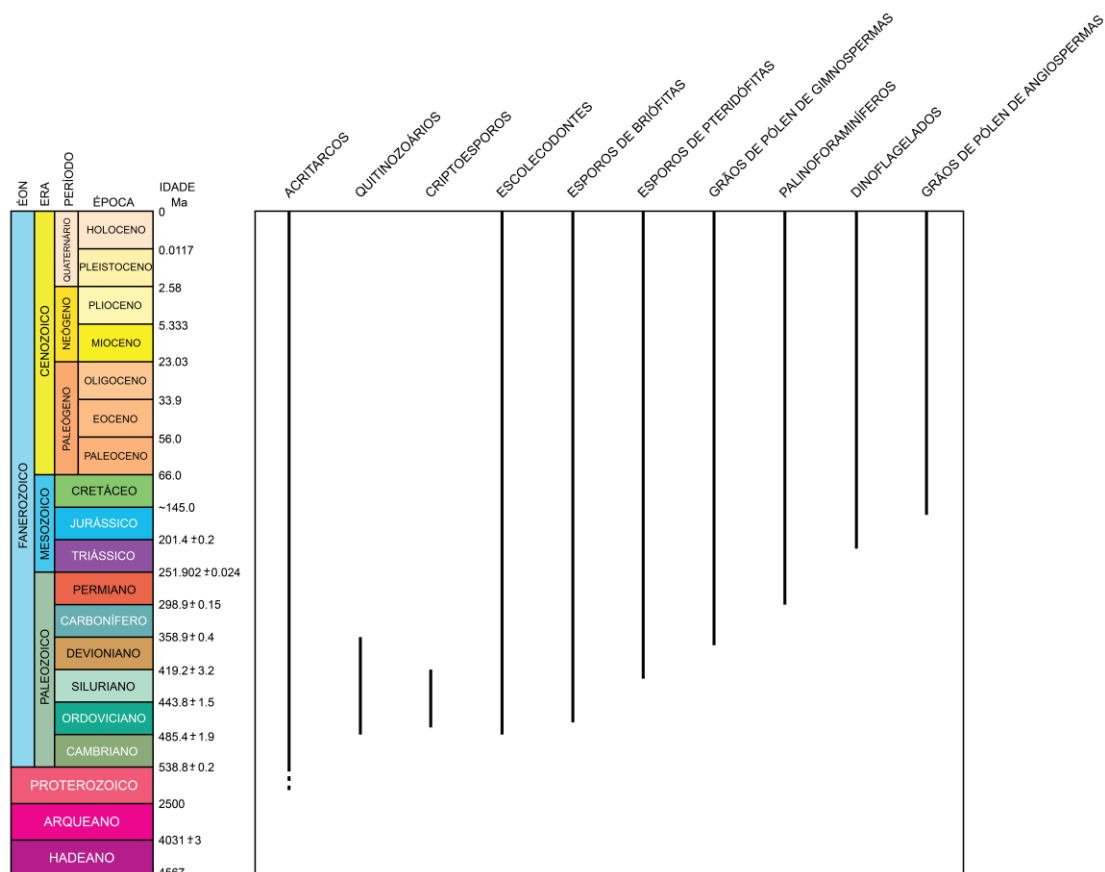
Os microfósseis são divididos em quatro grupos de acordo com sua composição química, sendo eles: Calcário, Silicosos, Fosfáticos e Orgânicos. Neste trabalho serão estudados os Microfósseis Orgânicos, que são compostos, por esporos, grãos de pólen, algas, fungos, quitinozoários, dinoflagelados, acritarcos, palinoforaminíferos e escolecodontes.

#### **2.1.1 Palinologia**

Segundo Barth-Schatzmayr & Barros (2011), a Palinologia, termo criado por Hyde & Adams (1944), é a ciência que estuda a morfologia, dispersão e aplicação dos grãos de pólen (angiospermas e gimnospermas), esporos (briófitas e pteridófitas) e outros palinomorfos. Estes são elementos recuperados através do processamento palinológico, e os elementos orgânicos constituintes desses são formados por moléculas orgânicas mais resistentes, como esporopolenina, quitina ou pseudoquitina (Barth-Schatzmayr & Barros, 2011).

Os palinomorfos tem registro desde o Proterozóico até os dias atuais, e apresentam dimensões que variam de 5 a 500  $\mu\text{m}$  (Cruz, 2011) (Figura 1). A classificação é feita com base em suas feições morfológicas que permitem

a classificação taxonômica, alguns destes aspectos são: a estrutura da exina, aberturas, forma, simetria, ornamentação e dimensões. Assim, com a classificação taxonômica dos grãos de pólen e esporos, pode ser realizada a determinação da afinidade paleoflorística, que pode resultar na compreensão das condições paleoecológicas e paleoclimáticas dos depósitos (Cruz, 2011).

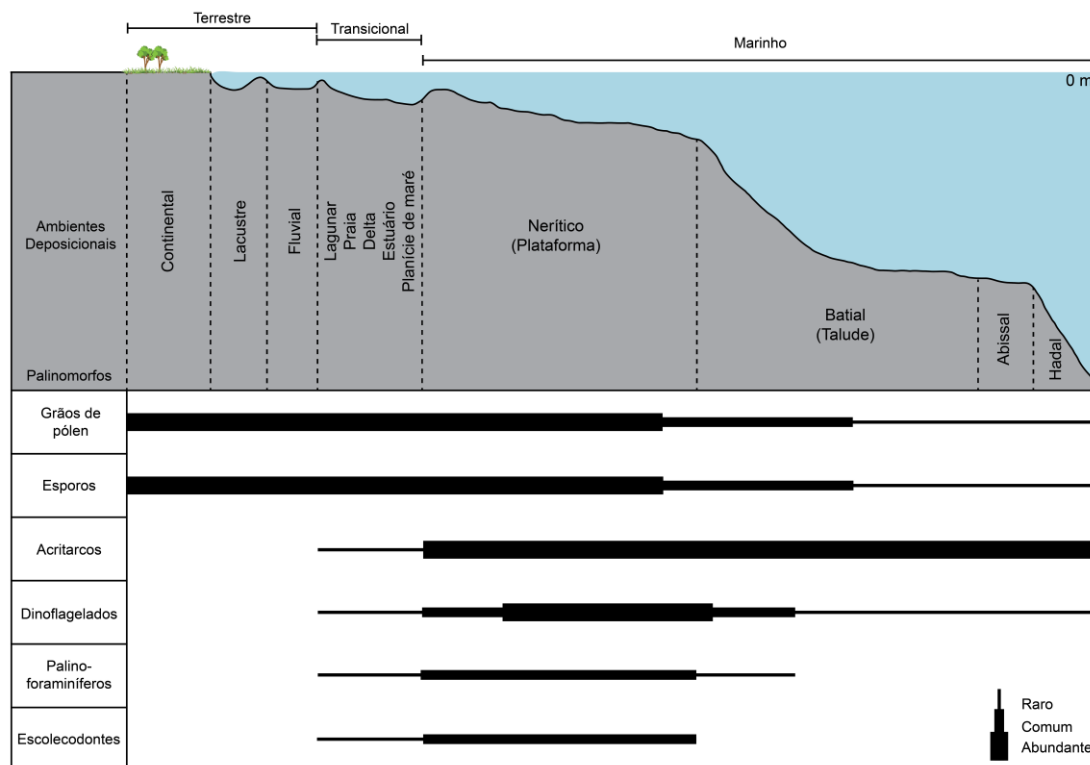


**Figura 1.** Distribuição geocronológica dos principais grupos de palinófitos (retirado de Michels, 2017 compilado de Traverse, 1988; Playford & Dettman, 1996; Stancliffe, 1996; Szaniawski, 1996; Armstrong & Brasier, 2005).

Estes ainda apresentam uma ampla abrangência espacial, podendo ser preservados desde ambientes continentais a marinhos (Figura 2). Desse modo, os palinófitos revelam diversas informações essenciais como paleoambiente, paleoecologia e paleoclima do ecossistema em que a rocha pertence (Félix *et al.*, 2022). Sua alta capacidade de preservação, abundância, diversidade, fácil identificação, entre outras características, faz dos microfósseis de parede orgânica, objetos da palinologia, uma ferramenta



essencial para a análise bioestratigráfica e paleoambiental para o presente projeto.



**Figura 2.** Ocorrência de palinóforos de acordo com os ambientes deposicionais (modificado de Seyve, 1990 *apud* Antunes & Melo, 2001).

### 2.1.1.1 Palinóforos

Os esporóforos são estruturas microscópicas que fazem parte da estrutura reprodutiva das plantas, sendo eles esporos e grãos de pólen. Os esporos são produzidos por plantas briófitas, pteridófitas e fungos, que necessitam de um ambiente úmido para que ocorra germinação. Já os grãos de pólen são produzidos por plantas gimnospermas e angiospermas para o transporte de material genético. No caso dos esporos são encontrados no registro geológico desde o Ordoviciano ao Recente; por sua vez, os grãos de pólen quando referentes às gimnospermas estão presentes desde o Carbonífero e quando associados às angiospermas desde o Jurássico

Superior, ambas se estendendo até o recente (Traverse, 1988 *apud* Michels, 2017).

A distância que os grãos de pólen percorrem pelo ar, é controlada pelo seu tamanho, peso, morfologia e das condições atmosféricas (Armstrong & Brasier, 2005). Cerca de 99% destes tendem a se acomodar a 1 km da área fonte, e quando depositados no fundo de lagoas, lagos, rios ou oceano podem se tornar um registro fóssil (Armstrong & Brasier, 2005). Assim, os grãos de pólen e esporos possuem uma parede resistente aos efeitos de temperatura e pressão após o soterramento e aos ataques microbianos (Armstrong & Brasier, 2005). Estes podem ocorrer em carvões, folhelhos, arenitos, turfas, entre outros.

Outro grupo importante é o das algas clorofíceas, que são organismos de ecossistema aquático ocorrendo predominantemente em água doce e subordinadamente marinha. O gênero *Leiosphaeridia* é encontrado desde o Pré-Cambriano ao Recente e pertence à Classe Prasinophyceae que é encontrada no registro fóssil em depósitos proximais e em sedimentos marinhos, comum em águas tropicais e subtropicais (Félix, 2012).

#### **2.1.1.2 Fitoclastos, Matéria orgânica amorfa e Palinofácies**

O Grupo Matéria Orgânica Amorfa (MOA) é composto por todo o componente orgânico sem estrutura, derivado de bactérias, fitoplâncton, resinas de vegetais superiores e agregados orgânicos degradados. Para determinar as condições deposicionais e caracterizar o potencial de hidrocarbonetos é necessário observar o estado da preservação da MOA (Mendonça Filho *et al.*, 2010). Assim, quando presente em grandes quantidades pode ser interpretada de duas maneiras: sítios deposicionais de condições redutoras, caracterizado por elevada preservação (Tyson, 1993;1995); ou, ambientes de baixa energia, com grandes percentuais de dissolução por esporomorfos e fitoclastos (Tyson, 1989; 1993).

Os fitoclastos são fragmentos de folhas e lenhos de plantas, e segundo Mendonça Filho *et al.* (2010), são classificados como: opacos, não opacos, tecidos cuticulares e hifas de fungos. Assim, o subgrupo de fitoclastos do tipo opaco apresenta coloração escura (carbonizados) podendo apresentar forma equidimensional ou alongada (pode apresentar perfurações), com rara estrutura interna. Já o tipo não opaco (translúcidos) é subdividido em bioestruturados (estriados, listrados, bandados ou perfurados) ou não bioestruturados (não apresenta estrutura interna). Apresentam também, outra classificação de acordo com a forma do componente, com base na degradação e decomposição, sendo decorrência exclusiva de condições ambientais (Mendonça Filho *et al.*, 2010).

Os grupos citados acima são utilizados na análise de palinofácies, que foi introduzido inicialmente por Combaz (1964) (*apud* Mendonça Filho *et al.*, 2010) como o estudo de todos os elementos orgânicos concentrados após os ataques químicos na rocha. O betume e o querogênio são frações da matéria orgânica sedimentar, sendo o querogênio resistente a químicos como HCl e HF, e o betume solúvel (Mendonça Filho *et al.*, 2010). Assim, a análise de palinofácies busca identificar de forma individual os componentes palinológicos, classificar os grupos e subgrupos do querogênio e determinar porções relativas de acordo com: tamanho, forma e estado de preservação (Mendonça Filho *et al.*, 2010). Por fim, este é imprescindível para o presente estudo, devido a sua importância para o entendimento do ambiente como um todo.

## **2.2 Bioestratigrafia**

Segundo Antunes & Azevedo (2011) o estudo bioestratigráfico objetiva a caracterização de camadas sedimentares diante de suas associações fósseis. Tem-se como característica a organização dos estratos em unidades de acordo com o conteúdo fóssilífero, sendo um método estratigráfico (Murphy & Salvador, 1999). Assim, a partir da divisão destes pacotes de

rocha e de suas correlações, são obtidas unidades bioestratigráficas. Estas unidades são chamadas de biozonas ou zonas, que podem ser divididas em sub-biozonas definidas de acordo com o conteúdo fóssil encontrado (NASC, 2005; Antunes & Azevedo, 2011). Desta forma, a subdivisão bioestratigráfica auxilia no melhor entendimento da distribuição das associações podendo ser rearranjadas e subdivididas dentro de si.

O procedimento de estabelecer uma biozona inicia com a análise da distribuição estratigráfica dos táxons em diferentes seções estratigráficas de uma região (Arenillas, 2002). Segundo NASC (2005), as biozonas são divididas em: de amplitude, concorrência, intervalo, associação (ou assembleia), abundância (ou acme), linhagem (ou filozona). A partir desta, com base nos resultados, pode ser subdividida em biozonas, de acordo com o primeiro e último registro dos táxons (Arenillas, 2002). Assim, com biozonas estabelecidas pode-se correlacionar, com a utilização de táxons-índice. Porém, para ser um fóssil-índice ou fóssil-guia é necessário apresentar uma alta taxa evolutiva, ampla distribuição horizontal, abundância, dispersão rápida e eficiente, fácil identificação morfológica e alta preservação. Desse modo, a palinologia é uma ótima ferramenta para a bioestratigrafia, contribuindo para a datação relativa e correlação de depósitos sedimentares.

A área de estudo está localizada na Bacia do Parnaíba, que por apresentar um menor potencial de preservação dos palinórfos em relação às outras bacias intracratônicas brasileiras, não apresenta um zoneamento palinológico (Souza *et al.*, 2010). Assim, é utilizado para comparação o zoneamento da Bacia do Amazonas, proposto por Playford & Dino (2000a, 2000b). Neste zoneamento há sete zonas referentes ao Grupo Alto Tapajós (Formações Monte Alegre, Itaituba, Nova Olinda e Andirá): Zona *Spelaeotriletes triangulus*, Zona *Striomonosaccites incrassatus*, Zona *Illinites unicus*, Zona *Striatosporites heyleri*, Zona *Raistrickia cephalata*, Zona *Vittatina costabilis* e Zona *Tornopollenites toreutos* (Quadro 1).

**Quadro 1.** Zoneamento palinológico da Bacia do Amazonas proposto por Playford & Dino, 2000a, 2000b (extraído de Betella, 2019 modificado de Playford & Dino, 2000b).

ÉON	ERA	PERÍODO	ÉPOCA	PALINOZONAS (Playford & Dino, 2000 a, b)	
FANEROZOICO	PALEOZOICO	PERMIANO	Lopingiano	<i>Tornopollenites toreutos</i>	
			Guadalupiano	<i>Vittatina costabilis</i> (parte superior)	
			Cisuraliano	<i>Vittatina costabilis</i> (parte inferior)	
					?
		CARBONÍFERO	Pennsylvaniano		<i>Raistrickia cephalata</i>
					<i>Striatosporites heyleri</i>
					<i>Illinites unicus</i>
					<i>Striomonosaccites incrassatus</i>
					<i>Spaleotriletes triangulus</i>
			Mississipiano		

### 2.3 Paleoambiente

A interpretação paleoambiental é feita a partir do estudo de palinofácies, que de acordo com Tyson (1995) é definida como um depósito sedimentar contendo um conjunto diferenciado de matéria orgânica palinológica sendo indicativos de condições ambientais específicas, podendo ser correlacionadas a um potencial de geração de hidrocarbonetos representativo. Desta forma, as características das fácies podem permitir a

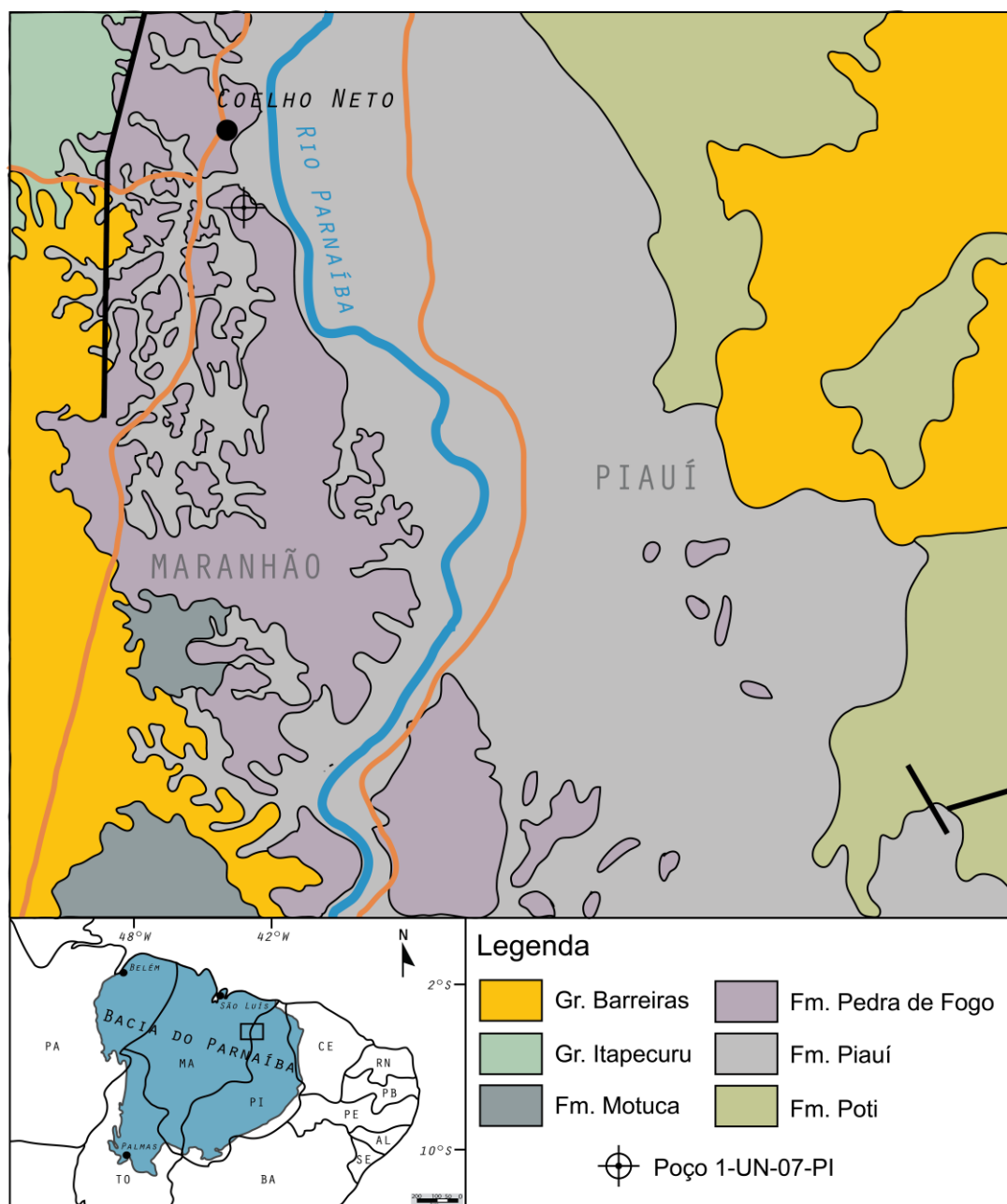
interpretação do processo deposicional e o paleoambiente (Rohn, 2010). Assim, com os palinórfos conseguimos informações como a datação das rochas, mudanças climáticas e sucessões ecológicas que são obtidas a partir da identificação característica de cada época em palinogramas (Cruz, 2011). De acordo com Antunes (2011) os miósporos por serem células reprodutoras vegetais, podem fornecer informações quanto ao clima uma vez que são condicionados pelo mesmo.

## 2.4 Bacia do Parnaíba

A Bacia do Parnaíba, segundo Góes *et al.* (1995) tem sua denominação proposta por Derby (1884), podendo ser identificada atualmente pelos nomes Bacia do Maranhão ou Bacia do Piauí-Maranhão (Vaz *et al.*, 2007). Está localizada no noroeste do Nordeste brasileiro e abrange os estados do Piauí, Maranhão, Tocantins, Ceará e Bahia (Góes & Feijó, 1994; Vaz *et al.*, 2007) (Figura 3). A bacia engloba uma área de aproximadamente 600 mil km<sup>2</sup> e suas rochas apresentam uma espessura total em torno de 3.500 m no depocentro. Desenvolveu-se de acordo com Almeida & Carneiro (2004) durante o Estágio de Estabilização da Plataforma Sul-Americana, sobre um embasamento continental. Desse modo, é possível que sua origem ou subsidência inicial esteja relacionada aos estágios finais e pós-orogênicos do Ciclo Brasileiro (Vaz *et al.*, 2007).

A bacia apresenta seus limites definidos pelo Arco de Ferrer-Urbano Santos no norte, pelo Arco de São Francisco no sul e pelo Arco de Tocantins a oeste (De Miranda *et al.*, 2018). Há uma subdivisão da Bacia do Parnaíba em sub-bacias, com o intuito de facilitar a compreensão do estilo tectônico e preenchimento sedimentar, sendo elas: Parnaíba (Siluriano – Triássico), Alpercatas (Jurássico – Eocretácea), São Luís/Grajaú (Cretáceo) e Espigão Médio (Cretáceo) (Góes, 1995). Já Vaz *et al.* (2007) propõem uma subdivisão baseada na estratigrafia de seqüências, sendo elas: Siluriana (Grupo Serra Grande), Mesodevoniana - Eocarbonífera (Grupo Canindé), Neocarbonífera -

Eotriássica (Grupo Balsas), Jurássica (Formação Pastos Bons) e Cretácea (Formações Codó, Corda, Grajaú e Itapecuru).



**Figura 3.** Mapa geológico da área de estudo (modificado de CPRM, 2012 e CPRM, 2008).

A Bacia do Parnaíba é uma das bacias brasileiras *onshore*, com a acumulação convencional de gás ocorrendo nos arenitos da Formação Piauí (De Miranda *et al.*, 2018). Esta tem seu potencial econômico em exploração por empresas como a ENEVA, com a prospecção e produção de gás natural,

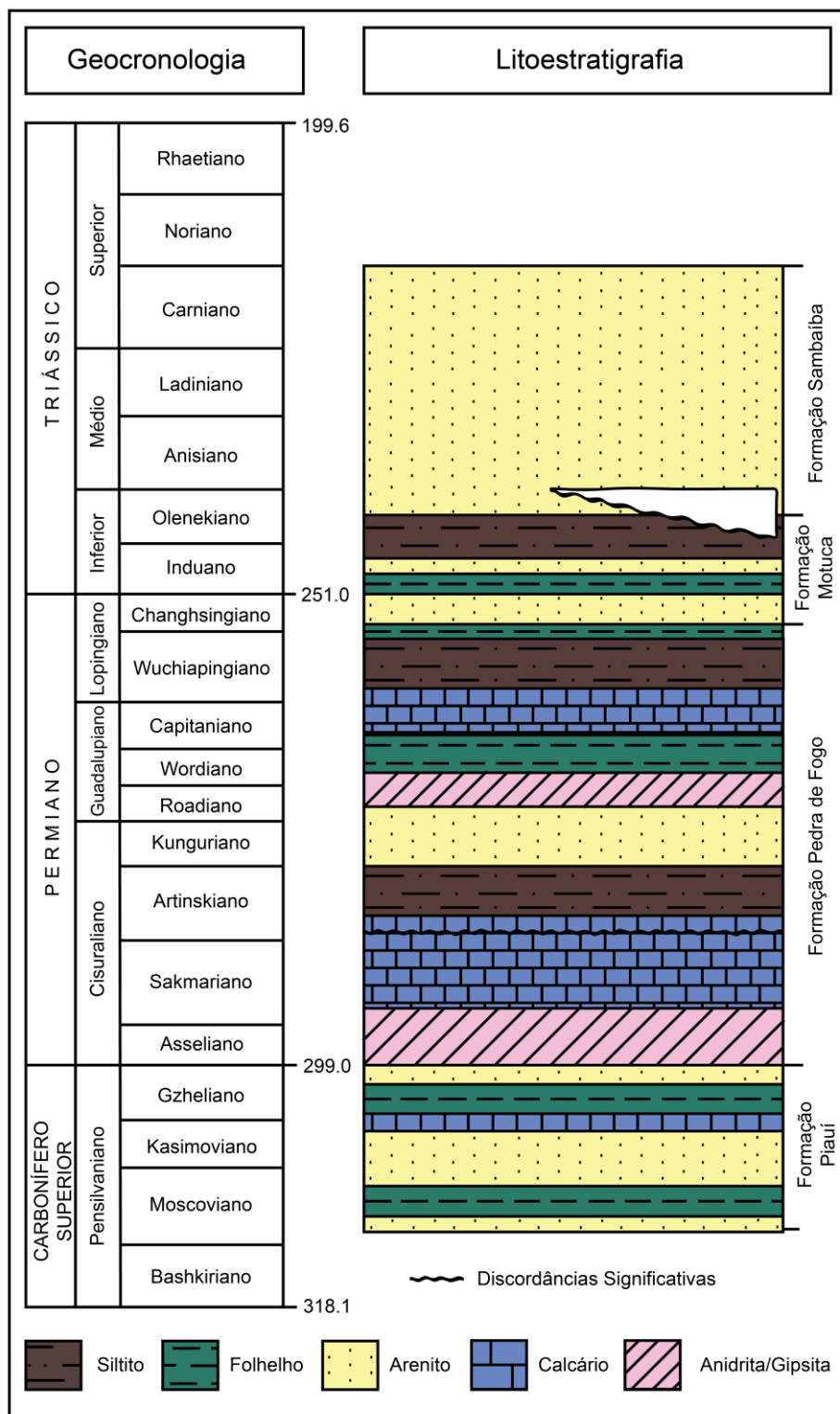
em onze campos na Bacia do Parnaíba, onde cinco estão em desenvolvimento. O presente trabalho tem como foco a Sequência Neocarbonífera-Eotriássica que abrange principalmente a região centro-sul e parcialmente oeste e leste-nordeste da bacia (Vaz *et al.*, 2007).

#### **2.4.1 Grupo Balsas**

A Sequência Neocarbonífera-Eotriássica refere-se ao pacote sedimentar do Grupo Balsas, estando sobreposto ao Grupo Canindé e sotoposto ao Grupo Mearim (Vaz *et al.*, 2007). Esta Sequência apresenta uma porção norte-sul, onde é possível observar uma coincidência entre depocentros desta e de duas sequências antigas; apresenta seu depocentro situado a oeste das subjacentes (Vaz *et al.*, 2007). O Grupo Balsas é constituído por rochas de natureza clástica-evaporítica, sendo caracterizado por um ambiente transicional marinho raso de clima árido a continental desértico, dominado por sistemas lacustres (CPRM, 1978; Góes & Feijó, 1994; Dino & Playford, 2002; Barbosa *et al.*, 2016; Lima Filho, 1991).

O Grupo Balsas é composto pelas formações Piauí, Pedra de Fogo, Motuca e Sambaíba (Figura 4). O seguinte trabalho tem enfoque na Formação Piauí, sendo ela a mais antiga deste grupo.





**Figura 4.** Coluna estratigráfica do Grupo Balsas (extraído de Souza *et al.*, 2010 modificado de Vaz *et al.*, 2007).

### 2.4.2 Formação Piauí

A Formação Piauí apresenta idade Pennsylvaniana e é sotoposta discordantemente à Formação Poti que por sua vez apresenta idade Mississippiana (Góes & Feijó, 1994; Vaz *et al.*, 2007). Segundo Vaz *et al.*, (2007), a Formação Piauí foi dividida em inferior e superior por CPRM (1978). De acordo com Vaz *et al.*, (2007) a primeira (inferior) é composta por arenitos cor-de-rosa, médios, maciços ou com estratificação cruzada de grande porte e intercalações de folhelho vermelho; já a superior, é formada de arenitos vermelhos, amarelos, finos a médios, contendo intercalações de folhelhos vermelhos, calcários e finas camadas de sílex. Assim, a formação é caracterizada como um ambiente fluvial com contribuição eólica e breves incursões marinhas, num clima semiárido a desértico (CPRM, 1978).

Quanto aos estudos palinológicos anteriores, pode-se observar as seguintes informações:

De acordo com Dino & Playford (2002) há predominâncias de esporos triletes e grãos de pólen monossacados de gimnosperma, já os grãos de pólen bissacados teniados são menos representativos. Também foram identificadas algumas algas como *Botryococcus* e *Brazilea*. As espécies de esporos encontradas foram: *Spelaeotriletes*, *Vallatisporites* e *Cristatisporites*. Foi analisada uma porção referente ao poço 1-UN-23-PI, localizado próximo ao município de Floriano no Piauí (Dino & Playford, 2002). O registro palinológico permitiu a classificação da Zona *Illinites unicus* da Bacia do Amazonas de idade Pennsylvaniana (Playford & Dino, 2000b).

Segundo Souza *et at.* (2010) foram analisados 12 níveis referentes ao poço 1-UN-09-PI, e os palinomorfos são mais abundantes no intervalo entre 114,40 e 178,12 m, estando mais bem preservados. Os grãos de pólen sacados são dominantes, porém há destaque aos bissacados teniados e monossacados não-teniados, os esporos são subordinados. Assim, foram identificados 29 táxons, oito espécies de esporos, 19 de grãos de pólen e duas de algas da classe *Prasinophyceae*. Neste trabalho, há 7 espécies que

limitam o posicionamento da Zona *Raistrickia cephalata* (Moscoviano Superior) (Playford & Dino, 2000a, 2000b), sendo eles: *Apiculatasporites daemonii*, *Spelaeotriletes arenaceus*, *S. triangulus*, *Potonieisporites congoensis*, *Meristocarpus explicatus*, *Protohaploxypinus amplus* e *Striomonosaccites incrassatus*.

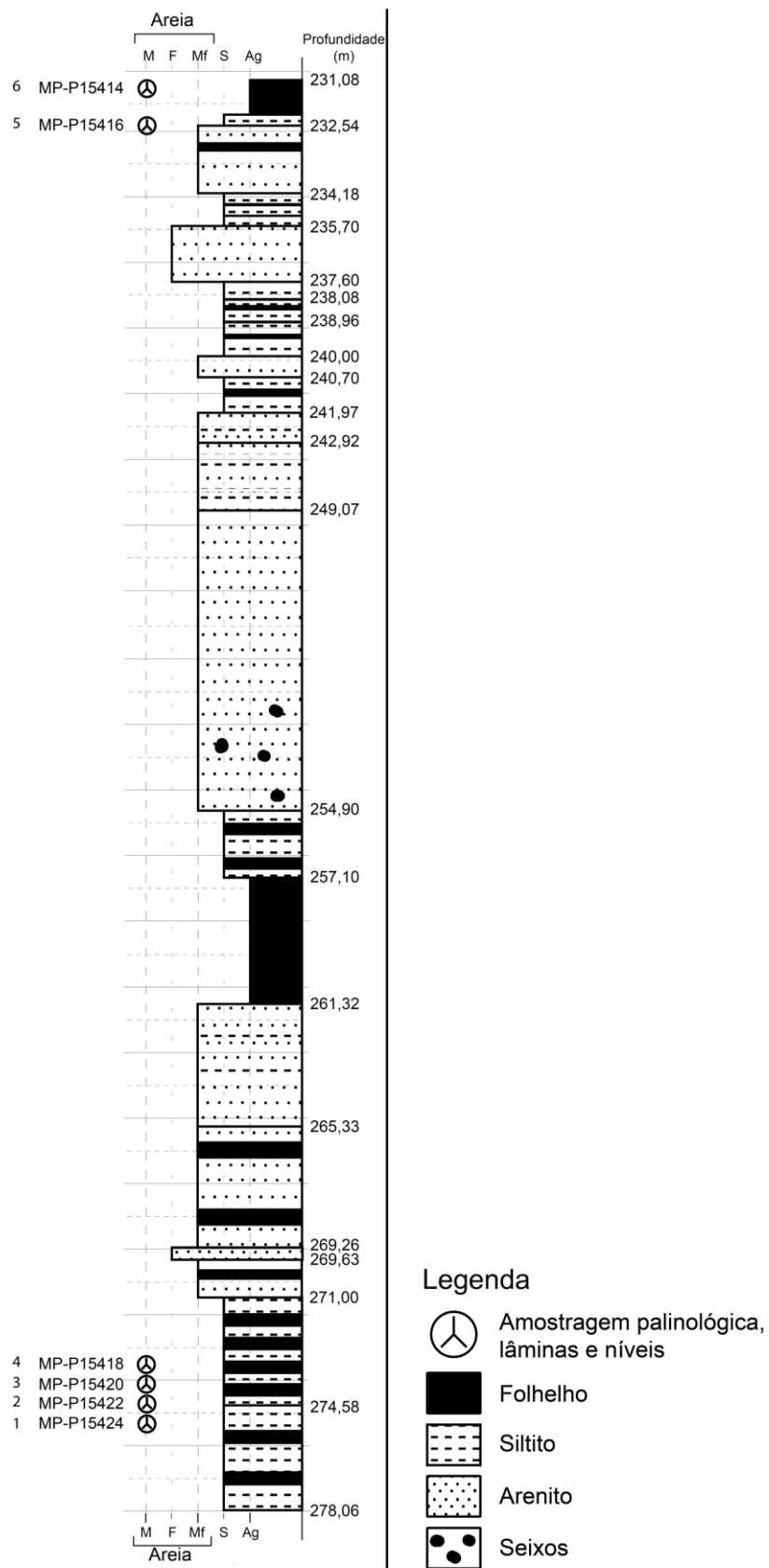
O trabalho de Betella (2019) constitui o aprimoramento dos estudos a partir do material analisado por Souza *et al.* (2010), onde foram analisados os 12 níveis do poço 1-UN-09-PI. Estes foram reprocessados e descobertos um total de 62 táxons, com o aparecimento inédito de *Distriatites insolitus*, *Endosporites globiformes*, *Potonieisporites barrelis*, *P. congoensis*, *P. lelei*, *Caheniasaccites verrucosus*, *Crucisaccites monoletus*, *Plicatipollenites densus*, *Cannanoropollis mehta*, *Mabuitasaccites crucistriatus* e *Limitisporites amazonensis*. Deste modo, foi possível correlacionar com a Zona *Raistrickia cephalata* (Playford & Dino, 2000a, 2000b), e caracterizar como um ambiente plataformal raso progredindo para uma planície de maré e *sabkhas*.

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 Materiais**

Este trabalho faz parte do Projeto “BIOCRONORTE - Biocronoestratigrafia das bacias do Amazonas, Parnaíba e Solimões”, relativo à interação acadêmica UFRGS-PETROBRAS, com intermediação da FAURGS (IAP-000803). A área de estudo corresponde a Formação Piauí (Bacia do Parnaíba), e o poço em que as amostras foram coletadas está localizado na Fazenda Garrote, no Município de Coelho Neto (MA).

Foram coletadas 33 amostras provenientes do poço 1-UN-07-PI, entre o intervalo de 17,49 m e 274,93 m de profundidade, a partir dessas foram confeccionadas 64 lâminas palinológicas (Figura 5). A coleta e descrição dessas amostras foram realizadas pelo doutorando Edvaldo José de Oliveira. Foi realizada a triagem das 64 lâminas com o intuito de selecionar seis lâminas com maior percentual de palinomorfos e em melhor estado de preservação. O poço é composto predominantemente por arenitos intercalados com folhelho, siltito e calcário, apresentando em algumas porções sílex.



**Figura 5.** Perfil estratigráfico do poço 1-UN-07-PI com a distribuição das lâminas palinológicas analisadas no estudo (modificado de CPRM, 1975).

### 3.2 Processamento laboratorial

Inicialmente as amostras coletadas passam pelo processamento laboratorial, que foi realizado no Laboratório de Palinologia Marleni Marques Toigo, Departamento de Paleontologia e Estratigrafia, Instituto de Geociências (UFRGS), conforme a metodologia padrão aplicada ao Paleozoico (Quadros & Melo, 1987). Esta metodologia tem como objetivo a desintegração da rocha através de ataques químicos com utilização inicial do ácido clorídrico (HCl) para a dissolução dos carbonatos, seguido de ácido fluorídrico (HF) para a dissolução dos silicatos, resultando em uma matéria orgânica concentrada.

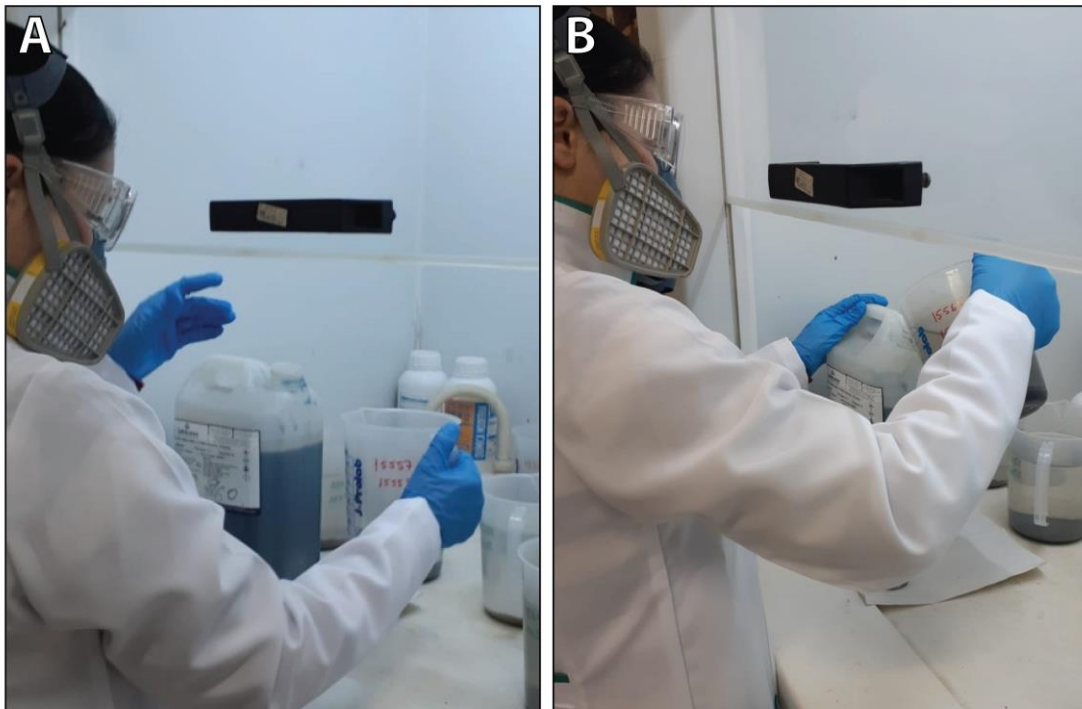
Para a realização dessas etapas é necessário o uso de equipamento de proteção (EPIs) como jaleco, luvas, máscaras e óculos de proteção. Primeiramente é macerado em torno de 20 g de amostra, com intuito de obter fragmentos de aproximadamente três milímetros, porque a dissolução química é dificultada quando há fragmentos maiores. O material desagregado é armazenado em béqueres de plástico, mantidos em capelas, para ser possível realizar os ataques químicos. Estes béqueres devem estar devidamente identificados com a codificação do laboratório.

Esta próxima etapa inicia com a aplicação do ácido clorídrico (HCl 37%) e se a amostra reagir com o ácido, é adicionado 100 ml do mesmo, que será mantido por duas horas reagindo na capela. Em seguida, são realizadas três lavagens com água filtrada, em intervalos de 24 horas com o objetivo de neutralizar a amostra. Reagindo ao HCl ou não reagindo, na etapa anterior, para a remoção da fração mineral foi utilizado ácido Fluorídrico (HF 40%). Este foi mantido por 24 horas na capela e em seguida foram realizadas três lavagens como a etapa acima (Figura 6). Para finalizar o ataque químico, passará novamente pela dissolução em HCl e em seguida, por três lavagens com água filtrada.

Em seguida, o material em suspensão passou por peneiras com malhas de 250  $\mu\text{m}$  e 25  $\mu\text{m}$  para a concentração do resíduo. Estes resíduos

são utilizados para a confecção de lâminas palinológicas, onde são inseridas algumas gotas deste resíduo por lamínulas (24 x 32 mm) e uma gota de cellosize (5%) devidamente distribuída para impedir a proliferação de fungos. Após, é feita a secagem das lamínulas através do uso de uma chapa aquecedora, de 35 a 40°C. Em seguida, é colada com a cola Entellan, em uma lâmina de vidro (24 x 76 mm) com cuidado para não formar bolhas, e inserida a devida identificação.

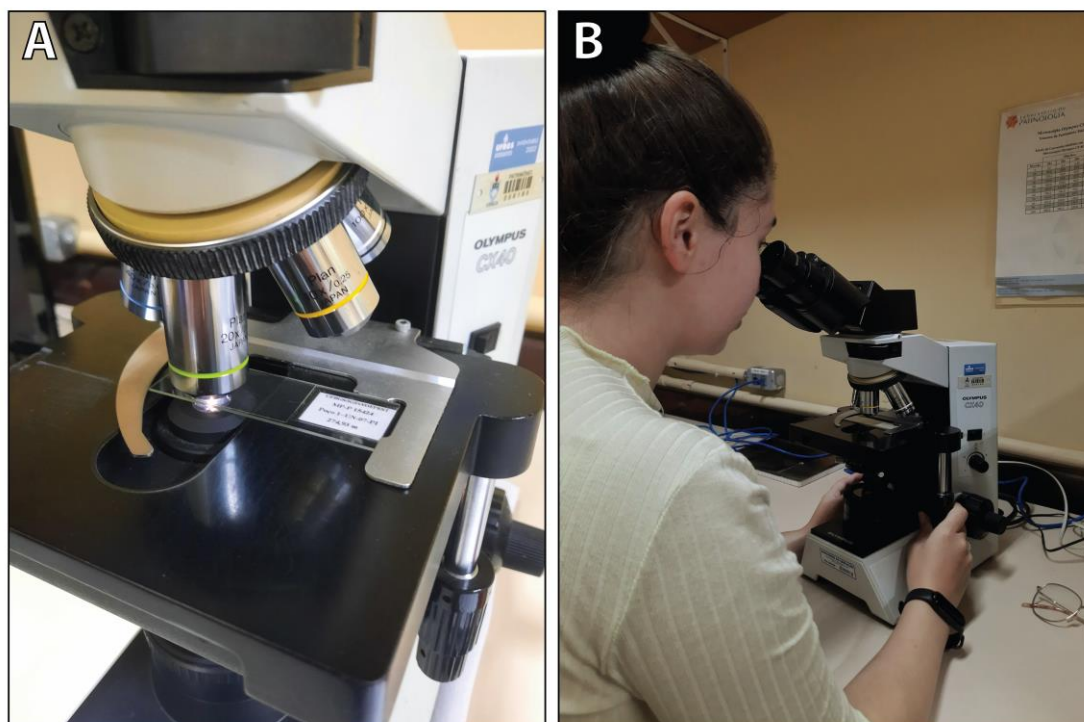
A partir do processamento laboratorial foram confeccionadas 64 lâminas. As amostras coletadas apresentam um intervalo de 17,49 a 274,93 m de profundidade, com lâminas codificadas como MP-P15424 a MP-P15359.



**Figura 6.** (A-B) Lavagem dos materiais condicionados em béqueres de plástico em capelas com exaustor.

### 3.3 Análise taxonômica e fotodocumentação

Nesta etapa, foi realizado um levantamento bibliográfico a partir de pesquisas em artigos científicos e livros didáticos, para obter uma base de dados palinológicos atualizados. Em seguida, por meio de “varreduras” nas lâminas é feita a identificação dos palinomorfos, com o objetivo de determinar os principais táxons constituintes (Figura 7). As análises taxonômicas são apoiadas com a utilização do material bibliográfico para permitir a correta atribuição taxonômica, a partir da comparação morfológica (simetria, abertura e ornamentação). Após a identificação, foi realizada a análise quantitativa, em que os táxons encontrados nas lâminas são devidamente quantificados. Para a realização dessas etapas foi utilizado um microscópio de luz branca transmitida, modelo Olympus CX40. Por fim, foi realizada a documentação fotomicrográfica no microscópio óptico Olympus BX-61, acoplado com câmera Olympus DP71, onde as imagens são editadas em programas como *Illustrator*.



**Figura 7.** (A-B) Análise microscópica em laboratório, com microscópio de luz branca transmitida, modelo Olympus CX40.



### 3.4 Análise em Microscopia Eletrônica de Varredura

Conforme descrito por Henriques (2019), a análise em Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) pode ser empregada em diversas áreas de conhecimento, pois é utilizada para a caracterização e análise de microestruturas. Apresenta como resultados informações sobre a composição química, estrutura, morfologia e topografia da superfície do material, por obter imagens de alta resolução com aspecto tridimensional (Dedavid *et al.*, 2007).

Segundo Viana (2010), o equipamento funciona a partir da irradiação de um feixe de elétrons, na superfície da amostra analisada, podendo assim, ser movido através dela ou permanecer imóvel. Esta irradiação gera sinais, que são alcançados a partir de um volume de emissão específico que se transforma em imagem de elétrons retrabalhados ou de elétrons secundários (Viana, 2010; Henriques, 2019). Os sinais obtidos pela emissão de elétrons secundários são os que permanecem próximo da área de impacto do feixe, formando imagens de alta resolução e fornecendo a superfície topográfica (Viana, 2010). Quanto aos elétrons retrabalhados, são os que apresentam espalhamento estático, fornecendo informações como a composição química da amostra (Dedavid *et al.*, 2007).

Para a análise do material, o resíduo palinológico é adicionado diretamente em *stubs* de alumínio usando fita adesiva dupla face, sendo assim, revestido com ouro através de pulverização catódica. Foram utilizados cinco *stubs*, sendo três referentes à amostra MP-P15424 e dois a MP-P15416. Por fim, os palinomorfos são observados e fotografados com o Microscópio Eletrônico de Varredura JEOL JSM-6610LV. Esta análise foi realizada no Laboratório de Geoquímica Isotópica (LGI) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

### 3.5 Análise palinofaciológica

Nesta etapa é realizada uma contagem de 300 a 500 partículas dos grupos e subgrupos do querogênio, de acordo com a classificação geral proposta por Tyson (1993; 1995), Mendonça Filho (1999) e Mendonça Filho *et al.* (2010) (Quadro 2). Nesta contagem, os dados são registrados em fichas apropriadas e são ignorados os palinomorfos não identificáveis, com tamanhos inferiores a 10µm e contaminantes.

**Quadro 2.** Classificação de matéria orgânica particulada – Grupos matéria orgânica amorfa, fitoclastos e palinomorfos (baseado em Tyson, 1993; 1995; Mendonça Filho, 1999; Mendonça *et al.*, 2002) modificado de Mendonça Filho *et al.*, 2010.

GRUPO	SUBGRUPO		DESCRIÇÃO			
MATÉRIA ORGÂNICA AMORFA	"MOA" Material orgânico derivado de ataque microbiológico.		Material não estruturado e com formato variado; cor: amarela-laranja-vermelho; laranja-marrom; cinza, algumas vezes com inclusões de palinomorfos, fitoclasto, pirta. Pode exibir ou não coloração de fluorescência.			
	FITOCLASTO	Opacos	Equidimensional	Partícula de cor preta de forma quadrática, sem bioestruturas internas.		
			Alongado	Partícula de cor preta de forma alongada, comprimento três vezes maior que a largura, usualmente não apresenta estrutura interna, porém os de forma alongada podem, ocasionalmente, apresentar perfurações.		
			Corroído	Partícula de cor preta com contornos difusos e irregulares.		
		Não Opacos	Derivado de Vegetais Superiores Terrestres ou Fungos	<p><b>Não degradado</b> contorno nítido, pode ser levemente irregular, ou mesmo, lascado. ou <b>Degradado</b> contorno irregular e difuso, lascado. ou <b>Amorfidado</b> contorno difuso, exibe coloração de fluorescência, altamente degradado. ou <b>Em decomposição "Altamente preservado"</b> contorno irregular sob luz branca transmitida, exibe coloração de fluorescência.</p> <p>As características petrográficas indicam elevado grau de preservação química, que só é possível, devido a condições específicas.</p>	Hifas de Fungo	Elemento filamentosos individual que forma o micélio da fase vegetativa dos fungos.
					Não bioestruturado	Partícula de cor marrom não bioestruturada.
					Cutículas	Partícula cor amarelo-pálido a marrom-claro, delgado, com estrutura celular, em alguns casos, com estômatos visíveis. Ocasionalmente, podem ocorrer tecidos cuticulares mais espessos, nesse caso, a cutícula está associada às camadas mais internas do vegetal, como córtex ou epiderme.
	Membrana				Partícula de cor amarelo-pálido, comumente transparentes, sem estrutura celular.	
	Bioestruturado	Partícula de cor marrom bioestruturada Estrido Listrado Bandado Perfurado				
	PALINOMORFO	Esporomorfo	<b>Esporo</b> Palinomorfo terrestre produzido por pteridófitas, briófitas e fungos.	Palinomorfo de forma triangular ou circular, apresenta marca trilete ("Y") ou monolete (uma cicatriz). Ornamentação variada. Podem ocorrer como mássulas (Azolla), aglomerados e tétrades.		
<b>Grão de Pólen</b> Palinomorfo terrestre produzido por gimnospermas e angiospermas.			Palinomorfo com morfologia complexa a simples, usualmente esférico a subsférico; ornamentação variada, pode apresentar aberturas. Podem ocorrer como aglomerados e tétrades.			
Microplâncton de água doce		<b>Botryococcus</b> Algas Chlorococcales	Colônias globulares irregulares; tamanho 30 a 2000 µm, algumas vezes com vários lóbulos; laranja-marrom. Ordoviciano-Recente.			
		<b>Pediastrum</b> Algas Chlorococcales	Algas verdes coloniais, radialmente simétricas; tamanho 30 a 2000 µm em diâmetro com dois chifres no anel mais externo das células. Células internas podem ser de forma irregular com espaços entre elas ou compactadas. Jurássico (?) - Recente.			
Microplâncton marinho		<b>Prasinófitas</b> Microfósseis produzidos por pequenas algas quadriflageladas.	Maioria, como Tasmanites, são esféricas; diâmetro 50 a 2000 µm. Existem espécies atuais de água doce. Pré-Cambriano-Recente.			
		<b>Acritarcos</b> Cistos fossilizados, unicelulares de parede orgânica. Não podem ser atribuídos a nenhum grupo conhecido de organismos.	São eucariontes e de pequena dimensão (5 a 150 µm). Possuem simetria, forma, estrutura e tipo de desenvolvimento da ornamentação bem variados. Surgiram no Pré-Cambriano, com auge no Ordoviciano-Devoniano.			

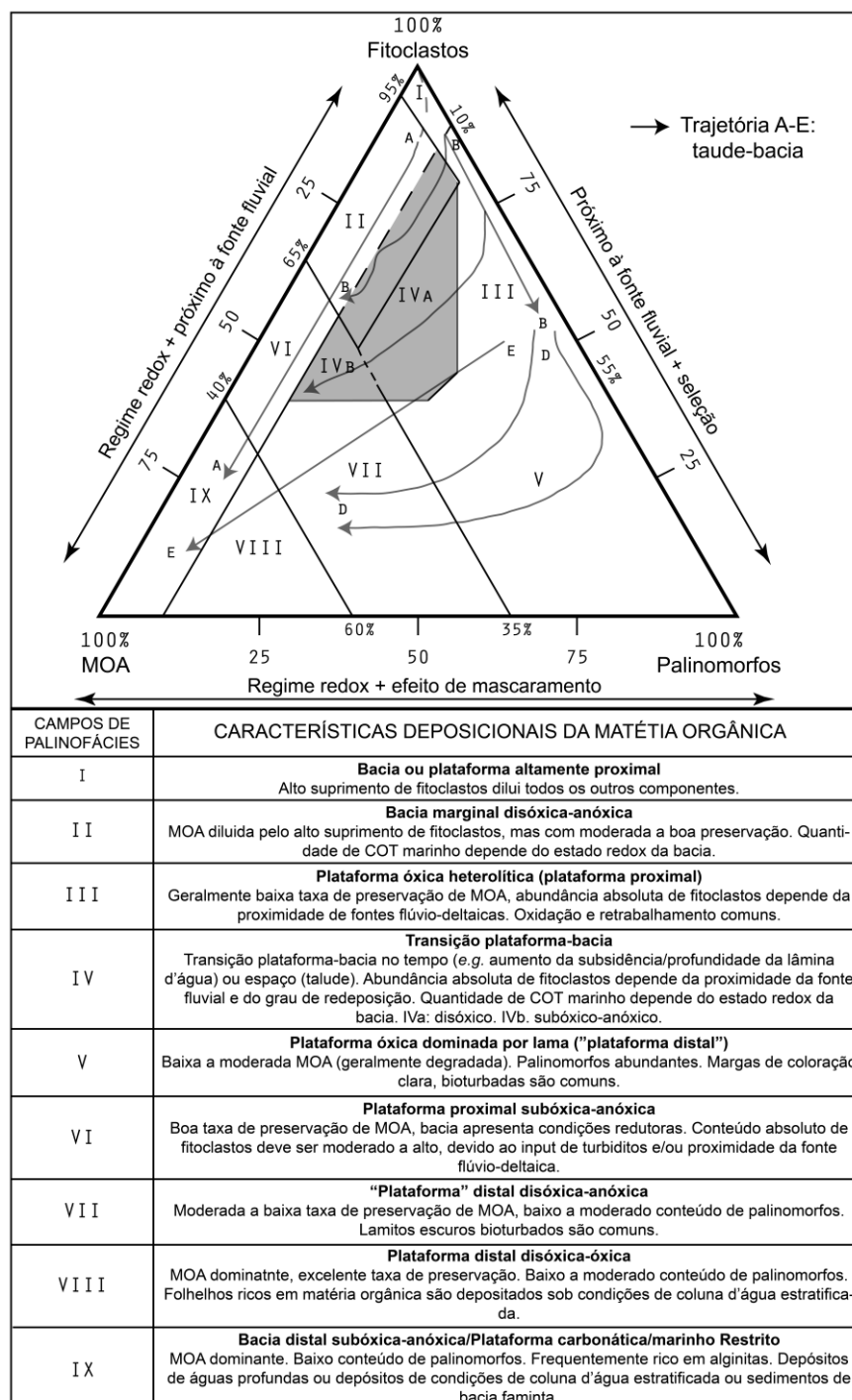
Em seguida, os valores absolutos são recalculados para valores percentuais e normalizados a 100%, e são plotados em diagramas ternários Fitoclasto-MOA-Palinomorfo (Figura 8). Estes diagramas utilizam a proporção de palinórfos, fitoclastos e matéria orgânica amorfa, para diferenciar as palinofácies com base em diferentes ambientes e suas condições de redução ou oxidação. Com isto, pode-se determinar as tendências proximal-distal, raseamento-aprofundamento, regressivas-transgressivas, eixos *onshore-offshore* e fornecer uma caracterização paleoambiental.

Segundo Tyson (1995) e Mendonça Filho (1999) os grupos de fitoclastos, matéria orgânica amorfa e palinórfos apresentam uma distribuição proporcional em relação ao ambiente deposicional. Assim, a abundância relativa de MOA é perfil de uma região referente à condição redutora e de baixa energia, pois ocorrem processos de diluição de palinórfos e fitoclastos (Mendonça Filho *et al.*, 2010). Sendo assim, associada a áreas afastadas de atividade flúvio-deltaica intensa.

Quanto à abundância de fitoclastos, estão associados às tendências proximal-distal e condições hidrodinâmicas, sendo assim, referentes a ambientes deposicionais oxidantes e proximais. Por exemplo, uma grande concentração de fitoclastos de tipo não-opacos e não bioestruturados podem ser correlacionados a ambientes fluviais. Já fitoclastos do tipo opacos são associados a ambientes mais distais ou de alta energia (deltas e plataformas proximais) (Mendonça Filho, 1999). Observa-se também, que a abundância de fitoclastos pode ser indicativa de condições oxidantes, tendo apenas o material mais refratário preservado (Tyson, 1989).

Por fim, a abundância dos palinórfos resulta na baixa proporção de matéria orgânica amorfa e fitoclastos, sendo referentes a ambientes de baixa energia e moderadamente oxidantes (Tyson, 1993). A abundância relativa e a variedade de esporófitos são controlados pela variação do nível relativo do mar, assim como, pela extensão da plataforma e pelas diferenças nas distâncias de transporte (Groot *et al.*, 1965 *apud* Mendonça Filho *et al.*, 2010). Já os microplânctons marinhos de parede orgânica estão associados à fácies mais distais. O diagrama ternário fitoclasto-MOA-palinomorfo foi

proposto por Menezes *et al.* (2008) com base em Tyson (1995), em que buscaram correlacionar os grupos e subgrupos do querogênio com o ambiente que foram depositados, assim como, as condições de redução ou oxidação.



**Figura 8.** Diagrama ternário Fitoclasto-MOA-Palinomorfos utilizado na definição de palinofácies em seções marinhas com os respectivos campos de paleoambiente correspondente à deposição de matéria orgânica (extraído de Mendonça Filho *et al.*, 2010 com base em Tyson, 1993).

## 4 RESULTADOS

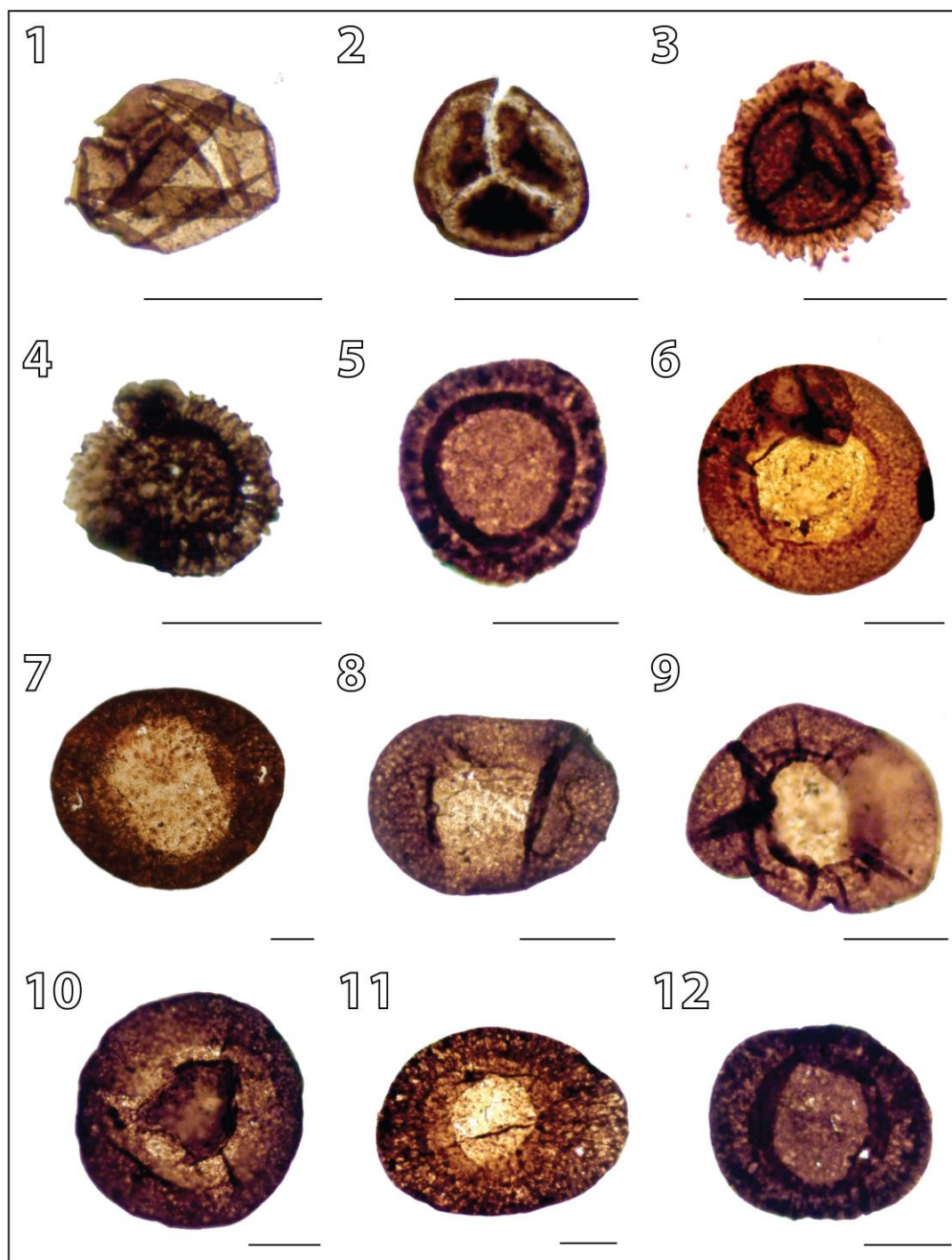
### 4.1 Taxonomia

Para esta análise foram selecionadas seis lâminas entre as profundidades 232,05 e 274,93 m. Foi registrado um total de 52 táxons de palinórfos, sendo 22 de esporos, 28 de grãos de pólen, 1 de alga e 1 de acritarco, conforme apresentado no Quadro 3, com a lista sistemática completa no apêndice A. A distribuição estratigráfica de cada táxon ao longo da seção estudada é apresentada no Quadro 4. Nas Figuras 9 e 10 estão representados alguns dos táxons encontrados nas lâminas.

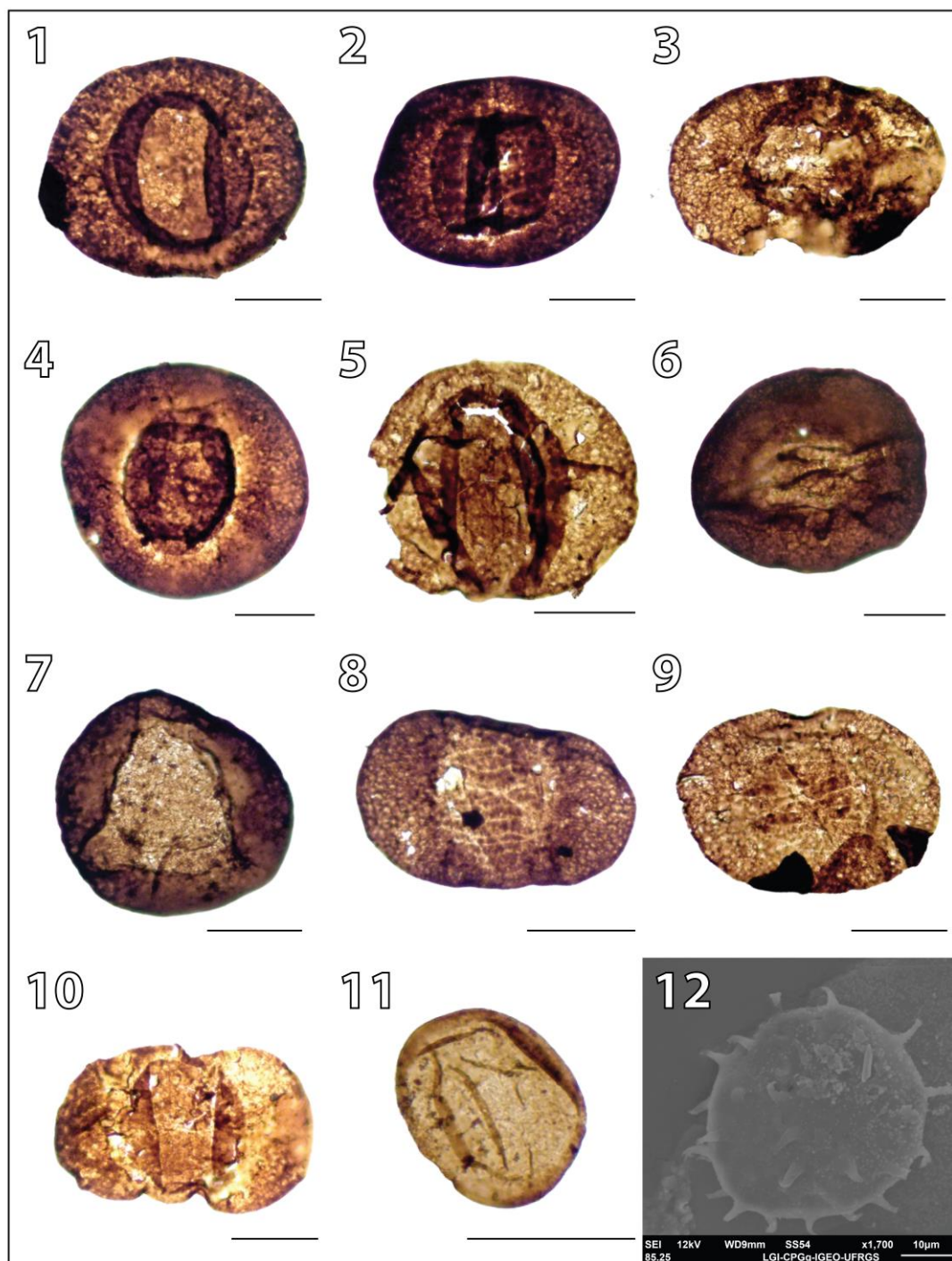
**Quadro 3.** Lista taxonômica dos palinórfos registrados no poço 1-UN-07-PI.

CONTEÚDO PALINOLÓGICO	
ESPOROS	
<i>Calamospora breviriadiata</i> Kosanke, 1950	<i>Plicatipollenites gondwanensis</i> (Balme & Hennelly) Lele, 1964
<i>Calamospora hartungiana</i> Schopf in Schopf, Wilson & Bental, 1944	<i>Plicatipollenites malabarensis</i> (Potonié & Sah) Foster, 1975
<i>Calamospora liquida</i> Kosanke, 1950	<i>Plicatipollenites densus</i> (Lele) Bose & Maheshwari, 1968
<i>Calamospora sinuosa</i> Leschik, 1955	<i>Circumplicatipollis plicatus</i> Ottone & Azcuy, 1988
<i>Calamospora</i> sp.	<i>Circumplicatipollis stigmatus</i> (Lele & Karim) Ottone & Azcuy, 1988
<i>Punctatisporites</i> sp.	<i>Costatascyclus crenatus</i> Felix & Burbridge <i>emend.</i> Urban, 1971
<i>Retusotriletes crassus</i> Clayton in Clayton, Johnston, Sevastopulo & Smith, 1980	<i>Potonieiporites neglectus</i> Potonié & Lele, 1961
<i>Retusotriletes nigritellus</i> (Luber) Foster, 1979	<i>Potonieiporites barrelis</i> Tiwari, 1965
<i>Retusotriletes</i> sp.	<i>Potonieiporites lelei</i> Maheshwari, 1967
<i>Granulatisporites austroamericanus</i> Archangelsky & Gamero, 1979	<i>Potonieiporites congoensis</i> Bose & Maheshwari, 1968
<i>Verrucosisorites</i> sp.	<i>Potonieiporites novicus</i> Bhardwaj <i>emend.</i> Poort & Velt, 1997
<i>Anapiculatisporites hystricosus</i> Playford, 1964	<i>Potonieiporites magnus</i> Lele & Karim, 1971
<i>Raistrickia</i> sp.	<i>Potonieiporites</i> sp.
<i>Cristatisporites</i> sp.	<i>Caheniasaccites flavatus</i> Bose & Kar <i>emend.</i> Azcuy & Di Pasquo, 2000
<i>Vallatisporites vallatus</i> (Hacquebard, 1957) Staplon & Jansonius, 1964	<i>Caheniasaccites ovatus</i> Bose & Kar <i>emend.</i> Gutiérrez, 1993
<i>Vallatisporites</i> sp.	<i>Caheniasaccites elongatus</i> Bose & Kar, 1966
<i>Indotriradites dolianitii</i> (Daemon) Loboziak <i>et al.</i> , 1999	<i>Caheniasaccites</i> sp.
<i>Indotriradites daemonii</i> Loboziak, Melo, Playford & Stree, 1999	<i>Vesicaspora</i> sp.
<i>Lycospora noctuina</i> Butterworth & Williams, 1958	<i>Divarisaccus stringoplicatus</i> Ottone, 1991
<i>Lycospora</i> sp.	<i>Stellapollenites talchirensis</i> Lele, 1965
<i>Spelaeotriletes arenaceus</i> Neves & Owens, 1966	<i>Striomonosaccites</i> sp. A in Playford & Dino, 2000
<i>Laevigatosporites</i> sp.	<i>Limitisporites</i> sp.
	<i>Protohaploxylinus amplus</i> (Balme & Hennelly) Hart, 1964
	<i>Protohaploxylinus</i> sp.
GRÃOS DE PÓLEN	ALGAS
<i>Cannanoropollis janakii</i> Potonié & Sah, 1960	<i>Leiosphaeridia</i> spp.
<i>Cannanoropollis mehta</i> (Lele) Bose & Maheshwari, 1968	
<i>Cannanoropollis perfectus</i> (Bose & Maheshwari) Dias-Fabricio, 1981	ACRITARCOS
<i>Cannanoropollis</i> sp.	<i>Michrhystridium</i> sp.





**Figura 9.** Fotomicrografias, estampa 1 (escala: 50  $\mu\text{m}$ ). 1. *Calamospora hartungiana*, MP-P 15424, F35/1; 2. *Retusotriletes nigrifellus*, MP-P 15424, E40/4; 3. *Vallatisporites vallatus*, MP-P 15424, J40/4; 4. *Indotriletes dolianitti*, MP-P 15424, E18/2; 5. *Plicatipollenites malabarensis*, MP-P 15424, H22/2; 6. *Plicatipollenites densus*, MP-P 15414, D24/4; 7. *Caheniasaccites* sp., MP-P 15416, S25/3; 8. *Vesicaspora* sp., MP-P 15424, X44/1; 9. *Caheniasaccites flavatus*, MP-P 15414, G19/2; 10. *Circumplicatipollis plicatus*, MP-P 15424, S44/3; 11. *Costatascyclus crenatus*, MP-P 15416, K21/4; 12. *Potonieisporites neglectus*, MP-P 15416, R30/1.



**Figura 10.** Fotomicrografias, estampa 2 (escala: 50  $\mu\text{m}$ ). 1. *Potoneiaporites* cf. *barrelis*, MP-P 15416, H27/4; 2. *Potoneiaporites congoensis*, MP-P 15416, P27/3; 3. *Potoneiaporites* cf. *lelei*, MP-P 15418, G31/4; 4. *Potoneiaporites neglectus*, MP-P 15424, C30/3; 5. *Potoneisporites* cf. *lelei*, MP-P 15418, G31/4; 6. *Divarisaccus stringoplicatus*, MP-P 15424, V24/3; 7. *Stellapollenites talchirensis*, MP-P 15424, F34/1; 8. *Striomonosaccites* sp. A Playford & Dino, 2000, MP-P 15416, D32/1; 9. *Striomonosaccites* sp. A Playford & Dino, 2000, MP-P 15416, D37/3; 10. *Limitisporites* sp., MP-P 15418, Q45/4; 11. *Leiosphaeridia* sp., MP-P 15424, H37/3; 12. *Micrhystridium* sp., MP-P 15416.



## 4.2 Palinofácies

Como afirmado anteriormente, o estudo palinofaciológico é realizado a partir da análise do percentual de MOA, fitoclastos e palinomorfos. Assim, observou-se que nos níveis analisados, o percentual de fitoclastos varia de 32% a 53%, com os palinomorfos apresentando um percentual inferior a 44% e a MOA inferior a 37% (Tabela 1). Em geral, quanto aos fitoclastos, predominam os opacos sobre os não opacos; com exceção do nível 6 (Tabela 2). Dentre os palinomorfos, predominam os esporomorfos com os esporos apresentando um percentual de 50% a 78% e grãos de pólen inferior a 44%, em todos os níveis (Tabela 3). As algas clorofíceas (<18%) apresentam a menor percentagem (1,17%) no nível 5.

Sobre os esporomorfos, é importante perceber o seu estado de preservação, neste caso, geralmente apresentam-se inteiros, com exceção dos níveis 3 e 4 onde ocorrem fragmentados. Porções das lâminas contêm elementos escuros/queimados, com a coloração variando de amarelo escuro a preto. Já as algas apresentam-se bem preservadas com coloração amarela. Por fim, os acritarcos não foram considerados na contagem devido ao seu registro ser observado apenas em Microscopia Eletrônica de Varredura.

**Tabela 1.** Percentual de MOA, fitoclastos e palinomorfos obtidos em cada nível analisado.

Nível	Profundidade (m)	Lâmina	MOA		FITOCLASTOS		PALINOMORFOS		TOTAL	
			n.	%	n.	%	n.	%	n.	%
1	274,93	MP-P 15424	82	23,73%	217	32,15%	133	44,12%	412	100%
2	274,70	MP-P 15422	135	30,29%	177	45,02%	171	24,69%	483	100%
3	274,38	MP-P 15420	180	29,97%	166	53,48%	129	16,55%	475	100%
4	274,05	MP-P 15418	125	37,89%	223	34,95%	69	27,16%	417	100%
5	232,55	MP-P 15416	146	27,95%	217	36,65%	119	35,40%	482	100%
6	232,05	MP-P 15414	107	19,90%	145	52,67%	199	27,43%	451	100%

**Tabela 2.** Percentual de fitoclastos opacos e não opacos, e a razão de fitoclastos opacos sobre não opacos em cada nível analisado.

Nível	Profundidade (m)	Lâmina	OPACOS		NÃO OPACOS		TOTAL		RAZÃO OPACOS/NÃO OPACOS
			n.	%	n.	%	n.	%	
1	274,93	MP-P 15424	103	51,72%	114	48,28%	217	100%	1,07
2	274,70	MP-P 15422	98	78,80%	79	21,20%	177	100%	3,72
3	274,38	MP-P 15420	151	53,81%	15	46,19%	166	100%	1,16
4	274,05	MP-P 15418	120	90,96%	103	9,04%	223	100%	10,06
5	232,55	MP-P 15416	171	55,37%	46	44,63%	217	100%	1,24
6	232,05	MP-P 15414	75	47,47%	70	52,53%	145	100%	0,90

**Tabela 3.** Percentual de palinórfos obtidos em cada nível analisado.

Nível	Profundidade (m)	Lâmina	ESPOROS		GRÃOS DE PÓLEN		ALGAS		TOTAL	
			n.	%	n.	%	n.	%	n.	%
1	274,93	MP-P 15424	61	78,39%	42	15,58%	10	6,03%	133	100%
2	274,70	MP-P 15422	102	68,91%	67	21,85%	2	9,24%	171	100%
3	274,38	MP-P 15420	65	50,72%	57	30,43%	7	18,84%	129	100%
4	274,05	MP-P 15418	35	50,39%	21	44,19%	13	5,43%	69	100%
5	232,55	MP-P 15416	82	59,65%	26	39,18%	11	1,17%	119	100%
6	232,05	MP-P 15414	156	53,98%	31	37,17%	12	8,85%	199	100%

## 5 DISCUSSÕES

### 5.1 Posicionamento Bioestratigráfico

Os intervalos estratigráficos obtidos em estudos anteriores realizados na Formação Piauí por Dino & Playford (2002), Souza *et al.* (2010) e Betella (2019) indicaram táxons característicos de duas zonas. A Zona *Illinites unicus* de Playford & Dino (2000a, 2000b) foi sugerida por Dino & Playford (2002) em uma porção referente ao poço 1-UN-23-PI, por encontrar associações de táxons característicos como *Illinites unicus*, *Cristatisporites*, *Vallatisporites* e *Spaeotriletes*, indicando idade Pennsylvaniana. Já Souza *et al.* (2010) e Betella (2019) atribuíram a Zona *Raistrickia cephalata* de Playford & Dino (2000a, 2000b) ao analisar 12 níveis referentes ao poço 1-UN-09-PI, devido ao registro da espécie *Raistrickia cephalata*, indicando idade Moscoviano Superior, Pennsylvaniano.

Com base no zoneamento proposto por Playford & Dino (2000a, 2000b) para a Bacia do Amazonas, os resultados taxonômicos do presente trabalho indicam as zonas *Striomonosaccites incrassatus*, *Illinites unicus*, *Striatosporites heyleri* e *Raistrickia cephalata* (Figura 11). As zonas sugeridas são referentes a Formação Itaituba e a Formação Nova Olinda da Bacia do Amazonas, indicando idade Moscoviano, Pennsylvaniano Médio, compreendido entre  $307.0 \pm 0.1$  e  $315.2 \pm 0.2$  Ma.

Playford & Dino (2000b) descreveram a Zona *Striomonosaccites incrassatus* como tendo sua base definida pelo aparecimento dos táxons *Illinites unicus*, *Striomonosaccites incrassatus*, *Mabuitasaccites crucistriatus* e *Meristocarpus explicatus*. O topo da zona é marcado pelo desaparecimento de *Costatacyclus crenatus* e *Potonieisporites seorsus*. Já a Zona *Illinites unicus* como principalmente distinguida por apresentar os táxons: *Illinites unicus* (abundante), *Spelaeotriletes triangulus*, *Spelaeotriletes arenaceus*, *Endosporites globoformis* e formas atribuíveis principalmente a *Vallatisporites* e *Cristatisporites*. A zona apresenta seu limite inferior definido pela entrada

de *Barakarites rotatus*, *Cycadopites* sp. cf. *C. follicularis* e *Vallatisporites arcuatus*. O topo desta é marcado pelo aparecimento de várias espécies distintas que caracterizam a Zona *Striatosporites heyleri*.

A Zona *Striatosporites heyleri* foi descrita como tendo sua base definida pelo aparecimento das espécies *Striatosporites heyleri* e *Apiculatasporites daemonii*, sendo espécies características da zona junto de *Illinites unicus* e uma diversidade de grãos de pólen bissacados teniados e não-teniados. O topo da zona é marcado pelo aparecimento de *Raistrickia cephalata* e *Peppersites ellipticus* que caracterizam a zona adjacente. Por fim, a Zona *Raistrickia cephalata* tem sua base definida pelo aparecimento inicial dos táxons: *Raistrickia cephalata*, *Peppersites ellipticus*, *Potonieisporites pyriferus*, *Limitisporites amazonensis*, *Lunatisporites onerosus* e *Polarisaccites bilateralis*. Já o limite superior é marcado pelo desaparecimento dos táxons *Raistrickia cephalata*, *Protohaploxylinus amplus*, *Peppersites ellipticus*, *Striomonosaccites incrassatus* e *Apiculatasporites daemonii*.

Dessa forma, o critério utilizado para definição do posicionamento bioestratigráfico foi o registro do táxon *Potonieisporites congoensis*, indicativo de uma zona de amplitude total do táxon, pois não foi identificado nenhum táxon guia das zonas. Com base no zoneamento proposto por Playford & Dino (2000b), este táxon ocorre nas zonas *Striomonosaccites incrassatus*, *Illinites unicus*, e com ocorrência escassa/intermitente na Zona *Raistrickia cephalata*. De acordo Playford & Dino (2000b), o táxon *Costatascyclus crenatus* tem registro até o topo da Zona *Striomonosaccites incrassatus*; porém, como observados no presente estudo e no refinamento bioestratigráfico proposto por UFRGS (2014, inédito), este táxon apresenta uma maior amplitude, ocorrendo até o topo da Zona *Vittatina costabilis*.

FORMAÇÕES	MONTE ALEGRE	ITAITUBA	NOVA OLINDA		ANDIRÁ		
<i>Waltzispora polita</i>	-----						
<i>Lophotriletes lentiginosus</i>	=====						
<i>Potonieisporites marleniae</i>	=====						
<i>Costatascyclus crenatus</i>	=====	=====	=====	=====	=====	=====	
<i>Protohaploxypinus amplus</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
<i>Spelaeotriletes triangulus/arenaceus</i>	=====	=====	-----	-----	-----	-----	
<i>Striomonosaccites ovatus</i>	=====	=====	=====	=====	=====	=====	
<i>Potonieisporites novicus</i>	=====	=====	=====	=====	=====	=====	
<i>Caheniasaccites ovatus</i>	=====	=====	=====	=====	=====	=====	
<i>Plicatipollenites malabarensis</i>	=====	=====	=====	=====	=====	=====	
<i>Cannanoropollis korbaensis</i>	=====	=====	=====	=====	=====	=====	
<i>Laevigatosporites vulgaris</i>	=====	=====	=====	=====	=====	=====	
<i>Potonieisporites</i> spp.	=====	=====	=====	=====	=====	=====	
<i>Florinites occultus</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
<i>Florinites pellucidus</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
<i>Potonieisporites seorsus</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
<i>Potonieisporites elegas</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
<i>Cannanoropollis janakii</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
<i>Meristocarpus explicatus</i>	=====	=====	-----	-----	-----	-----	
<i>Mabutasaccites crucistriatus</i>	=====	=====	-----	-----	-----	-----	
<i>Striomonosaccites incrassatus</i>	=====	=====	-----	-----	-----	-----	
<i>Illinites unicus</i>	=====	=====	-----	-----	-----	-----	
<i>Potonieisporites congoensis</i>	=====	=====	-----	-----	-----	-----	
<i>Limitsporites scitulus</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
<i>Vallatisporites arcuatus</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
<i>Barakarites rotatus</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
<i>Endosporites globiformis</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
<i>Cycadopites</i> sp. cf. <i>C. follicularis</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
<i>Crucisaccites</i> sp. cf. <i>C. latisulcatus</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
<i>Striatosporites heyleri</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
<i>Apiculatasporites daemonii</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
<i>Striatopodocarpites</i> spp.	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
<i>Potonieisporites pyriferus</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
<i>Lunatisporites onerosus</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
<i>Polarisaccites bilateralis</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
<i>Raistrickia cephalata</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
<i>Peppersites ellipticus</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
<i>Limitsporites amazonensis</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
<i>Portallites gondwanensis</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
<i>Vittatina costabilis</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
<i>Vittatina saccata</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
<i>Vittatina subsaccata</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
<i>Vittatina vittifera</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
<i>Lueckisporites virkkiae</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
<i>Corisaccites alutas</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
<i>Hamiapollenites andiraensis</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
<i>Hamiapollenites karrooensis</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
<i>Hamiapollenites fusiformis</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
<i>Pakhapites fusus</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
<i>Laevigatosporites minor</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
<i>Thymospora obscura</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
<i>Verrucosiporites insuetus</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
<i>Tornopollenites toreutos</i>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
<b>PALINOZONAS</b>	<i>Spelaeotriletes triangulus</i>	<i>Striomonosaccites incrassatus</i>	<i>Illinites unicus</i>	<i>Striatosporites heyleri</i>	<i>Raistrickia cephalata</i>	<i>Vittatina costabilis</i>	<i>Tornopollenites toreutos</i>

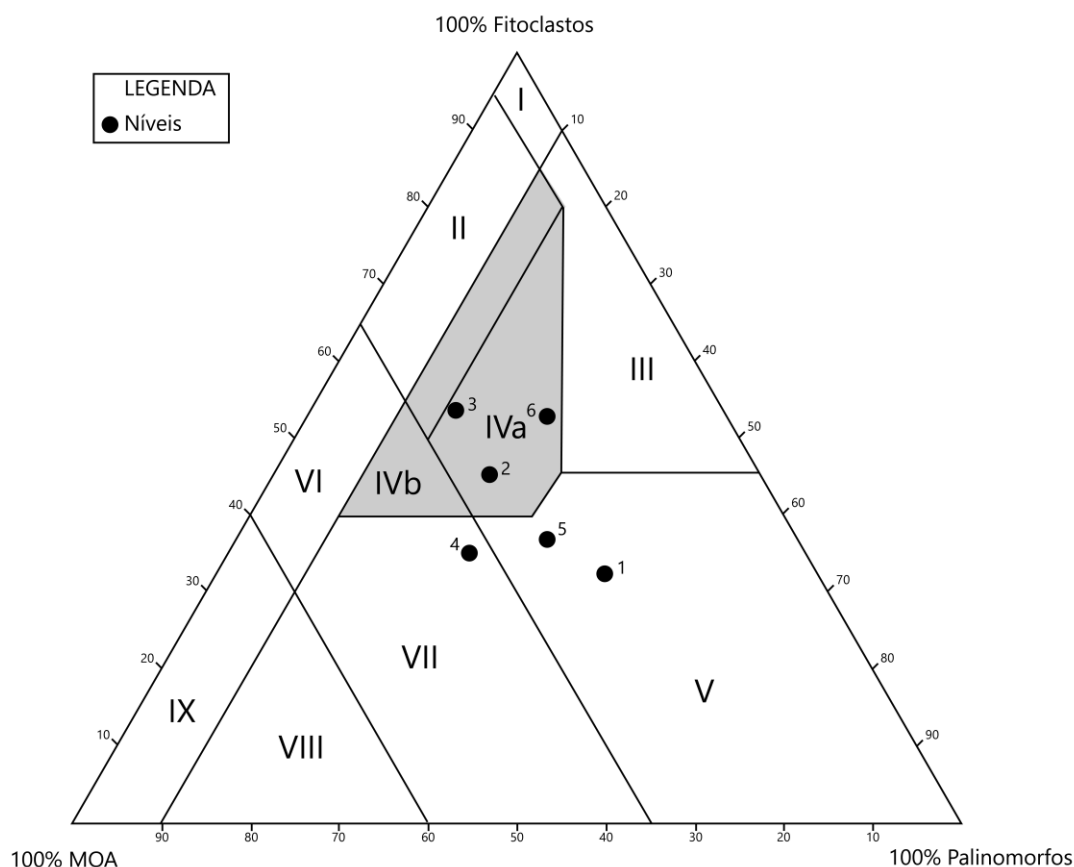
**Figura 11.** Quadro de distribuição de táxons modificado de Playford & Dino (2000b) com os táxons registrados no presente estudo realçados. Em verde o táxon que apresenta um aumento de amplitude.

## 5.2 Paleoambiente

Estudos prévios da formação (Lima Filho, 1991) retratam um ambiente desértico associado a depósitos deltaicos menos relevantes, com possíveis ocorrências de *sabkhas* costeiros; com o topo da formação sendo marcado por um ambiente marinho raso. No entanto, para a porção inferior Abelha (2008) sugere um ambiente continental marcado por depósitos fluviais. Já Barbosa *et al.* (2016) observaram que a Formações Piauí e a porção basal da Pedra de Fogo compreendem uma sequência deposicional composta por depósitos fluviais que são seguidos por um sistema marinho raso estabelecido durante uma fase transgressiva que progride para um sistema deltaico. Por fim, a interpretação paleoambiental obtida por Betella (2019) sugere um ambiente plataformal raso que evolui para planícies de maré e *sabkhas*, configurando um aumento na aridez na porção superior do intervalo estudado.

Os valores percentuais de MOA, fitoclastos e palinórfos foram plotados no diagrama ternário proposto por Menezes *et al.* (2008), resultando na relação talude → bacia (Figura 12):

- Os níveis 2, 3 e 6 estão inseridos no **Campo IVa**, que é referente a um paleoambiente **transicional plataforma-bacia**. Neste caso, há um maior aporte de fitoclastos em relação aos demais elementos, geralmente sob condições oxidantes.
- Os níveis 1 e 5 estão inseridos no **Campo V**, que é indicativo de uma **plataforma óxica dominada por lama (“plataforma distal”)**. Neste caso, há palinórfos abundantes e um percentual baixo a moderado de MOA, apresentando-se geralmente degradada.
- O nível 4 está inserido no **Campo VII**, que implica em uma **“plataforma” distal disóxica-óxica**. Neste caso, há um percentual baixo a moderado de palinórfos e uma taxa moderada a boa de preservação de MOA.

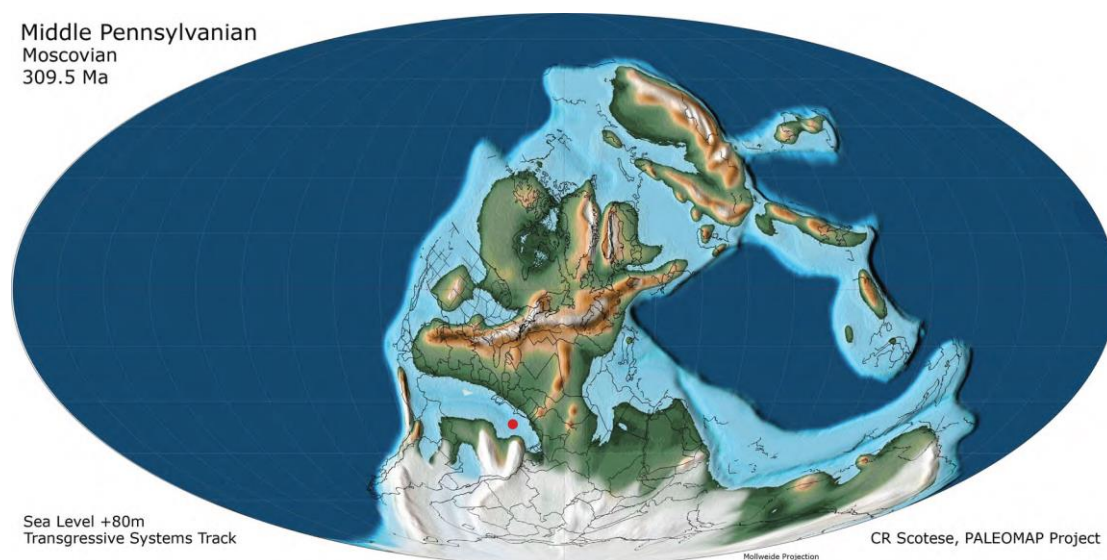


**Figura 12.** Diagrama ternário fitoclasto-MOA-palinomorfos para o intervalo 232,05 a 274,93 metros do poço 1-UN-07-PI. Os níveis amostrados estão representados pelos números 1 a 6, do topo para a base do intervalo (modificado de Menezes *et al.*, 2008).

Estes dados indicam uma alternância de condições transicionais de plataforma-bacia e distais. Os níveis 2, 3 e 6 apontam para um ambiente “mais proximal” em relação aos níveis 1, 4 e 5, com maior aporte fitoclastos. Em geral, os níveis indicam um ambiente de baixa energia com pouco transporte, apresentando-se bem preservado; com exceção dos níveis 3 e 4 que estão mal preservados. Os níveis 1 e 5 compreendem uma plataforma óxica dominada por lama (Campo V), ou seja, a coluna d’água oxigenada ou sedimento engloba mais de 2,0 ml de oxigênio por 1 litro de água (Tyson & Pearson, 1991 *apud* Macedo Neto, 2006).

O nível 4 está inserido numa plataforma distal disóxica-óxica (Campo VII) com alta razão de fitoclastos opacos sobre não opacos, indicando um ambiente mais oxidante. Este nível também é indicativo de um ambiente mais distal, devido à alta razão de matéria orgânica amorfa e fitoclastos,

predominando os opacos. Por fim, os níveis referentes ao Campo IVa (2, 3 e 6) do diagrama ternário proposto por Menezes *et al.* (2008), estão compreendidos em um ambiente de transição plataforma-bacia com abundância de fitoclastos, indicando proximidade da fonte fluvial. Estes apresentam condições disóxicas de deposição, ou seja, a coluna de água oxigenada ou sedimento apresenta entre 0,2 e 2,0 ml de oxigênio por 1 litro de água (Tyson & Pearson, 1991 *apud* Macedo Neto, 2006). Essas interpretações são corroboradas pelos estudos realizados por Abelha (2008) e Betella (2019), podendo ser encontradas em sistemas deposicionais plataformais rasos. Podemos observar isto na reconstrução paleogeográfica para o Moscoviano (Scotese, 2014) onde a bacia apresenta um contexto de mar restrito a raso (Figura 13).



**Figura 13.** Reconstrução Paleogeográfica do período Moscoviano, com a localização do poço estudado representado pelo círculo vermelho no mapa (extraído de Scotese, 2014).

Foi registrado no presente estudo cistos de algas da divisão Chlorophyta, como *Leiosphaeridia*, que também foi observado por Betella (2019) na porção basal da Formação Piauí. De acordo com Guy-Ohlson (1996) tanto os fósseis destas algas como as modernas, ocorrem desde ambientes costeiros, lagoas rasas e áreas deltaicas, como em sedimentos oceânicos. Assim, Prauss & Riegel (1989 *apud* Guy-Ohlson 1996) propuseram que a distribuição e condições



paleogeográficas/paleoclimatológicas dos depósitos fósseis de ficomasas prasinófitas, foram promovidas por temperaturas baixas e pelo decréscimo da salinidade das águas. Desta forma, pode-se dizer que a ocorrência de *Leiosphaeridia* no material analisado indica deposição em corpo d'água com registro de salinidade.

As lâminas analisadas no presente estudo apresentam uma associação rica em palinóforos, principalmente elementos continentais, indicando uma macroflora terrestre para o período e condições paleoclimáticas mais úmidas. Foram registradas espécies de esporos que possuem afinidade paleobotânica com grupos representantes de plantas vasculares, com Sphenophyta (*Calamospora* e *Laevigatosporites*), Lycophyta (*Spaleotriletes*, *Cristatisporites* e *Vallatisporites*), Filicophyta (*Granulatisporites*, *Verrucosisporites* e *Punctatisporites*). Os dois primeiros grupos florescem em ambientes higrófilos (lugares úmidos) e o terceiro em mesófilos (ambientes relativamente úmidos). Quanto aos grãos de pólen monossacados, como os gêneros *Caheniasaccites*, *Cannanoropollis*, *Plicatipollenites*, *Potonieisporites*, *Limitisporites* e *Costatacycclus*, apresentam afinidade botânica a gimnospermas como Coniferophyta, Cordaitophyta e Pteridospermophyta. De acordo com Knoll & Nicklas (1987 *apud* Cazzulo-Klepzig *et al.*, 2005) estas crescem em ambientes xerófilos (locais secos) e mesófilos. Por fim, algas e acritarcos como *Leiosphaeridia* e *Micrhystridium*, ocorrem em ambientes hidrófilos (exclusivamente aquáticos). Estes dados são corroborados pelo estudo de Betella (2019) que observou na base da formação, o predomínio de elementos continentais referente a uma macroflora de ambientes de climas mais úmidos, como higrófilos e hidrófilos. Há também a presença de uma macroflora de ambientes mais secos, como mesófilos e xerófilos.

## 6 CONCLUSÃO

Em geral, nas lâminas analisadas são encontrados majoritariamente esporos, já quanto aos grãos de pólen predominam os monossacados. Os palinomorfos apresentam-se geralmente bem preservados, com coloração escura ou queimados. Há também a ocorrência de algas e acritarcos no material.

Os dados obtidos a partir da taxonomia indicam as zonas *Striomonosaccites incrassatus*, *Illinites unicus*, *Striatosporites heyleri* e *Raistrickia cephalata* (Playford & Dino 2000a, b), devido ao registro do táxon *Potonieisporites congoensis*. Estas zonas são referentes a base da Formação Itaituba até a porção central da Formação Nova Olinda, apresentando idade Moscoviano, Pennsylvaniano Médio.

Quanto à interpretação paleoambiental, foi possível correlacionar os resultados palinofaciológicos com os modelos paleoambientais existentes. Estes indicam uma alternância de condições transicionais de plataforma-bacia e distais dentro de um sistema plataformar. A presença de *Leiosphaeridia* no material estudado indica deposição em corpo d'água com alguma salinidade, pois estas decorrem de ambientes costeiros, lagoas rasas, áreas deltaicas, e em sedimentos oceânicos. Assim, pode-se dizer com base no presente estudo e anteriores que porções inferiores da Formação Piauí representam uma plataforma rasa com indício de proximidade da fonte fluvial.

Foram registradas espécies de esporos que possuem afinidade paleobotânica com Sphenophyta, Lycophyta e Filicophyta. Os grãos de pólen monossacados encontrados apresentam afinidade botânica a gimnospermas como Coniferophyta, Cordaitophyta e Pteridospermophyta. Esta macroflora ocorre em ambientes mais úmidos, como higrófilos e hidrófilos; porém, há a ocorrência de uma macroflora de ambientes mesófilos e xerófilos.

Para estudos futuros, é sugerido analisar o restante das lâminas palinológicas do poço, para o melhor refinamento bioestratigráfico e

interpretação paleoambiental da Formação Piauí. Além de analisar o Índice de Coloração de Esporos (ICE) para avaliar o estado de maturação térmica das amostras. Assim como, mais estudos de caráter palinológico para o intervalo Pennsylvaniano-Permiano da Bacia do Parnaíba, para contribuir com dados taxonômicos e bioestratigráficos.

## REFERÊNCIAS

ABELHA, M. 2008. **Análise faciológica da Formação Piauí da porção basal da Formação Pedra de Fogo (Bacia do Parnaíba) no testemunho de sondagem do poço 1-UN-09-PI.** Rio de Janeiro, 75p. Monografia de Conclusão de Curso, Curso de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ.

ALMEIDA, F.F.M., CARNEIRO, C.D.R. Inundações marinhas fanerozóicas no Brasil e recursos minerais associados. *In: MANTESSO-NETO, V., BARTORELLI, A., CARNEIRO, C.D.R., BRITO-NEVES, B.B. (Org.). Geologia do continente sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida.* São Paulo: Beca, 2004. p.43-59.

ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. 2017. **Bacia do Parnaíba – Sumário Geológico e Setores em Oferta.** Elaborado por: Daniela Brito de Araújo. Brasil 14º Rodada – Licitações de Petróleo e Gás. ANP, 21p.

ANTUNES, R.L. 2011. Micropaleontologia e Interpretações Paleoambientais. *In: CARVALHO, I. S. Paleontologia: microfósseis e paleoinvertebrados.* 2vol. 3. ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, p. 235-253.

ANTUNES, R.L. & AZEVEDO, R.L. 2011. Micropaleontologia e Bioestratigrafia na Indústria do Petróleo. *In: CARVALHO, I.S. Paleontologia: microfósseis e paleoinvertebrados.* 2vol. 3. ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, p. 3-33.

ARENILLAS, I. 2002. Bioestratigrafía: limitaciones y ventajas de los microfósiles. *In: MOLIA, E. Micropaleontología.* 1 ed. Editor Eustáquio Molina, p. 571-590.

ARMSTRONG, H.A. & BRASIER, M.D. 2005. Spores and pollen. *In: ARMSTRONG, H.A. & BRASIER, M.D. Microfossil.* 2 ed. Blackwell Publishing, Part 3. p. 104-125.

BARBOSA, É.N., CÓRDOBA, V.C., SOUSA, D. do C. 2016. **Stratigraphic evolution of the Upper Carboniferous-Lower Triassic Sequence, Parnaíba Basin, Brazil**. Brazilian Journal of Geology, 46(2): 181-198.

BARTH-SCHATZMAYR, O.M. & BARROS, M.A. 2011. Palinologia. *In*: CARVALHO, I.S. **Paleontologia: microfósseis e paleoinvertebrados**. 2vol. 3. ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, p. 181-194.

BETELLA, C.M. 2019. **Palinologia da Formação Piauí (Pennsylvaniano), Grupo Balsas, Borda Leste da Bacia do Parnaíba: Palinoestratigrafia e Paleoambientes**. Porto Alegre, 53p. Monografia de Conclusão de Curso, Curso de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

CAZZULO-KLEPZIG, M., MENEGAT, R., GUERRA-SOMMER, M. 2005. **Palynology and palaeobotany in the reconstruction of landscape units from the Candiota coalfields, Permian of Paraná Basin, Brazil**. Revista Brasileira de Paleontologia, 8(1): 83-98.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. 1975. **Projeto Carvão da Bacia do Parnaíba**. 5 v. Recife, DNPM/CPRM, 35p.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. 1978. **Projeto estudo global dos recursos minerais da Bacia Sedimentar do Parnaíba - integração geológica-metalogenética**. 2 v. Recife, DNPM/CPRM, 341p.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. 2006. **Mapa Geológico do Estado do Piauí**. Piauí, Ministério de Minas e Energias, Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, Ministério de Minas e Energias, escala 1:1.000.000.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. 2012. **Mapa Geológico e Recursos Minerais do Estado do Maranhão**. Belém, Ministério de Minas e Energias, Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral, Ministério de Minas e Energias, escala 1:750.000.

CRUZ, N.M.C. 2011. Paleopalínologia. *In*: CARVALHO, I.S. **Paleontologia: microfósseis e paleoinvertebrados**. 2vol. 3. ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, p. 195-207.

DEDAVID, A.B., GOMES, I.C., MACHADO, G. 2007. **Microscopia eletrônica de varredura: aplicações e preparo de amostras: materiais poliméricos, metálicos e semicondutores**. Porto Alegre, EDIPUCRS, 60p.

DE MIRANDA, F.S., VETTORAZZI, A.L., CUNHA, P.R.C., ARAGÃO, F.B., MICHELON, D., CALDEIRA, J.L., PORSCHE, E., MARTINS, C., RIBEIRO, R.B., VILELA, A.F., CORRÊA, J.R., SILVEIRA, L.S., ANDREOLA, K. 2018. **Atypical igneous-sedimentary petroleum systems of the Parnaíba Basin, Brazil: seismic, well logs and cores**. The Geological Society, London, Special Publications, 472.

DERBY, O.A. 1884. Estructura Geológica e mineraes. *In*: WASPPAEUS, J.E. **A geographia física do Brasil**. Rio de Janeiro, G. Lenzinger, p. 43-59.

DINO, R. & PLAYFORD, G. 2002. **Stratigraphic and palaeoenvironmental significance of a Pennsylvanian (Upper Carboniferous) palynoflora from the Piauí Formation, Parnaíba Basin, northeastern Brazil**. *Paleontological Research*, 6(1): 23-40.

FÉLIX, C.M. 2012. **Nova abordagem para o tratamento taxonômico de determinadas espécies de palinórfos do Paleozoico Superior do Gondwana, com ênfase na Bacia do Paraná, Brasil**. Porto Alegre, 227 p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

FÉLIX, C.M., BOARDMAN, D.R., PREMAOR, E., OLIVEIRA, E.J., BENDER, R.R., SCOMAZZON, A.K., SOUZA, P.A. 2022. **Os microfósseis e a história da Bacia do Parnaíba durante o Pennsylvânico e o Permiano: idades e ambientes sedimentares revelados pelos palinórfos**. *Revista da Academia de Ciências do Piauí*, 3(3): 242-256.

GÓES, A.M. 1995. **Formação Poti (Carbonífero inferior) da Bacia do Parnaíba**. São Paulo, 171p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

GÓES, A.M.O. & FEIJÓ, F.J. 1994. **Bacia do Parnaíba**. Boletim de Geociências da PETROBRAS, 8 (1): 57-67.

GÓES, A.M.O., SOUZA, J.M.P., TEIXEIRA, L.B. 1989. **Estágio exploratório e perspectivas petrolíferas da Bacia do Parnaíba**. In: Seminário de Interpretação Exploratória (SINTEX). Rio de Janeiro, 1989, PETROBRAS, p. 25-34.

HENRIQUES, R.L. 2019. **Utilização da Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) para avaliação da ação de cloretos em compostos de matriz cimentícia**. Belo Horizonte, 56p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais.

LIMA FILHO, F.P. 1991. **Fácies e ambientes deposicionais da Formação Piauí (Pensilvaniano), Bacia do Parnaíba**. São Paulo, 148 p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

MACEDO NETO, H. P. 2006. **Estudo organofaciológico em rochas geradoras marinhas Neocretáceas da Formação Tetuan, Bacia do Vale superior do Magdalena, Colômbia: Implicações para geração de petróleo e caracterização paleoambiental**. Rio de Janeiro, 121p. Monografia de Conclusão de Curso, Curso de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

MEDEIROS, R.S.P. 2015. **Depósitos carbonáticos-siliciclásticos da porção superior da Formação Piauí, carbonífero da bacia do Parnaíba, região de José de Freitas - PI**. Belém, 90p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará.

MENDONÇA FILHO, J.G. 1999. **Aplicação de estudos de palinofácies e fácies orgânica em rochas do Paleozóico Superior da bacia do Paraná, sul do Brasil**. Porto Alegre, 324 p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MENDONÇA FILHO, J.G., CARVALHO M.A., MENEZAS T.R. 2002. Palinofácies. *In*: DUTRA, T.L. (ed.). **Técnicas e Procedimentos para o Trabalho com Fósseis e Formas Modernas Comparativas**. Unisinos, 1: 20-24.

MENDONÇA FILHO, J.G., MENEZES, T.R., MENDONÇA, J.O., OLIVEIRA, A.D., CARVALHO, A., SANTANA, A.J., SOUZA, J.T. 2010. Palinofácies. *In*: CARVALHO, I.S. **Paleontologia: conceitos e métodos**. 1 vol. 3. ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, p. 289-323.

MENEZES, T.R., MENDONÇA FILHO, J.G., ARAUJO, C.V., SOUZA, I.V.A.F., MENDONÇA, J.O. 2008. **Fácies orgânica: conceitos, métodos e estudos de casos na indústria do petróleo**. Revista Brasileira de Geociências, 38 (2): p. 80-96.

MICHELS, F.H. 2017. **Análise Palinoestratigráfica e Paleoambiental de depósitos Aptianos-Albianos (Cretáceo Inferior) da Bacia do Espírito Santo, Brasil**. Porto Alegre, 112. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

NASC (North American Commission on Stratigraphic Nomenclature). 2005. **North American Stratigraphic Code**. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 89(11):1547-1591.

GUY-OHLSON, D. 1996. Prasinophycean algae. *In*: Jansonius, J. & McGregor, D.C. (ed.). **Palynology: principles and applications**. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, Vol. 1, p. 181-189.

PLAYFORD, G. & DINO, R. 2000. **Palynostratigraphy of upper Palaeozoic strata (Tapajós Group), Amazonas Basin, Brazil: Part One**. Palaeontographica Abteilung B, p. 1-46.

PLAYFORD, G. & DINO, R. 2000. **Palynostratigraphy of upper Palaeozoic strata (Tapajós Group), Amazonas, Brazil: Part Two**. Palaeontographica Abteilung B, p. 87-145.



QUADROS, L.P. de & MELO, J.H.G. 1987. **Método prático de preparação palinológica em sedimentos do Pré-Mesozóico**. Boletim de Geociências da PETROBRAS, 1,(2): 205-214.

ROHN, R. 2010. Uso estratigráfico dos fósseis e tempo geológico. *In*: CARVALHO, I.S. **Paleontologia: conceitos e métodos**. 3 ed. Rio de Janeiro: Interciência, p. 79-90.

SCOTSESE, C.R. 2014. **Atlas of Permo-Carboniferous Paleogeographic (Maps Mollweide Projection)**, Maps 53 – 64, Volumes 4, The Late Paleozoic, PALEOMAP Atlas for ArcGIS, PALEOMAP Project, Evanston, IL. 2014.

SEYVE, C. 1990. **Introdução à Micropaleontologia**. Angola, Elf Aquitaine Angola, 231 p.

SOUZA, P.A., MATZEMBACHER, L.T., ABELHA, M., BORGHI, L. 2010. **Palinologia da Formação Piauí, Pensilvaniano da Bacia do Parnaíba: biocronoestratigrafia de intervalo selecionado do poço 1-UN-09-PI (Caxias, MA, Brasil)**. Revista Brasileira de Paleontologia, 13 (1): 57-66.

TYSON, R.V. 1989. **Late Jurassic palynofacies trends, Piper and Kimmeridge Clay Formations, UK onshore and offshore**. *In*: Batten, D.J. and Keen, M.C. (eds) Northwest European Micropalaeontology and Palynology. British Micropalaeontological Society Series, Ellis Horwood, Chichester, p. 135-172.

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

TYSON, R. 1995. **Sedimentary Organic Matter. Organic facies and palynofacies**. Londres: Chapman & Hall, 615p.

UFRGS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2022. **Micropaleontologia das bacias Amazonas e Solimões refinamento biocronoestratigráfico da seção pensilvaniana e permiana com base em palinologia, fusilinídeos e conodontes**. Porto Alegre, Revista da Academia de Ciências do Piauí, Volume 3, Número 3, pág. 242-256.

VAZ, P.T., REZENDE, N.G.A.M., FILHO, J.R.W., TRAVASSOS, W.A.S. 2007. **Bacia do Parnaíba**. Boletim de Geociências da PETROBRAS, 15 (2): p. 253-263.

VIANA, M.S.S. 2010. Estudando a Geoquímica dos Fósseis. *In*: CARVALHO, I.S. **Paleontologia: conceitos e métodos**. 1 vol. 3. ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, p. 53-64.

VIEIRA, L.V., SCHERER, C.M. dos S. 2017. **Facies architecture and high resolution sequence stratigraphy of an aeolian, fluvial and shallow marine system in the Pennsylvanian Piauí Formation, Parnaíba Basin, Brazil**. Journal of South American Earth Sciences, 76 (2): 238-256.

## APÊNDICE

APÊNDICE A - Lista Taxonômica Sistemática Completa.

### ESPOROS

Anteturma PROXIMEGERMINANTES Potonié, 1970

Turma TRILETE Reinsch *emend.* Dettmann, 1963

Suprasubturma ACAVATITRILETES Dettmann, 1963

Subturma AZONOTRILETES Luber *emend.* Dettmann, 1963

Infraturma LAEVIGATI Bennie & Kidston *emend.* Potonié, 1956

Gênero *Calamospora* Schopf, Wilson & Bentall, 1944

*Calamospora breviradiata* Kosanke, 1950

*Calamospora hartungiana* Schopf em Schopf, Wilson & Bentall, 1944

*Calamospora liquida* Kosanke, 1950

*Calamospora sinuosa* Leschik, 1955

*Calamospora* sp.

Gênero *Punctatisporites* Ibrahim, 1933

*Punctatisporites* sp.

Infraturma RETUSOTRILETI Strel em Becker, Bless, Strel & Thorez, 1974

Gênero *Retusotriletes* Naumova, 1953

*Retusotriletes crassus* Clayton em Clayton, Johnston, Sevastopulo & Smith, 1980

*Retusotriletes nigritellus* (Luber) Foster, 1979

*Retusotriletes* sp.

Infraturma APICULATI Bennie & Kidston *emend.* Potonié, 1956

Subinfraturma GRANULATI Dybová & Jachowicz, 1957

Gênero *Granulatisporites* Ibrahim, 1933 *emend.* Potonié & Kremp, 1954

*Granulatisporites austroamericanus* Archangelsky & Gamero, 1979

Subinfraturma VERRUCATI Dybová & Jachowicz, 1957

Gênero *Verrucosisporites* Ibrahim, 1933 *emend.* Smith & Butterwirth, 1967

*Verrucosisporites* sp.

Subinfraturma NODATI Dybová & Jachowicz, 1957

Gênero *Anapiculatisporites* Potonié & Kremp, 1954

*Anapiculatisporites hystricosus* Playford, 1964

Subinfraturma BACULATI Dybová & Jachowicz, 1957

Gênero *Raistrickia* Schopf, Wilson & Bentall, 1944 *emend.* Potonié & Kremp, 1954

*Raistrickia* sp.

Suprasubturma LAMINATITRILETES Smith & Butterworth, 1967

Subturma ZONOLAMINATITRILETES Smith & Butterworth, 1967

Infraturma CINGULICAVATI Smith & Butterworth, 1967

Gênero *Cristatisporites* Potonié & Kremp *emend.* Butterworth, Jansonius, Smith & Staples, 1964

*Cristatisporites* sp.

Gênero *Vallatisporites* Hacquebard, 1957

*Vallatisporites vallatus* (Hacquebard, 1957) Staplon & Jansonius, 1964

*Vallatisporites* sp.

Gênero *Indotriradites* Tiwari, 1964

*Indotriradites dolianitii* (Daemon) Loboziak et al., 1999

*Indotriradites daemonii* Loboziak, Melo, Playford & Streeel, 1999

Gênero *Lycospora* Schopf, Wilson & Bentall, 1944 *emend.* Potonié & Kremp, 1954

*Lycospora* sp.

Suprasubturma PSEUDOSACCITRILETES Richardson, 1965

Infraturma MONOPSEUDOSACCITI Smith & Butterworth, 1967

Gênero *Spelaotriletes* Neves & Owens, 1966

*Spaeotriletes arenaceus* Neves & Owens, 1966

Turma MONOLETES Ibrahim, 1933

Suprasubturma ACAVATOMONOLETES Dettmann, 1963

Subturma AZONOMONOLETES Luber, 1935

Infraturma LAEVIGATOMONOLETI Dybová & Jachowicz, 1957

Gênero *Laevigatosporites* Ibrahim, 1953

*Laevigatosporites* sp.

## **GRÃOS DE PÓLEN**

Anteturma VARIEGERMINANTES Potonié, 1970

Turma SACCITES Erdtman, 1947

Subturma MONOSACCITES Chitaley *emend.* Potonié & Kremp, 1954

Infraturma TRILETESACCITI Leschik, 1955

Gênero *Cannanoropollis* Potonié & Sah, 1960

*Cannanoropollis janakii* Potonié & Sah, 1960

*Cannanoropollis mehta* (Lele) Bose & Maheshwari, 1968

*Cannanoropollis perfectus* (Bose & Maheshwari) Dias-Fabrcio, 1981

*Cannanoropollis* sp.

Gênero *Plicatipollenites* Lele, 1964

*Plicatipollenites gondwanensis* (Balme & Hennelly) Lele, 1964

*Plicatipollenites malabarensis* (Potonié & Sah) Foster, 1975

*Plicatipollenites densus* (Lele) Bose & Maheshwari, 1968

Gênero *Circumplicatipollis* Ottone & Azcuy, 1988

*Circumplicatipollis plicatus* Ottone & Azcuy, 1988

*Circumplicatipollis stigmatus* (Lele & Karim) Ottone & Azcuy, 1988

Infraturma MONOPOLSACCITI Hart *emend.* Dibner, 1971

Subinfraturma PROXIMALSACCINI Dibner, 1971

Gênero *Costatascyclus* Felix & Burbridge *emend.* Urban, 1971

*Costatascyclus crenatus* Felix & Burbridge *emend.* Urban, 1971

Infraturma VESICULOMONORADITI Pant, 1954

Gênero *Potonieisporites* Bharadwaj *emend.* Bharadwaj, 1964

*Potonieisporites neglectus* Potonié & Lele, 1961

*Potonieisporites barrelis* Tiwari, 1965

*Potonieisporites lelei* Maheshwari, 1967

*Potonieisporites congoensis* Bose & Maheshwari, 1968

*Potonieisporites novicus* Bhardwaj *emend.* Poort & Velt, 1997

*Potonieisporites magnus* Lele & Karim, 1971

*Potonieisporites* sp.

Gênero *Caheniasaccites* Bose & Kar *emend.* Archangelsky & Gamero, 1979

*Caheniasaccites flavatus* Bose & Kar *emend.* Azcuy & Di Pasquo, 2000

*Caheniasaccites ovatus* Bose & Kar *emend.* Gutiérrez, 1993

*Caheniasaccites elongatus* Bose & Kar, 1966

*Caheniasaccites* sp.

Infraturma ALETESACCITI Leschik, 1955

Gênero *Vesicaspora* (Schemel) Wilson & Venkatchala, 1963

*Vesicaspora* sp.

Subinfraturma BILATERALSACCINI Dibner, 1971

Gênero *Divarisaccus* Venkatachala & Kar 1966

*Divarisaccus Stringoplicatus* Ottone, 1991

Subinfraturma AMPHISACCINI Dibner, 1971

Gênero *Stellapollenites* Lele 1965

*Stellapollenites talchirensis* Lele, 1965

Infraturma STRIASACCITI Bharadwaj, 1962

Gênero *Striomonosaccites* Bharadwaj, 1962

*Striomonosaccites* sp. A Playford & Dino, 2000

Subturma DISACCITES Cookson, 1947

Infraturma DISACCITRILETI Leschik, 1955

Gênero *Limitisporites* Leschink *emend.* Schaarschmidt, 1963

*Limitisporites* sp.

Infraturma STRIATITI Pant, 1954

Gênero *Protohaploxypinus* Samoilovich *emend.* Morbey, 1975

*Protohaploxypinus amplus* (Balme & Hennelly) Hart, 1964

*Protohaploxypinus* sp.

## **ALGAS CLOROFÍCEAS**

Divisão CHLOROPHYTA Pascher, 1914

Classe PRASINOPHYCEAE T. Christensen, 1962 *ex* Ø. Moestrup & J. Thronsen, 1988

Família LEIOSPHAERIDACEAE Sommer *emend.* Sommer & Van Boekel, 1963

*Leiosphaeridia* spp.

## **ACRITARCOS**

Grupo ACRITARCHA Evitt, 1963

Subgrupo ACANTHOMORPHITAE Downie, Evitt & Sarjeant, 1963

Gênero *Micrhystridium* (Deflandre) Downie & Sarjeant *emend.* Serjeant & Stancliffe 1994

*Micrhystridium* sp.