

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

Equivalência atualística entre o Cretáceo da Bacia do Araripe e o Último Máximo Glacial do Brasil: possíveis similaridades florísticas, fisionômicas e paleoclimáticas

Danilo dos Santos Duarte

TF-24/09

Trabalho de Formatura (0440500)

Orientador: Prof. Dr. Paulo Eduardo de Oliveira

Coorientador: Dr. Guilherme Raffaeli Romero

SÃO PAULO

2024

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

Equivalência atualística entre o Cretáceo da Bacia do Araripe e o Último Máximo Glacial do Brasil: possíveis similaridades florísticas, fisionômicas e paleoclimáticas

Danilo dos Santos Duarte

Monografia apresentada ao Instituto de Geociências, curso de Geologia, para obtenção do título de Bacharel em Geologia.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Eduardo de Oliveira
Coorientador: Dr. Guilherme Raffaeli Romero

SÃO PAULO
2024

AGRADECIMENTOS

Agradeço muito ao meu orientador Prof. Dr. Paulo Eduardo de Oliveira e ao meu coorientador Dr. Guilherme Raffaeli Romero por toda ajuda, paciência, ensinamentos, histórias e risadas.

Agradeço muito também ao Dr. Jorge Pinaya, que foi mais do que essencial para a realização deste trabalho.

A todos do Laboratório de Micropaleontologia, principalmente à Cecília, Caio, Vitor e Xô, por toda ajuda, aprendizado e momentos de descontração. Assim como Cynthia, Érika, Luiza e Thomas, que me ensinaram muito, não somente neste trabalho.

À Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), por financiar e possibilitar a realização dessa pesquisa. E ao PRH 43.1 pelo auxílio durante o projeto.

À minha família, minha mãe Iraci, minha irmã Samira e meu gato Totti, imprescindíveis para tudo nesse longo caminho. Aos amigos que fiz pelo caminho e tanto me ajudaram, Araponga, Sazon, Maithe, Froda e Thalita. E aos amigos que estão comigo há tantos anos, Roberto, Mary, Mascher, Vinícius e Yuri.

RESUMO

O Período Cretáceo (145,5 - 65,5 Ma) é classicamente interpretado como uma extensa fase de clima árido, que permitiu a expansão de grandes desertos pelo continente sul-americano. No entanto, esta interpretação é contestada por assinaturas palinológicas encontradas no Norte e Nordeste do Brasil, onde são identificados grãos de pólen de táxons como *Aracauriacites*, *Cyathidites* e *Cicatricosisporites*, indicadores de florestas ombrófilas mistas e florestas tropicais úmidas. Dessa forma, discute-se a ocorrência de fases de climas mais úmidos no Cretáceo da Bacia do Araripe, intercalada com uma fase evaporítica sob clima árido, sugerindo um novo cenário climático e vegetacional. Essa abordagem é baseada em analogias com ecossistemas úmidos modernos, moldados por forçantes climáticas, relativamente bem conhecidas no Quaternário como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Esta pesquisa estabelece correlações entre as condições climáticas do Cretáceo do Nordeste do Brasil e do Último Máximo Glacial (UMG), através, de análises palinológicas de sedimentos da Formação Romualdo e dados palinológicos de 10 trabalhos da literatura científica realizados em diferentes localidades do Brasil. Para isso, foram analisadas 32 amostras, sendo 16 amostras do perfil Serra da Mãozinha e 16 amostras do perfil Sobradinho da Formação Romualdo. Os resultados mostram o espectro esporopolínico da Fm. Romualdo constituído por 90 táxons, sendo 46 provenientes de gimnospermas, 11 de angiospermas, e 33 correspondentes a esporos de pteridófitas/briófitas. Dentre estes, 12 gêneros possuem afinidades botânicas no UMG, indicando a Equivalência Atualística destes elementos. A analogia entre as fases úmidas do Cretáceo e o UMG é corroborada por dados estatísticos a partir de análise PCA, que demonstra a similaridade entre os espectros esporopolínicos analisados. Desta forma, nota-se que momentos úmidos durante o Eocretáceo, possibilitaram um clima mais frio em altitude, simultânea à presença de regiões mais secas, que possuem uma similaridade florística, fisionômica e paleoclimática com diferentes áreas do Brasil, durante o Último Máximo Glacial.

Palavras-chave: Formação Romualdo, Cretáceo, Último Máximo Glacial, Equivalência Atualística.

ABSTRACT

The Cretaceous Period (145.5 - 65.5 Ma) is classically interpreted as an extensive phase of arid climate that allowed for the expansion of large deserts across the South American continent. However, this interpretation is challenged by palynological signatures found in northern and northeastern Brazil, where pollen grains from taxa such as *Aracauriacites*, *Cyathidites*, and *Cicatricosisporites* are identified, indicating mixed ombrophilous forests and humid tropical rainforests. This suggests the occurrence of phases with more humid climates in the Cretaceous of the Araripe Basin, interspersed with an evaporitic phase under arid conditions, proposing a new climatic and vegetational scenario. This approach is based on analogies with modern humid ecosystems shaped by well-known climatic forces in the Quaternary, such as the Intertropical Convergence Zone (ITCZ). This research establishes correlations between the Cretaceous climate of northeastern Brazil and the Last Glacial Maximum (LGM) through palynological analyses of sediments from the Romualdo Formation and palynological data from 10 scientific studies conducted in different locations across Brazil. For this, 32 samples were analyzed, with 16 from the Serra da Mãozinha profile and 16 from the Sobradinho profile of the Romualdo Formation. The results reveal the spore-pollen spectrum of the Romualdo Formation composed of 90 taxa, with 46 from gymnosperms, 11 from angiosperms, and 33 corresponding to spores of pteridophytes/bryophytes. Among these, 12 genera have botanical affinities in the LGM, indicating the Actualistic Equivalence of these elements. The analogy between humid phases of the Cretaceous and the LGM is corroborated by statistical data from PCA analysis, demonstrating the similarity between the spore-pollen spectra analyzed. This suggests that humid phases during the Early Cretaceous allowed for a cooler climate at higher altitudes, simultaneous with the presence of drier regions, which share floristic, physiognomic, and paleoclimatic similarities with different areas in Brazil during the Last Glacial Maximum.

Keywords: Romualdo Formation, Cretaceous, Last Glacial Maximum, Actualistic Equivalence

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. JUSTIFICATIVA	2
3. OBJETIVOS	2
3.1 Objetivo geral	2
3.2 Objetivos específicos	2
4. FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA	3
4.1 Formação Romualdo, Bacia do Araripe, nordeste do Brasil.....	3
4.1.1 Estratigrafia e aspectos gerais	4
4.2 Bioestratigrafia	5
5. MATERIAIS E MÉTODOS	6
5.1 Formação Romualdo	6
5.1.1 Coleta das amostras e processamento palinológico	10
5.1.2 Confecção de lâminas, observação, contagem e fotomicrografia.....	10
5.2 Último Máximo Glacial	11
5.3 Afinidade botânica entre táxons do Pleistoceno Tardio e do Aptiano Tardio.....	13
5.3.1 Análise PCA.....	14
6. RESULTADOS	15
6.1 Palinologia da Formação Romualdo	15
6.2. Afinidades botânicas	26
6.2.1 Briófitas e pteridófitas	26
6.2.2 Gimnospermas	27
6.2.3 Angiospermas	29
6.3 Equivalência Atualística e Análise PCA	31
7. DISCUSSÃO	33
8. CONCLUSÕES	37
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
GLOSSÁRIO	44
APÊNDICE A – TABELA ANÁLISE PCA	47
APÊNDICE B - DESCRIÇÕES TAXONÔMICAS	51

APÊNDICE C – FOTOMICROGRAFIAS DE GRÃOS DE ESPOROS DE BRIÓFITAS E PTERIDÓFITAS.....	78
APÊNDICE D – FOTOMICROGRAFIAS DE GRÃOS DE PÓLEN DE GIMNOSPERMAS ...	85
APÊNDICE E – FOTOMICROGRAFIAS DE GRÃOS DE PÓLEN DE ANGIOSPERMAS	94

1. INTRODUÇÃO

O Período Cretáceo (145,5 - 65,5 Ma), de grande importância para a Geologia do Petróleo no Brasil, é classicamente interpretado como uma extensa fase de clima árido, que permitiu a expansão de grandes desertos pelo continente sul-americano (Hay & Foegel, 2012). Esta interpretação, contudo, se choca com as assinaturas palinológicas extraídas de várias formações geológicas em bacias sedimentares do Norte e Nordeste do Brasil (Arai, 2001), onde são encontrados grãos de pólen de *Araucariacites* e *Podocarpites* com afinidade com *Araucaria angustifolia*, *Podocarpus lambertii*, e grãos de esporos de *Cyathidites* e *Cicatricosisporites*, relacionados a samambaias arborescentes, todos táxons atualmente restritos a florestas úmidas (Lacerda, 2023).

Recentemente, neste contexto, Carvalho *et al.* (2022) discutem a importância da ocorrência de climas mais úmidos, intercalados com uma fase evaporítica sob clima árido, ao analisar o conteúdo palinológico de sete bacias sedimentares brasileiras. Dessa forma, os autores sugerem um novo cenário climático e vegetacional para o Cretáceo, apoiados em analogia com ecossistemas úmidos modernos moldados por forçantes climáticas, relativamente bem conhecidas no Quaternário como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Este fenômeno é conhecido na climatologia moderna como responsável pela precipitação sobre o semiárido do Nordeste do Brasil (Schneider *et al.*, 2014).

Apesar do avanço no entendimento do clima e da vegetação do Cretáceo do Brasil, correlacionar essas fases úmidas com análogos modernos é de crucial importância para um melhor entendimento das variações paleoclimáticas, um dos fatores responsáveis pela diversidade dos táxons vegetais presentes na assembleia palinológica utilizada como ferramenta na datação relativa de ambientes potencialmente geradores e/ou reservatórios de hidrocarboneto. Sob a luz desse entendimento esta pesquisa tem por objetivo empregar o conceito de Atualismo, outrora chamado de Uniformitarianismo de James Hutton (1726-1797). Tal princípio postula que “o presente é a chave para entender o passado”, uma vez que os fenômenos naturais pretéritos são semelhantes aos que ocorrem atualmente, mesmo que suas intensidades e produtos não sejam estritamente iguais (Fairchild *et al.*, 2009; Antunes & Azevedo, 2011).

Como aproximação às fases úmidas do Cretáceo, através da ocorrência de afinidades botânicas, aqui cunhado como Equivalência Atualística, esta pesquisa propõe o emprego da última fase glacial do Brasil, *i.e.*, os últimos 25.000 anos como análogo à fase úmida pós-evaporítica. Tal hipótese é fundamentada na expansão de elementos botânicos afins com os táxons gimnospérmicos cretácicos, com destaque para a grande expansão de *Podocarpus lambertii* na flora da região do Distrito Federal e pela expansão ao norte de *Araucaria angustifolia*, por volta de 22.000 anos (Barberi, 2001; Horák-Terra, 2015; Reis *et al.*, 2017; Reis *et al.*, 2022; Pinaya *et al.*, 2024).

Este trabalho investigou a ocorrência de afinidades botânicas entre táxons cretácicos e táxons presentes durante o Último Máximo Glacial (UMG), respectivamente, através de análises palinológicas de sedimentos da Formação Romualdo, Bacia Araripe, e dados palinológicos de dez trabalhos da literatura que abrangem diferentes localidades do Brasil. Assim, estabelecendo correlações climáticas análogas, especialmente entre o UMG quaternário e do Cretáceo do Nordeste do Brasil, além de fornecer subsídios para o entendimento dos processos deposicionais formadores de rochas geradoras e/ou reservatório de hidrocarbonetos em bacias sedimentares correlatas.

2. JUSTIFICATIVA

Este projeto de Trabalho de Formatura visa explorar o novo paradigma sobre o clima do Cretáceo do Nordeste do Brasil, possibilitado pelo trabalho inovador de Carvalho *et al.* (2022), uma vez que a compreensão das fases mais úmidas do Cretáceo Inferior é fundamental para desvendar seus complexos padrões climáticos e ambientais. Além disso, este trabalho propõe um novo pensar sobre as características climáticas e vegetacionais a partir de analogias taxonômicas.

Portanto, este projeto não só contribui para o avanço da pesquisa geológica e paleontológica, mas também terá importantes implicações práticas e teóricas para a indústria de petróleo e gás, através do fornecimento de uma nova ferramenta para contextualização paleoambiental e bioestratigráfica de possível ambiente análogo a bacias geradoras e reservatórios de hidrocarboneto, além de promover uma compreensão mais abrangente dos processos ambientais ao longo da história da Terra.

3. OBJETIVOS

Este estudo obtém *insights* sobre o contexto paleoambiental gerador de matéria orgânica durante o Cretáceo Inferior através de correlações significativas entre as condições climáticas do passado e os análogos pleistocênicos. Assim, propomos os seguintes objetivos:

3.1 Objetivo geral

- Identificar ecossistemas e paleoclimas pleistocênicos análogos à fase úmida pós-evaporítica do Cretáceo do Brasil, a partir de similaridades florísticas e climáticas encontradas durante o Último Máximo Glacial.

3.2 Objetivos específicos

- Realizar a identificação taxonômica de palinomorfos do perfil sedimentar da Formação Romualdo, Cretáceo da Bacia do Araripe;
- Inferir as características paleoclimáticas das assembleias palinológicas presentes nos afloramentos da Formação Romualdo;

- Catalogar e relacionar dados do espectro polínico presente durante o Último Máximo Glacial de 10 trabalhos selecionados da literatura com táxons presentes equivalentes no Cretáceo.
- Correlacionar estatisticamente a similaridade entre estas paleofloras e propor um modelo paleogeomorfológico para as fases úmidas da Formação Romualdo.

4. FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Formação Romualdo, Bacia do Araripe, nordeste do Brasil

A Bacia Sedimentar do Araripe é uma bacia do tipo rifte que remonta à quebra de Gondwana e à abertura do Atlântico Sul durante o Cretáceo (Assine *et al.*, 2014; Bom *et al.*, 2021). Estende-se ao longo de 9.000 km² e abrange os estados do Ceará, Piauí, Paraíba e Pernambuco (Braz *et al.*, 2011; Araripe *et al.*, 2021) (Fig. 1). Inserida no contexto geológico da Província Borborema, dentro do Domínio da Zona Transversal (Almeida *et al.*, 1977, 1981; Santos *et al.*, 2004), essa bacia foi gerada a partir da reativação de falhas pré-cambrianas (Assine, 2007) e está cronoestratigraficamente relacionada às demais bacias do interior do nordeste brasileiro (Fabrini *et al.*, 2020).



Figura 1. Localização da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. Retirado de Braz *et al.* (2011).

Entre as diversas divisões estratigráficas propostas para a Bacia do Araripe, uma delas a subdivide em três Grupos: Grupo Vale do Cariri, que abrange as sequências Paleozóica, pré-rifte e rifte; Grupo Santana, que corresponde à sequência pós-rifte I; e o Grupo Araripe,

associado à sequência pós-rifte II (Assine *et al.*, 2014; Lacerda, 2023). Proposto inicialmente por Neumann & Cabrera (1999) e reiterado por Assine *et al.* (2014) e Neumann & Assine (2015), o Grupo Santana, datado do Aptiano Superior/Albiano Inferior, contempla as formações Barbalha, Crato, Ipubi e Romualdo, sendo esta última local de estudo deste trabalho.

4.1.1 Estratigrafia e aspectos gerais

Composta principalmente por mármores e calcários com concreções intercalados com folhelhos (Fig. 2), a Formação Romualdo é mundialmente reconhecida como *Konservat Lagerstätte*, designação dada à depósitos sedimentares que apresentam grande quantidade fossilífera em qualidade excepcional de preservação (Martill, 2007; Nascimento *et al.*, 2023). De acordo com Custódio *et al.* (2017) a Formação Romualdo corresponde a um ciclo de transgressão-regressão marinha, composto por dois tratos de sistemas deposicionais, Trato Transgressivo (TT) e Trato de Mar Alto (TMA). Os mesmos autores descrevem o TT como um sistema onde ocorrem fácies sedimentares indicando predomínio de um ambiente aluvial costeiro e fácies onde o predomínio é de um ambiente dominado por marés. Ainda neste trato, há a ocorrência de folhelhos negros associados à Superfície e Inundação Máxima (SIM), momento em que houve maior avanço marinho em direção ao continente, e de um intervalo com grande quantidade de concreções carbonáticas ricas em fósseis. Esses folhelhos indicam que as condições eram anóxicas a desóxidas, onde os valores de Carbono Orgânico Total (COT) são superiores há 13%. O TMA, por sua vez, é caracterizado pelos autores como um pacote sedimentar rico em fácies arenito influência de marés e fácies heterolíticas, além de depósitos associados a processos erosivos causados por ondas e re-sedimentação de sedimentos plataformais. Tais depósitos registram a gradual continentalização do ambiente.

Fürisch *et al.* (2019) e Bom *et al.* (2021) sugerem ainda, que além do ciclo transgressivo-regressivo descrito por Custódio *et al.* (2017), os depósitos sedimentares da Formação Romualdo são produtos de dois ciclos de transgressão-regressão. Sendo o segundo ciclo iniciado pela presença de sucessões carbonato-siliciclástico com uma fina camada rica em conchas de bivalves e gastrópodes, gerada em ambiente de alta energia. Por fim, uma segunda fase de regressão, dada pela presença de fácies siliciclásticas depositadas em ambientes costeiros dominados por marés, que registra o retorno de condições terrestres.

Em relação a datações, a assembleia bioestratigráfica de ostracodes e palinomorfos sugerem idade Cretáceo Inferior (Aptiano-Albiano) para essa formação, através da presença dos táxons *Candonopsis* sp., *Paraschuleridea* sp., *Heterocypris* sp., e *Bisulcocypris* sp. (Araripe *et al.*, 2021). Apesar de sua deposição estar intimamente relacionada a um ambiente marinho, na Fm. Romualdo são encontrados diversos palinofósseis de origem continental, grãos de pólens e esporos, de pteridófitas, briófitas, gimnospermas e angiospermas.

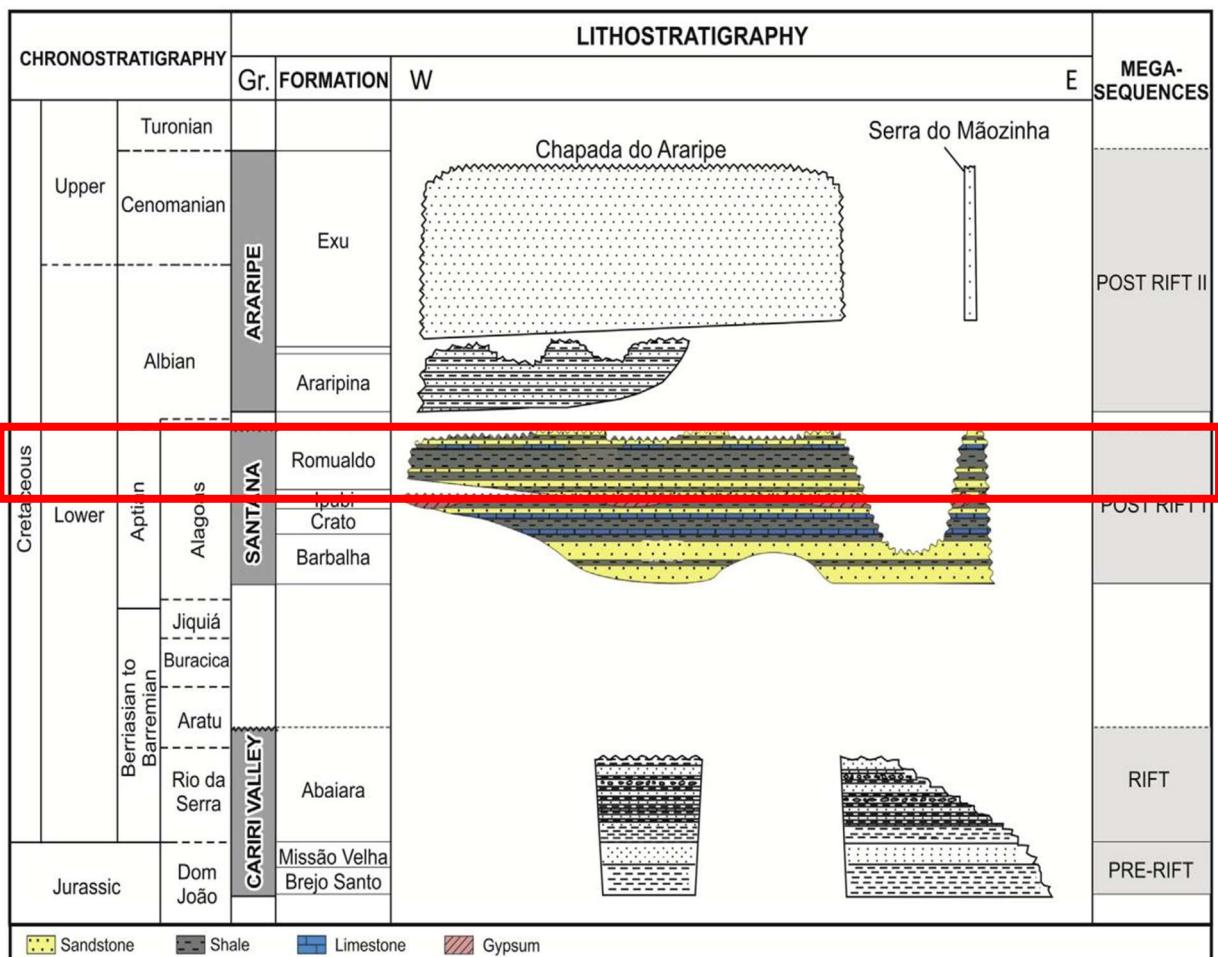


Figura 2. Carta cronoestratigráfica e de megasequências da Bacia do Araripe. Com destaque, retângulo vermelho, para a Formação Romualdo, área de estudo deste trabalho. Retirado de Lacerda (2023).

4.2 Bioestratigrafia

Diversos autores, como Bernardes-de-Oliveira *et al.* (2007), Nascimento (2013), Simpson (2019) e Arai & Assine (2020), entre outros, destacam a importância de estabelecer correlações bioestratigráficas e reconstruções paleoecológicas de bacias sedimentares, especialmente as bacias marginais. Essas bacias, formadas a partir da separação do Gondwana e da consequente abertura do Oceano Atlântico Sul, apresentam deposição sedimentar favorável à formação de camadas com alto potencial gerador, devido à acumulação de matéria orgânica (Matos, 1992).

A Formação Romualdo, localizada na Bacia do Araripe e datada do Aptiano (Arai & Assine, 2020; Araripe *et al.*, 2021), é temporalmente correlacionável a outras bacias sedimentares ao longo da costa brasileira. Tal correlação reforça a sincronicidade de eventos como a transgressão marinha do Aptiano. Bacias marginais, como as bacias de Campos, Santos e Espírito Santo, que também apresentam depósitos dessa idade, são de grande relevância para a indústria do petróleo, especialmente após a descoberta de reservatórios de hidrocarbonetos em sequências do Aptiano no Pré-Sal.

Portela (2008) definiu quatro palinozona para a Bacia do Araripe, delineando a bioestratigrafia com base no conteúdo palinológico das sequências sedimentares. A Palinozona A tem seu limite inferior marcado pelo aparecimento da espécie *Araucariacites australis* e o limite superior pelo surgimento de *Sergipea variverrucata*. Além disso, essa palinozona é caracterizada pela presença de esporos dos gêneros *Cicatricosisporites* e *Leptolepidites*, bem como pelos grãos de pólen *Antulsporites* sp. e *Stellatopollis densiornatus*.

A Palinozona B se inicia com o aparecimento de *Sergipea variverrucata*, cujo desaparecimento também marca o limite superior desta zona. Já a Palinozona C tem seu limite inferior definido pelo desaparecimento de *Sergipea variverrucata* e o superior pelo desaparecimento de *Chomotriletes almegrensis*, *Pilosporites trichopapillosum* e *Calliasporites lucidus*. Nessa zona, destacam-se ainda as espécies *Vitreisporites* sp., *Retimonocolpites textus*, *Concavisporites* sp., *Densoisporites dettmannae* e *Reyrea polymorphus*, além da abundância de *Crybelosporites pannuceus*.

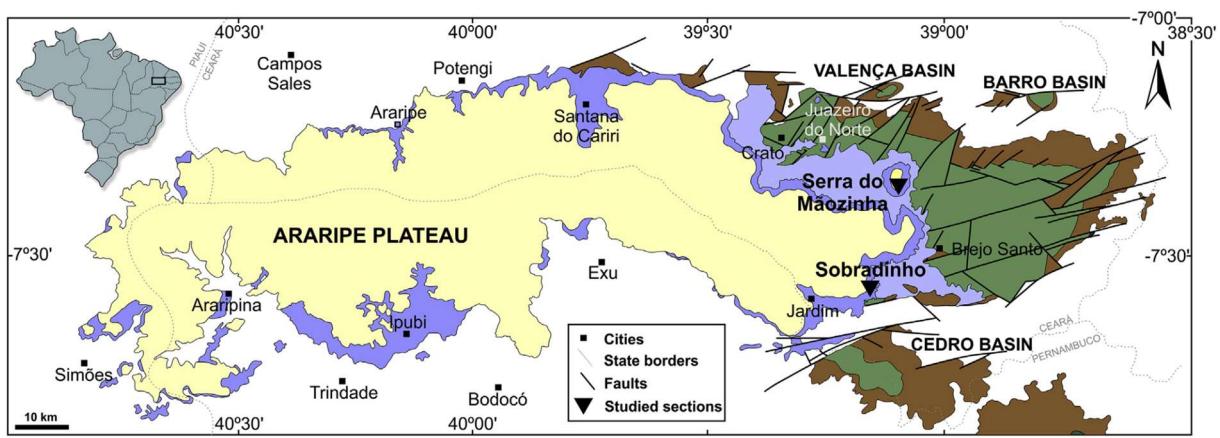
Por fim, a Palinozona D é delimitada pelo desaparecimento de *Chomotriletes almegrensis*, *Pilosporites trichopapillosum* e *Calliasporites lucidus*, com o limite superior marcado por variações na abundância de *Stellatopollis dubius* e *Crybelosporites pannuceus*. Essa zona é ainda caracterizada pela maior quantidade de grãos de pólen inaperturados, apesar do desaparecimento de *Araucariacites australis*.

No contexto temporal e bioestratigráfico, as sucessões sedimentares da Formação Romualdo, importantes como análogas a depósitos geradores e reservatório em bacias correlatas, ainda apresentam um arcabouço palinológico pouco detalhado (Arai & Assine, 2020).

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Formação Romualdo

A Professora Dra. Alcina M.F. Barreto e sua equipe de Paleontologia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) foram os responsáveis pela coleta dos dois perfis aqui trabalhados, o perfil Serra da Mãozinha (SM), no município de Jardim ($07^{\circ}34'18''$ S, $39^{\circ}09'47''$ W) e o perfil Sobradinho (SB), no município de Missão Velha a ($07^{\circ}21'45''$ S, $39^{\circ}05'56''$ W), ambos no Estado do Ceará (Fig. 3, 4 e 5).



Formations	Rift	Post Rift I	Post Rift II
	Cariri Valley Gr.	Santana Gr	Araripe Gr.
Cariri	Abaiara	Romualdo	Exu
Basement	Missão Velha	Ipubi	Araripina
	Brejo Santo	Crato	
		Barbalha	

Figura 3. Localização dos locais de amostragem dos perfis Serra da Mãozinha e Sobradinho, triângulos pretos, dentro da Bacia do Araripe. Retirado de Fürsich *et al.* (2019).

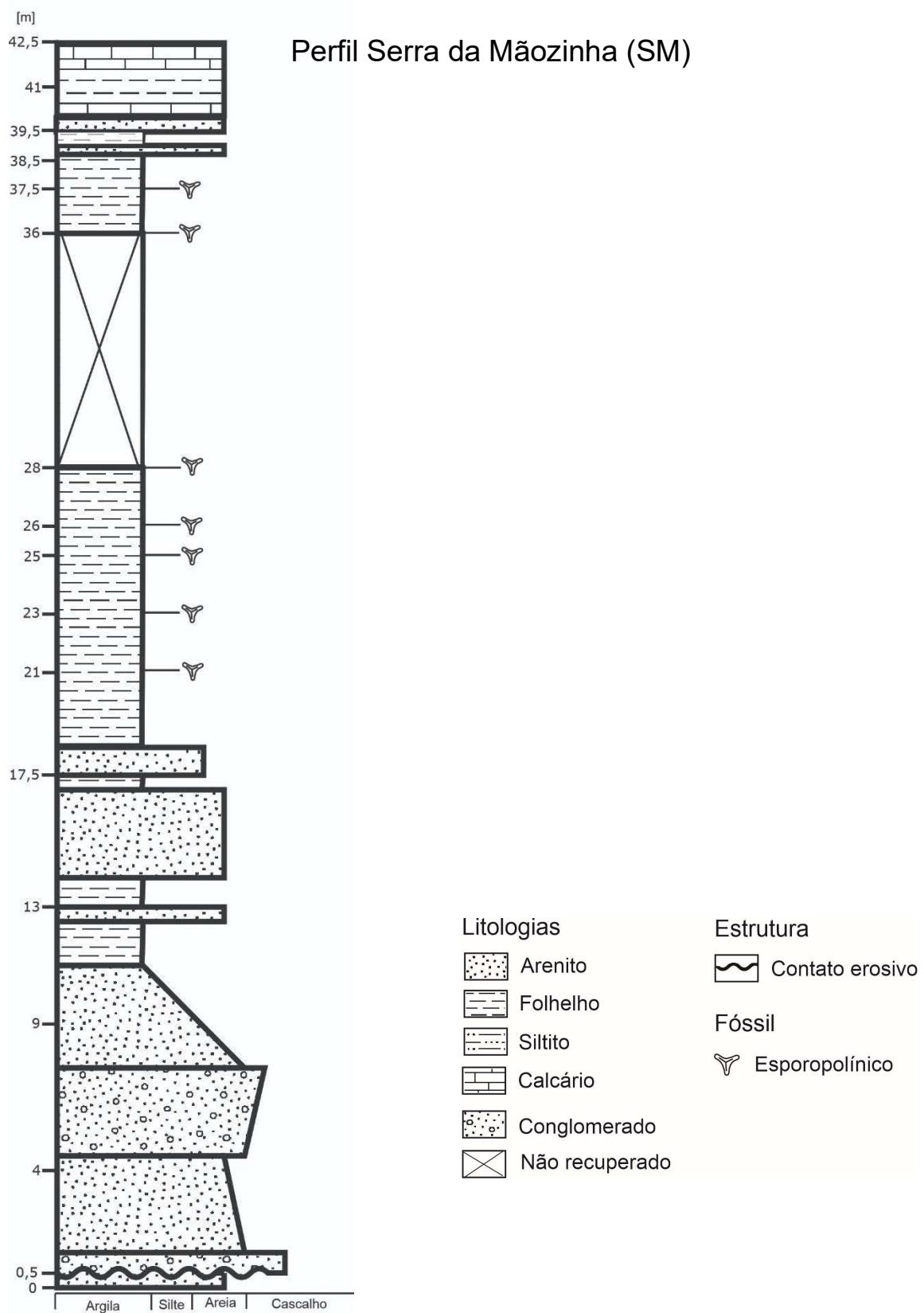


Figura 4. Perfil do afloramento Serra da Mãozinha.

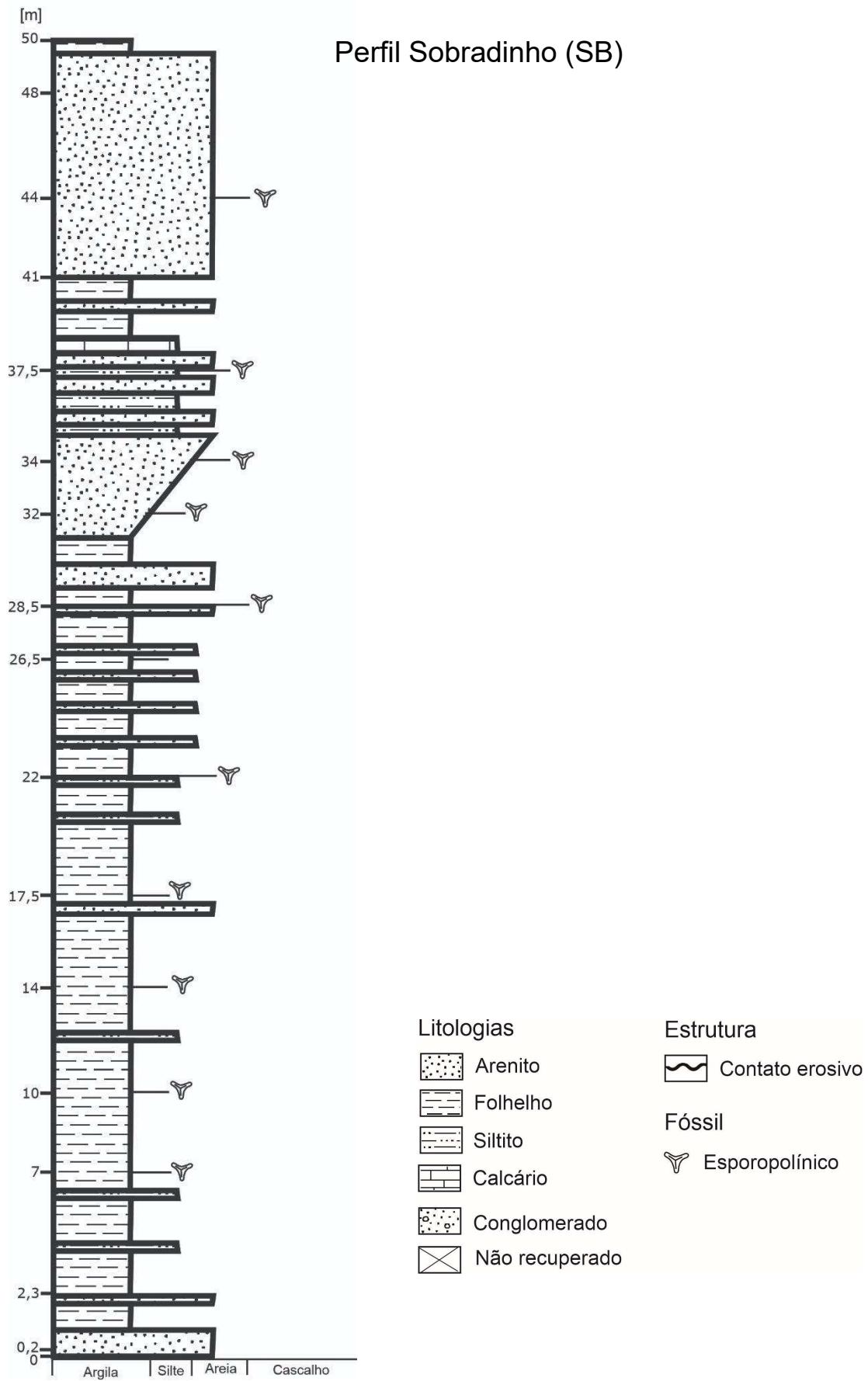


Figura 5. Perfil do afloramento Sobradinho.

5.1.1 Coleta das amostras e processamento palinológico

A partir dos dois perfis coletados, foram obtidas 32 amostras, sendo 16 referentes ao afloramento SM e 16 referentes ao afloramento SB, onde cada uma destas amostras são correspondentes a níveis estratigráficos distintos (Tabela 1).

Tabela 1 - Níveis amostrados nos perfis Serra da Mãozinha e Sobradinho.

PERFIL - SERRA DA MÃOZINHA	PERFIL - SOBRADINHO
NÍVEIS AMOSTRADOS	NÍVEIS AMOSTRADOS
0,5 m	0,2 m
4,0 m	2,3 m
9,0 m	7,0 m
13,0 m	10,0 m
17,5 m	14,0 m
21,0 m	17,5 m
23,0 m	22,0 m
25,0 m	26,5 m
26,0 m	28,5 m
28,0 m	32,0 m
36,0 m	34,0 m
37,5 m	37,5 m
38,5 m	41,0 m
39,5 m	44,0 m
41,0 m	48,0 m
42,5 m	50,0 m

O tratamento palinológico dessas amostras segue o descrito por Uesugui (1979) e Nascimento (2013). Inicialmente foram pesadas 50g de sedimento de cada uma das amostras, seguido da aplicação de ácido clorídrico (HCl) a 37% para eliminação de carbonatos. O passo seguinte consiste na adição de ácido fluorídrico (HF) a 40% para eliminação de silicatos. Com a adição de HF podem ser formados fluorsilicatos, dessa forma, para eliminá-los é adicionado HCl a 10%. Para a eliminação das partículas nas frações silte e argila é realizada a flotação do material, utilizando cloreto de zinco ($ZnCl_2$), obtendo um resíduo final concentrado em matéria orgânica. Por fim, esse resíduo é centrifugado e o sobrenadante descartado. Todas as etapas do processamento desse material ocorreram no Laboratório de Micropaleontologia Setembrino Petri, do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGc-USP).

5.1.2 Confecção de lâminas, observação, contagem e fotomicrografia

A montagem das lâminas é composta da aplicação de uma fração do resíduo orgânico final em lâmina, recoberta por lamínula e selada com Entellan-Merck. A observação dessas lâminas ocorreu em microscópio óptico Zeiss Axio Lab, nas objetivas de 63x e 100x (imersão

a óleo), utilizando transectos verticais contínuos, e realizando fotomicrografias dos palinomorfos observados, com auxílio do software Zeiss Zen Blue. Assim como o tratamento palinológico, a confecção das lâminas e observação delas, ocorreu no Laboratório de Micropaleontologia Setembrino Petri, do IGc-USP. A contagem, por sua vez, segue o método de Chang (1967), onde são contabilizados, em cada amostra, os primeiros 200 palinomorfos observados.

5.2 Último Máximo Glacial

Os dados do UMG foram obtidos de 10 trabalhos presentes na literatura, realizados em localidades distintas do Brasil. Estes trabalhos foram escolhidos devido a abrangerem grande extensão do país, representando diferentes características vegetacionais e suas fitofisionomias (Fig. 6).

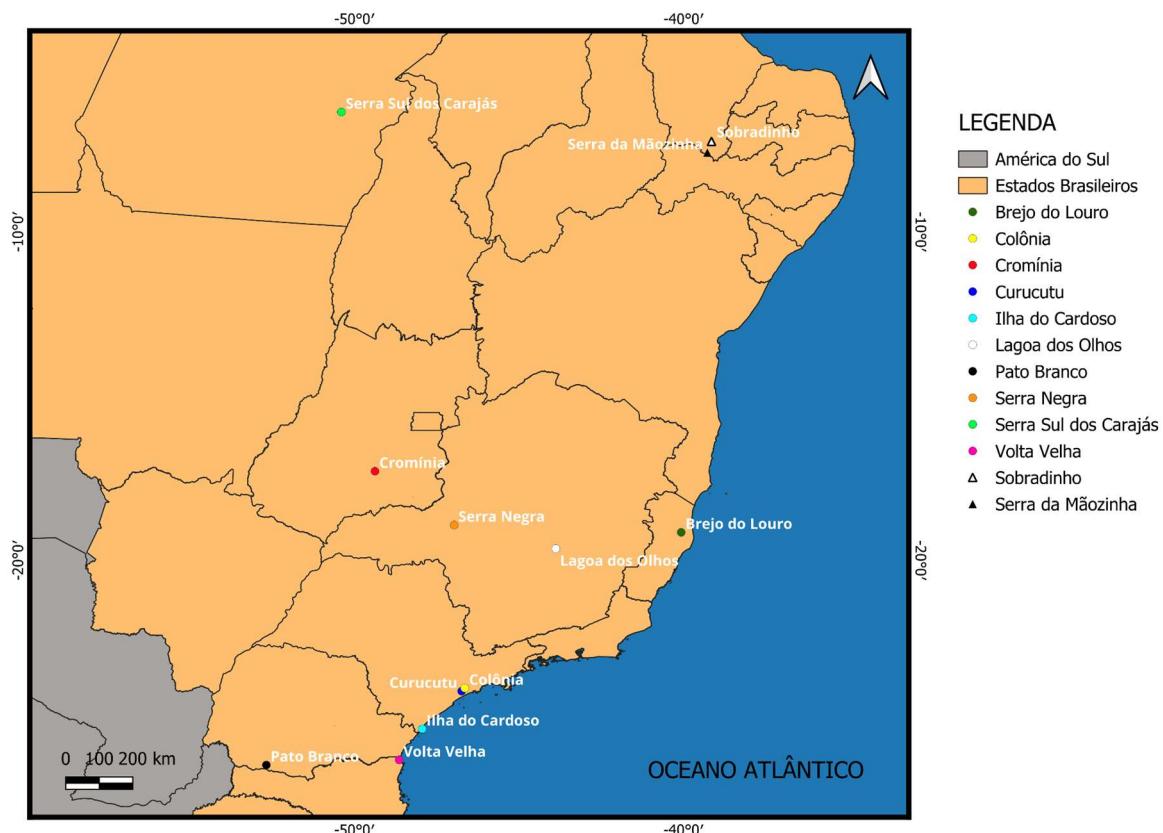


Figura 6. Localização geográfica dos trabalhos da literatura selecionados para as comparações entre táxons do Cretáceo e táxons do UMG. Fonte própria.

O trabalho de Bertoldo *et al.* (2014), realizado em uma Unidade de Conservação Estadual, a Área de Relevante Interesse Ecológico do Buriti, ocorreu na porção sudoeste do Estado do Paraná, no município de Pato Branco. Os autores detalham características vegetacionais de diferentes tipos de florestas entremeadas por domínios vegetacionais mais esparsos compostos por ervas e arbustos. Dentro do recorte do UMG, destaca-se a predominância de Floresta Ombrófila Mista, composta principalmente por *Araucaria*

angustifolia e *Podocarpus lambertii*, em detrimento de campos, como é comumente observado em outros estudos. O trabalho de Behling & Negrelle (2001) foi realizado na região norte do Estado de Santa Catarina, na reserva biológica de Volta Velha, no distrito de Itapoá. Os autores utilizam sedimentos pleistocênicos para estudar as alterações vegetacionais ocorridas em florestas tropicais durante o período do UMG, ressaltando a predominância de áreas abertas de campo, rico em gramíneas, e o recuo de táxons indicativos de floresta por ao menos 750 km na direção norte, em relação ao que é observado atualmente.

A Ilha do Cardoso (Pessenda *et al.*, 2012) localizada no litoral sul do estado de São Paulo, está inserida no contexto estuarino lagunar de Cananéia. Estes estuários, cercados por manguezais, ocorrem entre domínios de florestas tropicais da Serra do Mar. Este trabalho visa detalhar a influência do período glacial e interglacial nas vegetações tropicais e dos mangues da região em estudo. Os autores indicam a adaptação da vegetação, durante o recorte temporal do UMG, para um clima frio e úmido. Ledru *et al.* (2009), por sua vez, realizaram trabalho palinológico na Cratera de Colônia, na cidade de São Paulo, esta que é, possivelmente, uma cratera causada por impacto próximo à Serra do Mar, está inserida no contexto atual de Mata Atlântica. Os autores detalham a evolução da floresta úmida durante o último período glacial, onde a vegetação tropical foi substituída por gramíneas.

O Núcleo Curucutu do Parque Estadual Serra do Mar está localizado na região sudeste do Brasil, próximo às cidades de Itanhaém e Mongaguá, litoral norte do Estado de São Paulo, neste contexto Pessenda *et al.* (2009) realizaram análises palinológicas de material sedimentar, obtendo resultados que demonstram a evolução da vegetação da região durante o UMG. Os autores inferem uma paisagem de floresta adaptada a condições úmidas e frias, com a presença de táxons como *Araucaria*, *Podocarpus* e *Weinmannia*, ao redor de uma área de turfeira. Realizado na região de Lagoa Santa, no Estado de Minas Gerais, por Raczka *et al.* (2018), busca detalhar a evolução vegetacional e climática de dois perfis lacustres datados desde o UMG. No recorte temporal do último período glacial, os autores destacam, assim como ocorre em outros trabalhos que abrangem este período, a presença de *Araucaria* e *Podocarpus*, táxons adaptados a ambientes frios e úmidos, nos perfis dos dois lagos estudados.

Localizada no Estado de Minas Gerais, no município de Patrocínio, Serra Negra (De Oliveira *et al.* (2019), também conhecido como Lagoa do Chapadão, está inserido no bioma Cerrado. Os autores trabalham o recorte dos últimos 90.000 anos AP, demonstrando as variações vegetacionais durante esse período, principalmente ao longo do último evento glacial e o último período interglacial. Durante o UMG, é observada a presença de táxons adaptados a ambiente frio e úmido, como *Araucaria*, *Podocarpus*, *Myrsine*, *Drymis*, *Myrtaceae*, *Weinmannia* e *Ilex*. Francesquini *et al.* (2020) realizaram o trabalho na região norte do estado do Espírito Santo, na Reserva Natural Vale. A região conhecida como Brejo do Louro, atualmente, compreende um pântano rodeado por densa vegetação de floresta

tropical, representando a porção central da Mata Atlântica. Os autores detalham a resposta vegetal dessa região às mudanças climáticas relativas ao UMG, como a presença de táxons adaptados a ambiente frio e úmido e a expansão de gramíneas.

O trabalho de Salgado-Labouriau *et al.* (1997) foi realizado na região central do Brasil, no município de Cromínia, no estado de Goiás. Os autores detalham as variações vegetacionais ocorridas durante o UMG na região, indicando um possível aumento na taxa de precipitação, dado pelo aumento na presença de algas, esporos e plantas aquáticas no registro sedimentar, além da ausência de táxons arbóreos, sugestivo de climas mais frios, onde predominam gramíneas. Por fim, Hermanowski *et al.* (2012) realizaram análise palinológica na região da Serra Sul dos Carajás, Nordeste do Estado do Pará, compreendendo as mudanças vegetais e climáticas dos últimos 25.000 anos. Os autores sugerem a predominância de táxons associados a ambientes secos, como Poaceae, *Spermacoce* e Asteraceae, e raras ocorrências de táxons de florestas, porém quando estes ocorrem, são táxons adaptados a climas frios.

5.3 Afinidade botânica entre táxons do Pleistoceno Tardio e do Aptiano Tardio

A palinoflora do Pleistoceno Tardio é composta, na sua totalidade, de táxons de famílias e gêneros atuais conforme a curva de extinção de táxons botânicos de Traverse (1988). O Cretáceo, ao contrário do Pleistoceno Tardio, é composto exclusivamente de táxons extintos, porém vários com clara afinidade à elementos modernos. Entre esses últimos destacam-se *Araucariacites australis* e *Callialasporites* sp., correlacionado à gimnosperma moderna *Araucaria angustifolia*, *Callialasporites* e *Inaperturopollenties* correlacionado ao gênero gimnospérmico vinculado à Família Podocarpaceae e *Cyathidites*, equivalente ao gênero moderno Cyathea, de samambaias arborescentes em florestas tropicais úmidas e de altitude. Uma listagem completa de afinidades botânicas com elementos da flora do Aptiano Superior é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2. Relação das afinidades botânicas de alguns palinomorfos do Aptiano Superior. Adaptado de Dino (1992) e Nascimento (2013).

DIVISÃO	GÊNERO CRETÁCEO	AFINIDADE MODERNA (FAMÍLIA)	AMBIENTE
BRIÓFITA	<i>Aequitrirodites</i> ; <i>Antulsporites</i> ; <i>Cingutriletes</i>	Sphagnaceae	Tropical úmido
PTERIDÓFITA	<i>Cyathidites</i> ; <i>Deltoidospora</i>	Cyatheaceae, Dicksoniaceae	Tropical e Subtropical
	<i>Gleichenidites</i>	Gleicheniaceae	Tropical e Subtropical
	<i>Apendicisporites</i> ; <i>Cicatricosisporites</i> ; <i>Chomotriletes</i>	Schizeaceae	Tropical e Subtropical

	<i>Klukisporites</i>		
	<i>Biretisporites;</i> <i>Verrucosporites</i>	Osmundaceae	Tropical e Temperado
	<i>Matonisporites</i>	Matoniaceae	Tropical
	<i>Equinatisporites;</i> <i>Leptolepidites</i>	Selaginellaceae	Tropical
	<i>Leptolepidites</i>	Lycopodiaceae	Tropical e Subtropical
	<i>Foveosporites;</i> <i>Crybelosporites;</i> <i>Concavisporites</i>	Marsileaceae	Tropical e Subtropical
GIMNOSPERMA	<i>Bennettitaepollenites;</i> <i>Cycadopites</i>	Cycadaceae	Tropical e Subtropical
	<i>Inaperturopollenites;</i> <i>Spheripollenites;</i> <i>Uesuguipollenites</i>	Taxodiaceae, Taxaceae, Cupressaceae	Tropical e Subtropical
	<i>Araucariacites;</i> <i>Callialasporites</i>	Araucariaceae	Temperado
	<i>Vitreisporites</i>	Caytoniaceae	Temperado
	<i>Alisporites; Cedripites</i>	Pinaceae	Temperado
	<i>Callialasporites;</i> <i>Inaperturopollenites</i>	Podocarpaceae	Temperado
	<i>Classopolis</i>	Cheirolepidiaceae	Tropical e Subtropical
	<i>Equisetosporites;</i> <i>Eucomidites;</i> <i>Gnetaceaepollenites;</i> <i>Regalipollenites;</i> <i>Steevesipollenites</i>	Ephedraceae, Gnetaceae, Welwitschiaceae	Tropical
	<i>Stellatopollis</i>	Euphorbiaceae	Tropical e Temperado
	<i>Rousea</i>	Salicaceae	Temperado
ANGIOSPERMA	<i>Striatopollis</i>	Solanaceae	Tropical
	<i>Afropollis;</i> <i>Retimonocolpites</i>	Gunneraceae	Aquático

5.3.1 Análise PCA

A Análise de Componentes Principais (PCA, na sigla em inglês) é uma técnica da estatística multivariada que tem como objetivo transformar um conjunto de variáveis originais em outro conjunto de variáveis de mesma dimensão. Essas últimas são chamadas de componentes principais (Hongyu *et al.*, 2015). Esse tipo de análise efetua a comparação, neste caso, entre táxons polínicos presentes em diferentes registros sedimentares, a partir de um coeficiente de similaridade capaz de diferenciar semelhanças e dessemelhanças (Adam, 1974). Desta forma, essa técnica é capaz de indicar, estatisticamente, congruências e discrepâncias entre elementos cretácicos e elementos do UMG.

Para cada um dos dez espectros polínicos, referentes aos trabalhos selecionados, foram listados os táxons presentes no recorte temporal do UMG, entre 18.000 anos AP e 25.000 anos AP, de modo a catalogar todas as variáveis a serem utilizadas na análise de PCA. O método de comparação entre os táxons botânicos presentes no UMG e no Cretáceo, para as análises de PCA, baseou-se na presença e ausência destes táxons em cada registro, assim como as respectivas equivalências atualísticas (Apêndice A).

6. RESULTADOS

6.1 Palinologia da Formação Romualdo

A realização do procedimento químico nas amostras da Formação Romualdo, resultou na confecção de 320 lâminas palinológicas, sendo 160 lâminas referentes ao afloramento Serra da Mãozinha e 160 lâminas referentes ao afloramento Sobradinho. Desta forma, foram confeccionadas 10 lâminas para cada nível estratigráfico amostrado.

Apesar deste trabalho contabilizar e identificar apenas o conteúdo esporopolínico fóssil observado nas amostras, o conteúdo palinomórfico total presente no material é composto, além de grãos de pólen e esporos, por cistos de dinoflagelados, algas *Botryococcus braunii*, fitoclastos como cutículas contendo estômatos bem preservados, e matéria orgânica amorfia.

Em relação ao conteúdo esporopolínico, entre as 16 amostras analisadas no perfil Serra da Mãozinha, 9 se mostraram inférteis, onde não há ocorrência de grãos de esporo e/ou pólen, sendo estas as amostras SM0,5; SM4; SM9; SM13; SM17,5, SM38,5, SM39,5, SM41 e SM42,5. Assim, apenas as amostras SM21, SM23, SM25, SM26, SM28, SM36 e SM37,5 são válidas para este estudo. Entre estas amostras válidas foram contabilizados 55 táxons esporopolínicos, compostos por 20 táxons de esporos de briófitas/pteridófitas, 30 táxons de gimnospermas e cinco táxons de angiospermas (Tabela 3).

Nesse contexto, os táxons mais comuns foram *Classopollis alexi*, *Classopollis classoides* e *Araucariacites australis* (Fig. 7). Apesar de serem menos frequentes na assembleia palinológica, destacam-se as presenças das espécies *Cicatricosisporites avnimelechi*, *Klukisporites foveolatus* e *Leptolepidites verrucatus* entre os esporos e entre os grãos de pólen destacam-se as espécies *Eucommiidites troedssonii*, *Inaperturopollenites simplex*, *Gamerroites psilasaccus* e *Stellatopollis* sp. (Fig. 8), sendo que *I. simplex*, *G. psilasaccus* e *Stellatopollis* sp. apenas estão presentes neste perfil.

O diagrama observado na Figura 9, detalha a distribuição dos gêneros observados ao longo do perfil Serra da Mãozinha. O gênero *Classopollis* é responsável por mais de 90% da assembleia observada, estando presente durante todo o intervalo temporal amostrado e amplamente predominante. Muito devido a essa predominância de *Classopollis*, as gimnospermas dominavam a paisagem, seguida por pteridófitas e com poucos táxons angiospérmicos.

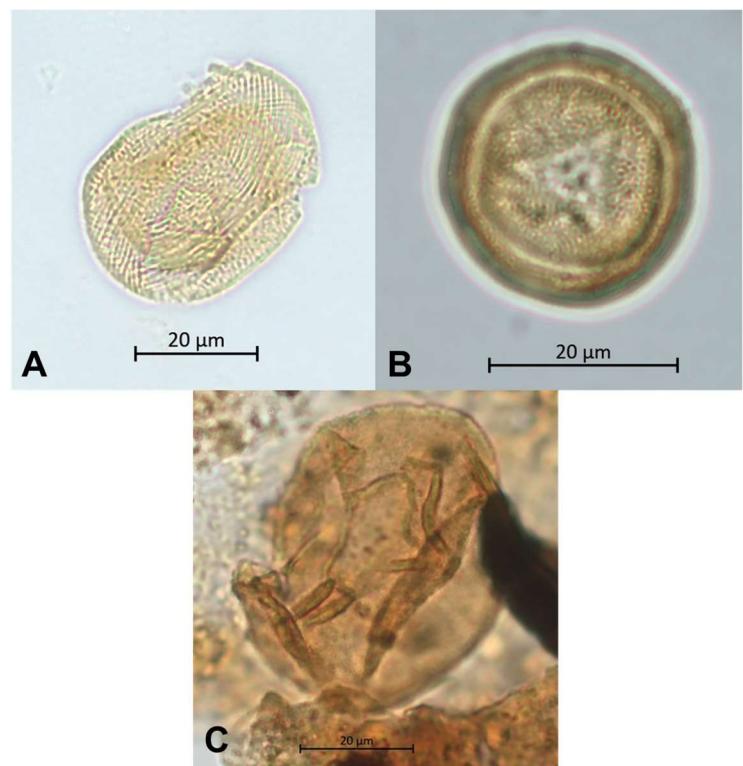


Figura 7. Espécies mais comuns ao longo do perfil Serra da Mãozinha. A) *Classopollis alexi*; B) *Classopollis classoides* e C) *Araucariacites australis*.

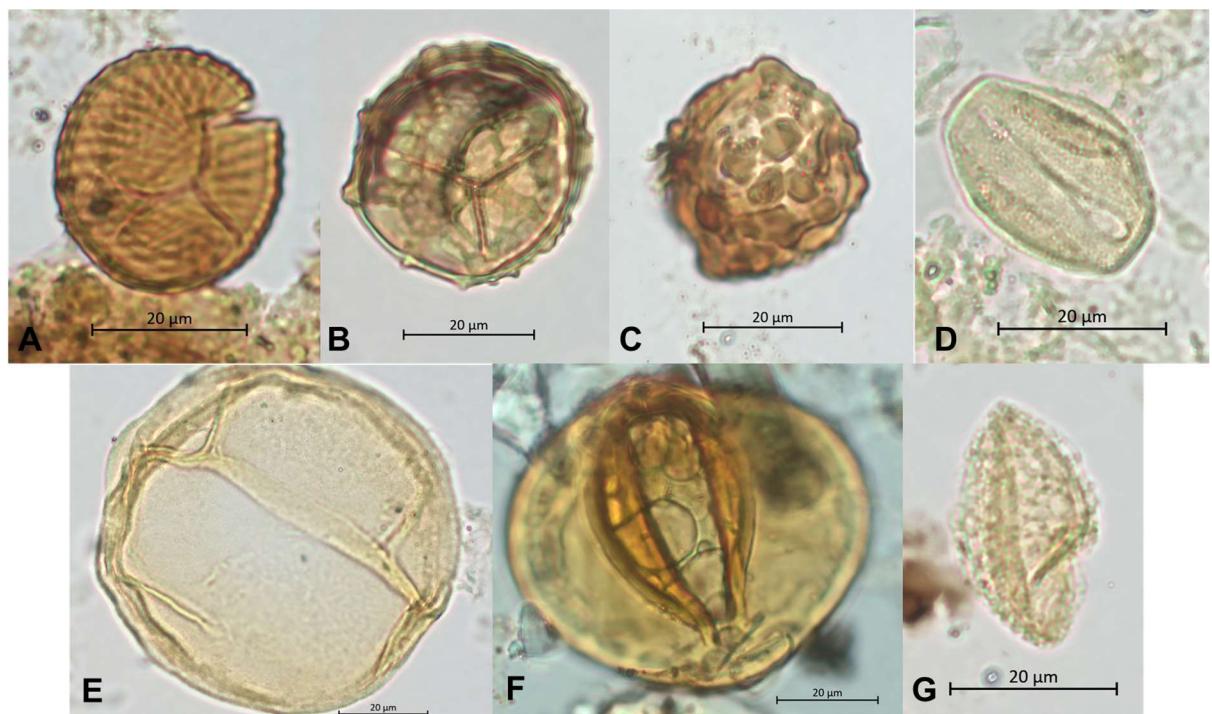


Figura 8. Destaques entre as espécies menos frequentes na associação palinológica do perfil Serra da Mãozinha da Formação Romualdo, em A) *Cicatricosisporites avnimelechi*; B) *Klukisporites foveolatus*; C) *Leptolepidites verrucatus*; D) *Eucommiidites troedssonii*; E) *Inaperturopollenites simplex*; F) *Gamerroites psilasaccus* e G) *Stellatopollis* sp.

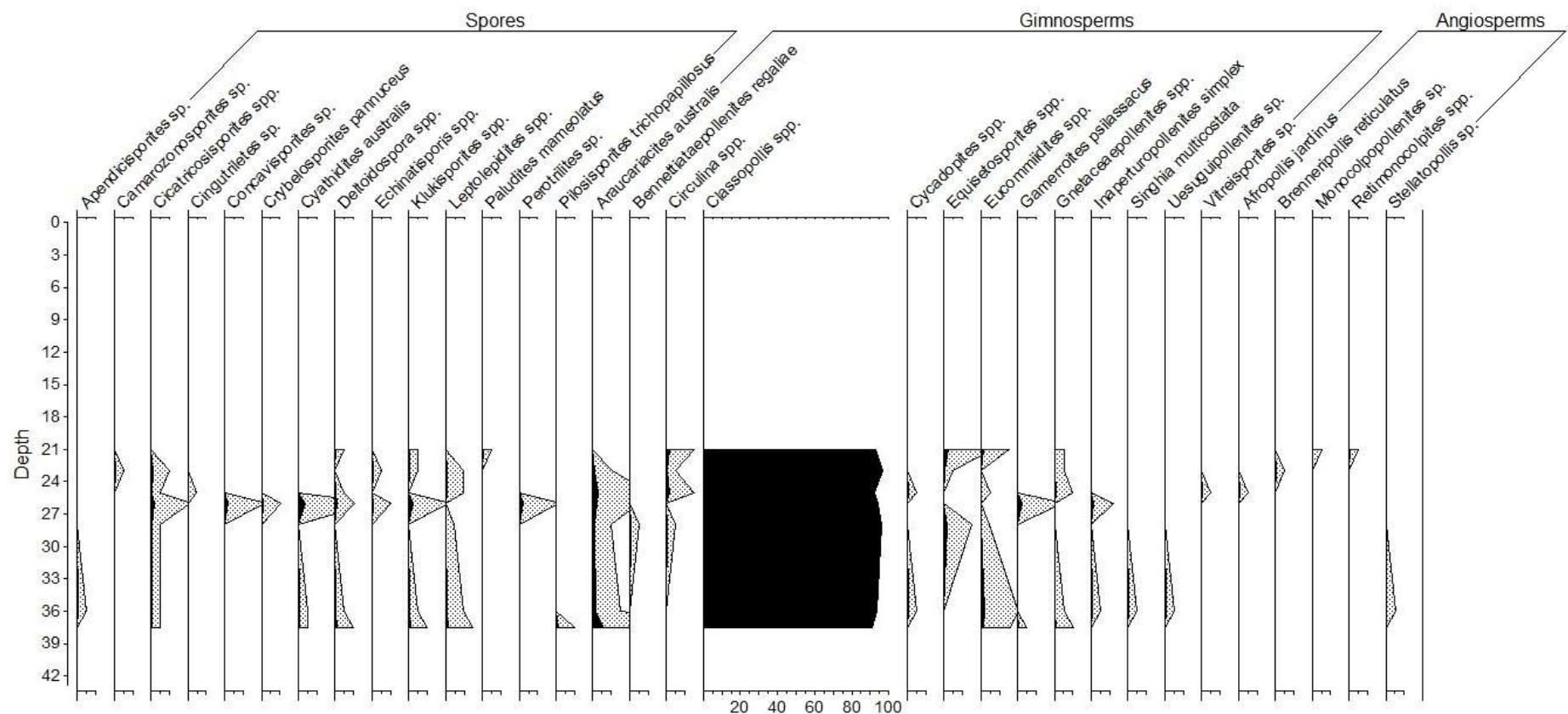


Figura 9. Diagrama de distribuição, em porcentagem, dos gêneros botânicos presentes no perfil Serra da Mãozinha da Formação Romualdo. Todos os gêneros, com exceção ao gênero *Classopolis*, apresentam exagero de 10x.

No perfil Sobradinho, entre as 16 amostras analisadas, cinco amostras se mostraram inférteis: SB0,2, SB2,3, SB41, SB48 e SB50. Entre as amostras válidas, foram observados 66 táxons esporopolínicos, compostos por 27 táxons de esporos de briófitas/pteridófitas, 33 táxons de gimnospermas e 6 táxons de angiospermas (Tabela 4). Assim como no perfil anterior, os táxons mais comuns são *Classopollis alexi*, *Classopollis classoides* e *Araucariacites australis*, porém com presença representativa de táxons do gênero *Vitreisporites* (Fig. 10). Além destes, entre os esporos que aparecem com menor frequência, destacam-se as espécies *Cicatricosisporites avnimelechi*, *Deltoidospora halii* e *Pilosisporites trichopapillosum* e entre os grãos de pólen de gimnospermas e angiospermas, destacam-se as espécies *Eucommiidites troedssonii*, *Gnetaceaepollenites retangularis*, *Inaperturopollenites turbatus*, *Sergipea variverrucata* e *Afropollis jardinus* (Fig. 11). Destes, *I. turbatus* e *S. variverrucata* estão presentes apenas no perfil Sobradinho. Assim como ocorrido no perfil Serra da Mãozinha, os táxons menos frequentes possuem tal destaque não devido ao número de ocorrências, mas pela importância paleoecológica e bioestratigráfica que possuem. O maior exemplo é a espécie *S. variverrucata*, que é um fóssil-guia para datação relativa da transição Aptiano-Albiano.

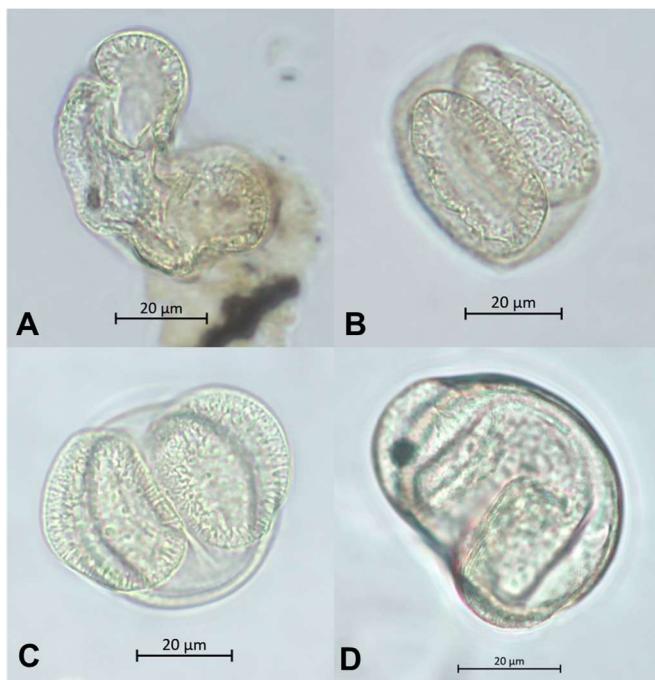


Figura 10. Espécies do gênero *Vitreisporites* presentes apenas no perfil Sobradinho da Formação Romualdo. Em A) *Vitreisporites microsaccus*; B) *Vitreisporites* sp. 2; C) *Vitreisporites* sp. 3 e D) *Vitreisporites* sp. 4.

O diagrama da Figura 12, detalha a distribuição dos gêneros botânicos observados ao longo do perfil Sobradinho. Neste, é possível observar a predominância do gênero *Classopollis* (~85-90%), porém, tal predominância é menor do que a observada no perfil Serra da Mãozinha, havendo maior diversidade no material estudado do afloramento Sobradinho. Apesar dessa menor influência do gênero *Classopollis*, as gimnospermas ainda são mais

representativas na paisagem, seguidas pelas plantas pteridófitas e com poucas angiospermas compondo o mosaico vegetal do paleoambiente.

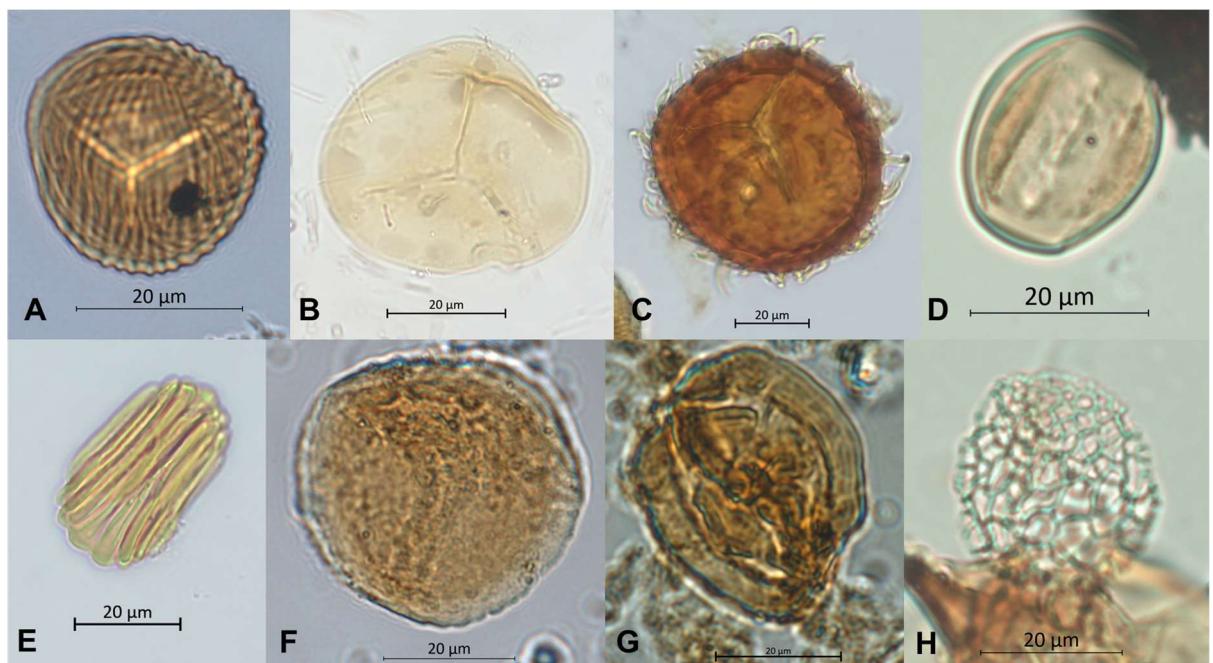


Figura 11. Destaques entre as espécies menos frequentes na associação palinológica do perfil Sobradinho da Formação Romualdo, em A) *Cicatricosporites avnimelechi*; B) *Deltoidospora halii*; C) *Pilosporites trichopapillosum*; D) *Eucommiidites troedssonii*; E) *Gnetaceae pollenites retangularis*; F) *Inaperturopollenites turbatus*; G) *Sergipe variverrucata* e H) *Afropollis jardinus*.

No geral, as amostras da Formação Romualdo mostram um espectro constituído por 90 táxons esporopolínicos, onde 46 táxons são provenientes de gimnospermas, 11 táxons são oriundos de angiospermas, e os demais 33 táxons correspondem a grãos de esporos de pteridófitas/briófitas. As descrições de cada espécie podem ser encontradas no Apêndice B deste trabalho, enquanto que as pranchas esporopolínicas contendo todas as espécies observadas podem ser encontradas nos Apêndices C, D e E.

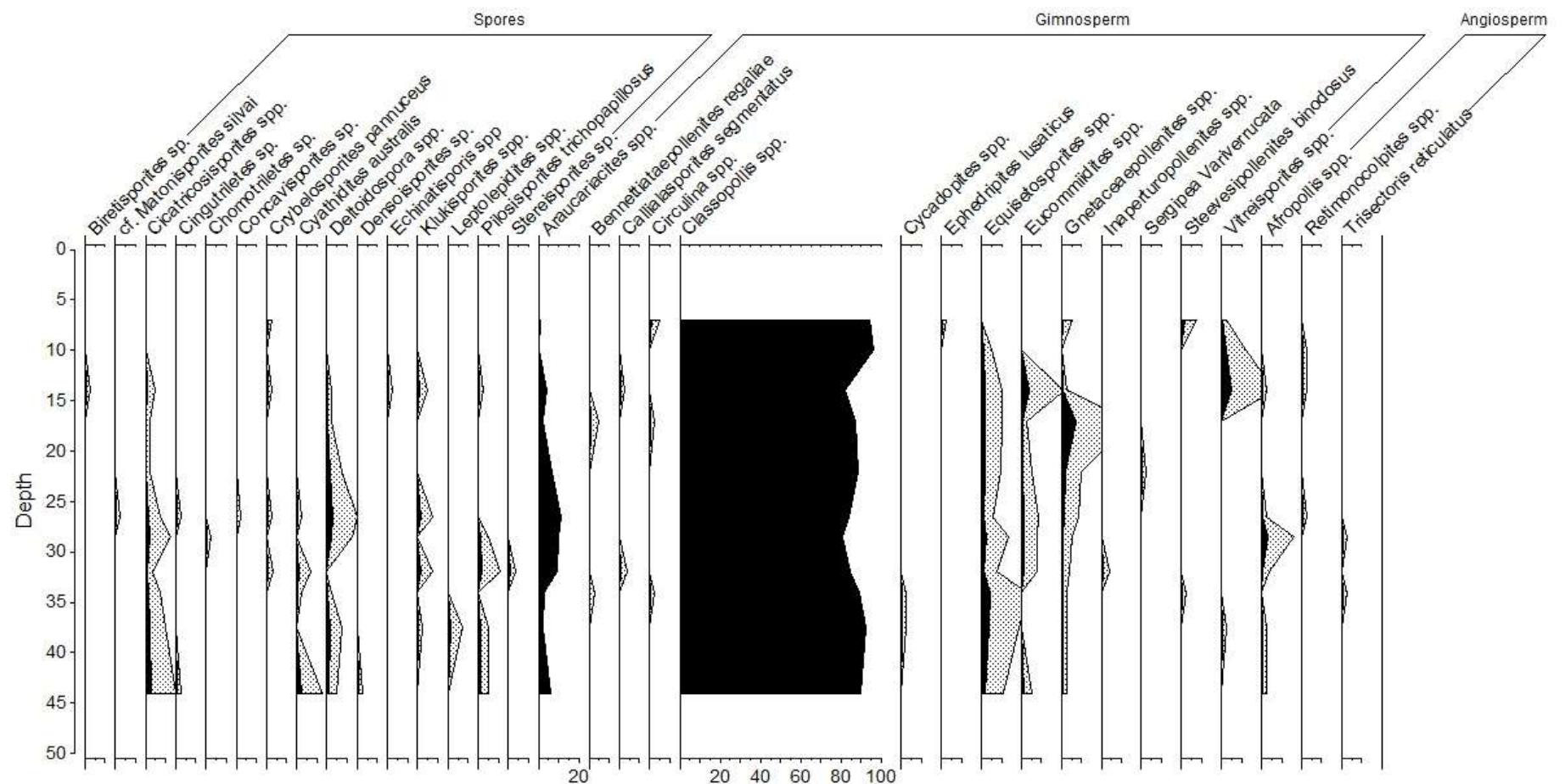


Figura 12. Diagrama de distribuição, em porcentagem, dos gêneros botânicos presentes no perfil Sobradinho da Formação Romualdo. Todos gêneros, com exceção aos gêneros *Araucariacites* e *Classopolis*, apresentam exagero de 5x.

Tabela 3 - Palinomorfos, e suas respectivas quantidades, encontrados no perfil Serra da Mãozinha da Formação Romualdo.

GRUPO	TÁXON	NÍVEIS (m)						
		SM21	SM23	SM25	SM26	SM28	SM36	SM37,5
ESPOROS - BRIÓFITA E PTERIDÓFITA	<i>Apendicisporites</i> sp.	0	0	0	0	0	1	0
	<i>Camarozonosporites</i> sp.	0	1	0	0	0	0	0
	<i>Cicatricosisporites avnimelechi</i>	0	2	1	2	1	0	1
	<i>Cicatricosisporites microstriatus</i>	0	0	0	0	0	1	0
	<i>Cingutriletes</i> sp.	0	0	1	0	0	0	0
	<i>Concavisporites</i> sp.	0	0	0	2	0	0	0
	<i>Crybelosporites pannuceus</i>	0	0	0	1	0	0	0
	<i>Cyathidites australis</i>	0	0	0	4	0	1	1
	<i>Deltoidospora halii</i>	0	0	0	0	0	1	1
	<i>Deltoidospora juncta</i>	0	0	1	0	0	0	1
	<i>Deltoidospora minor</i>	1	0	0	0	0	0	0
	<i>Deltoidospora</i> sp.	0	0	0	1	0	0	0
	<i>Echinatisporis</i> sp.	0	0	0	1	0	0	0
	<i>Echinatisporis</i> sp. 2	0	1	0	0	0	0	0
	<i>Klukisporites foveolatus</i>	1	1	0	2	0	1	2
	<i>Leptolepidites psarosus</i>	0	0	0	0	0	0	3
	<i>Leptolepidites verrucatus</i>	0	2	2	0	1	2	0
	<i>Paludites mameolatus</i>	1	0	0	0	0	0	0
	<i>Perotrilites</i> sp.	0	0	0	2	0	0	0
	<i>Pilosporites trichopapillosum</i>	0	0	0	0	0	0	2
PÓLEN - GIMNOSPERMA	<i>Araucariacites australis</i>	0	2	6	2	2	3	10
	<i>Araucariacites limbatus</i>	0	0	0	0	0	0	1
	<i>Bennettiaepollenites regaliae</i>	0	0	0	0	1	0	0
	<i>Circulina meyeriana</i>	3	1	0	0	1	0	0
	<i>Circulina parva</i>	0	0	3	0	0	0	0
	<i>Classopollis alexi</i>	128	122	68	22	93	90	73

	<i>Classopollis brasiliensis</i>	17	2	1	0	0	0	0
	<i>Classopollis classoides</i>	32	61	117	50	101	95	96
	<i>Classopollis</i> sp.	0	0	0	0	2	0	0
	<i>Classopollis torosus</i>	6	6	0	5	0	0	3
	<i>Cycadopites nitidus</i>	0	0	1	0	0	0	0
	<i>Cycadopites</i> sp.	0	0	0	0	0	1	0
	<i>Equisetosporites lanceolatus</i>	3	0	0	0	0	0	0
	<i>Equisetosporites luridus</i>	0	1	0	0	0	0	0
	<i>Equisetosporites ovatus</i>	0	0	0	0	3	0	0
	<i>Equisetosporites</i> sp.	1	0	0	0	0	0	0
	<i>Equisetosporites</i> sp. 2	1	0	0	0	0	0	0
	<i>Eucommiidites</i> sp.	0	0	0	0	0	1	0
	<i>Eucommiidites</i> sp. 2	0	0	0	0	0	0	2
	<i>Eucommiidites troedsonii</i>	3	0	1	0	1	3	1
	<i>Gamerroites psilasaccus</i>	0	0	0	2	0	0	1
	<i>Gnetaceaepollenites chlatratus</i>	1	0	0	0	0	0	0
	<i>Gnetaceaepollenites jansonii</i>	0	1	0	0	0	1	0
	<i>Gnetaceaepollenites retangularis</i>	0	0	2	0	0	0	0
	<i>Gnetaceaepollenites</i> sp.	0	0	0	0	0	0	1
	<i>Gnetaceaepollenites uesuguii</i>	0	0	0	0	0	0	1
	<i>Inaperturopollenites simplex</i>	0	0	0	1	0	1	0
	<i>Singhia multicostata</i>	0	0	0	0	0	1	0
	<i>Uesuguipollenites</i> sp.	0	0	0	0	0	1	0
	<i>Vitreisporites</i> sp.	0	0	1	0	0	0	0
PÓLEN - ANGIOSPERMA	<i>Afropollis jardinus</i>	0	0	1	0	0	1	0
	<i>Brenneripollis reticulatus</i>	0	1	0	0	0	0	0
	<i>Monocolpopollenites</i> sp.	1	0	0	0	0	0	0
	<i>Retimonocolpites</i> sp.	1	0	0	0	0	0	0
	<i>Stellatopollis</i> sp.	0	0	0	0	0	1	0

Tabela 4 - Palinomorfos, e suas respectivas quantidades, encontrados no perfil Sobradinho da Formação Romualdo.

GRUPO	TÁXON	NÍVEIS (m)										
		SB7	SB10	SB14	SB17,5	SB22	SB26,5	SB28,5	SB32	SB34	SB37,5	SB44
ESPOROS - BRIÓFITAS E PTERIDÓFITAS	<i>Biretisporites</i> sp.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>cf. Matonisporites silvai</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	<i>Cicatricosisporites avnimelechi</i>	0	0	2	0	0	1	5	0	0	3	5
	<i>Cicatricosisporites brevilaesuratus</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	3	1	0
	<i>Cicatricosisporites microstriatus</i>	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
	<i>Cicatricosisporites nuni</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	<i>Cicatricosisporites</i> sp.	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	<i>Cingutriletes</i> sp.	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	<i>Chomotriletes almegrensis</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	<i>Concavisporites</i> sp.	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	<i>Crybelosporites pannuceus</i>	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0
	<i>Cyathidites australis</i>	0	0	0	0	0	1	0	2	1	0	5
	<i>Deltoidospora halii</i>	0	0	0	0	3	4	3	0	1	0	1
	<i>Deltoidospora juncta</i>	0	0	0	0	0	1	1	0	0	3	1
	<i>Deltoidospora minor</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	<i>Deltoidospora</i> sp.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Deltoidospora</i> sp. 2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Deltoidospora</i> sp. 3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	<i>Densoisporites</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	<i>Echinatisporis</i> sp. 3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Klukisporites foveolatus</i>	0	0	2	0	0	1	0	1	0	1	0
	<i>Klukisporites pseudoreticulatus</i>	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
	<i>Klukisporites</i> sp.	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	<i>Leptolepidites psarosus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

PÓLEN - GIMNOSPERMA	<i>Leptolepidites verrucatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
	<i>Pilosisporites trichopapillosum</i>	0	0	1	0	0	0	2	3	0	2
	<i>Stereisporites</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	<i>Araucariacites australis</i>	2	0	8	4	13	20	19	9	4	11
	<i>Araucariacites limbatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0
	<i>Bennettiataepollenites regaliae</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0
	<i>Callialasporites segmentatus</i>	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
	<i>Circulina meyeriana</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0
	<i>Circulina parva</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Classopollis alexi</i>	126	124	94	32	46	99	96	77	96	74
	<i>Classopollis brasiliensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	<i>Classopollis classoides</i>	62	74	57	141	133	54	56	32	78	98
	<i>Classopollis torosus</i>	0	0	6	0	0	0	0	0	1	0
	<i>Cycadopites</i> sp. 2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	<i>Cycadopites</i> sp. 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	<i>Ephedripites</i> sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Equisetosporites lanceolatus</i>	0	0	0	2	1	0	0	0	2	2
	<i>Equisetosporites luridus</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1
	<i>Equisetosporites maculosus</i>	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0
	<i>Equisetosporites minuticostatus</i>	0	1	2	1	2	0	0	1	4	1
	<i>Equisetosporites ovatus</i>	0	0	1	0	0	0	1	0	0	3
	<i>Equisetosporites</i> sp. 3	0	1	1	0	0	1	4	0	0	0
	<i>Equisetosporites</i> sp. 4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	<i>Eucommiidites</i> sp. 2	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Eucommiidites troedsonii</i>	0	0	4	1	2	3	3	2	0	0
	<i>Gnetaceaepollenites chlatratus</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0

	<i>Gnetaceaepollenites jansonii</i>	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
	<i>Gnetaceaepollenites retangularis</i>	2	0	1	12	3	2	1	0	0	0	0
	<i>Gnetaceaepollenites</i> sp. 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	<i>Inaperturopollenites turbatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	<i>Sergipea Variverrucata</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	<i>Steevesipollenites binodosus</i>	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	<i>Vitreisporites microsaccus</i>	1	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	<i>Vitreisporites</i> sp. 2	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Vitreisporites</i> sp. 3	0	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Vitreisporites</i> sp. 4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
PÓLEN - ANGIOSPERMA	<i>Afropollis jardinus</i>	0	0	1	0	0	1	6	1	0	1	0
	<i>Afropollis zonatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	<i>Retimonocolpites dividuus</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Retimonocolpites</i> sp. 2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Retimonocolpites</i> sp. 3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	<i>Trisectoris reticulatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

6.2. Afinidades botânicas

A partir do princípio do Atualismo pode-se assumir que paleoambientes eram formados por comunidades compostas por elementos adaptados às condições em que viviam, assim como ocorre atualmente. Dessa forma, paleoelementos adaptados a certas condições são estritamente semelhantes aos elementos modernos relacionados a esses mesmos ambientes (Abbink *et al.*, 2001; Nascimento, 2013). A compilação destes dados pode ser observada na tabela 6.

6.2.1 Briófitas e pteridófitas

Grupo formado por grãos de esporos monoletes e triletes amplamente representados na associação palinológica estudada. São observados, a partir de Dino (1992), Nascimento (2013), Giannerini *et al.* (2023) e Lacerda (2023), (a) triletes lisos, associados a briófitas e pteridófitas ligadas às famílias Cyatheaceae, Dicksoniaceae, Gleicheniaceae, Matoniaceae, Osmundaceae e Sphagnaceae; (b) triletes ornamentados, associados a pteridófitas ligadas às famílias Lycopodiaceae, Selaginellaceae e Schizaeaceae; (c) trilete perisporado, associados apenas à pteridófitas da família Marsileaceae; e (d) monoletes, relacionados a pteridófitas da família Schizaeaceae.

Família Cyatheaceae

Representada por samambaias arbóreas associadas a ambientes sombreados e úmidos, além de florestas de altitude, como epífitas, em clima tropical e subtropical (Dino, 1992; Nascimento, 2013; Lacerda, 2023). Na associação palinológica está representada pelo gênero *Cyathidites* e *Deltoidospora*.

Família Dicksoniaceae

Samambaias de porte arbóreo com ampla distribuição geográfica. Ocorrem preferencialmente em florestas úmidas de clima tropical, com algumas espécies ocorrendo em clima temperado (Dino, 1992; Nascimento, 2013; Lacerda, 2023). Aqui representada pelos gêneros *Cyathidites* e *Deltoidospora*.

Família Gleicheniaceae

Samambaias herbáceas de climas tropicais e subtropicais associadas a habitat seco (Dino, 1992). Representada pelo gênero *Deltoidospora*.

Família Lycopodiaceae

Composta por plantas de pequeno porte de ambientes úmidos e sombreados. Associada a climas árticos, temperados e florestas tropicais da América (Dino, 1992; Nascimento, 2013; Lacerda, 2023). Representada pelos gêneros *Camarozonosporites*, *Leptolepidites* e *Perotrilites*.

Família Marsileaceae

Plantas de porte herbáceo com hábito de vida aquático ou semiaquático, associadas a ambientes com elevada umidade (Dino, 1992; Nascimento, 2013; Lacerda, 2023). Representada pelos gêneros *Concavisporites* e *Crybelosporites*.

Família Matoniaceae

Samambaias termófilas de porte herbáceo, anteriormente amplamente difundidas nas regiões dos trópicos (Nascimento, 2013; Lacerda, 2023). Na associação está representada pelos gêneros *Biretisporites* e cf. *Matonisporites*.

Família Osmundaceae

Típica de climas tropicais, subtropicais e temperados, desenvolvendo-se em ambientes úmidos e florestas densas. Hábito terrestre e aquático, raramente arbóreo (Dino, 1992; Nascimento, 2013). Na associação está representada pelo gênero *Biretisporites*.

Família Schizaeaceae

Compostas por plantas herbáceas, principalmente em climas tropicais e subtropicais, porém com ocorrências próximas aos polos (Dino, 1992; Lacerda, 2023). Família com maior número de gêneros representantes na associação, *Apendicisporites*, *Cicatricosisporites*, *Chomotriletes*, *Klukisporites* e *Pilosisporites*.

Família Selaginellaceae

Com ampla distribuição geográfica, esta família é representada por plantas epífitas e herbáceas que se desenvolvem em ambientes de florestas sombreadas e sobre locais levemente úmidos. Ocorrem principalmente em climas tropicais (Dino, 1992; Lacerda, 2023). Representada, na associação palinológica, pelos gêneros *Densoisporites*, *Echinatisporis* e *Leptolepidites*.

Família Sphagnaceae

Única família de briófitas, são musgos associados a habitats terrestres ou aquáticos. São plantas pioneiras em regiões úmidas e sujeitas a inundações. Podem formar extensas colônias e turfeiras. Associada a ambientes de terras baixas e úmidas ou a altitudes elevadas (Dino, 1992; Costa, 2020). Nesta associação palinológica está representada pelo gênero *Cingutriletes*.

6.2.2 Gimnospermas

Formado por grãos de pólen com morfologia diversificada, as gimnospermas são o grupo mais abundante na associação esporopolínica, sendo parte deste os principais gêneros dominantes do espectro. Composto por grãos: (a) inaperturados, associados às famílias Araucariaceae, Cupressaceae, Taxaceae e Taxodiaceae; (b) sacados, ligados às famílias Araucariaceae, Caytoniaceae e Podocarpaceae; (c) poliplicados, associados às famílias

Ephedraceae, Gnetaceae e Welwitschiaceae; (d) monocolpados, correspondente à família Cycadaceae; (e) rimulados, associados à família extinta Cheirolepidiaceae; (f) tricolpados, referente à família Erdmanithecaceae. As associações dos grupos morfológicos e as famílias botânicas são de acordo com Dino (1992), Nascimento (2013), Giannerini *et al.* (2023) e Lacerda (2023).

Família Araucariaceae

Representada por plantas arbóreas de grande porte, características de climas temperados do Hemisfério Sul (Dino 1992; Lacerda, 2023). Na associação palinológica está representada pelos gêneros *Araucariacites* e *Callialasporites*.

Família Caytoniaceae

Única representante de um grupo fóssil extinto no Cretáceo Superior. Possui as mesmas características das plantas pináceas, ou seja, plantas arbóreas ou arbustivas lenhosas, associadas a climas temperados ou a terras altas úmidas do Hemisfério Norte (Dino, 1992). Representada pelo gênero *Vitreisporites*.

Família Cheirolepidiaceae

Família extinta composta por coníferas adaptadas a ambientes áridos e semiáridos, principalmente associadas a regiões costeiras (Dino, 1992; Lacerda, 2023). Representada pelos gêneros *Circulina* e *Classopollis*, sendo este último o mais abundante no registro.

Famílias Cupressaceae/Taxaceae/Taxodiaceae

Composta por plantas lenhosas, geralmente de porte arbóreo, predominantes em regiões de clima temperado. Ocorrem em ambos os Hemisférios, com exceção da família Taxaceae que é exclusiva do Hemisfério Norte. Membros da família Taxodiaceae são adaptados a áreas alagadiças (Dino, 1992). Na associação representada pelos gêneros *Inaperturopollenites* e *Uesuguipollenites*.

Família Cycadaceae

Plantas de porte arbóreo, que atualmente estão restritas a ambientes áridos, porém registros fósseis indicam que no passado estavam presentes em ambientes de climas subtropicais a temperados quentes (Dino, 1992). Representada na associação pelos gêneros *Bennettitaepollenites* e *Cycadopites*.

Famílias Ephedraceae, Gnetaceae, Welwitschiaceae

Família composta por plantas lenhosas arbustivas ou semitrepadeiras, adaptadas a condições extremas de climas quentes e frios de solo seco. A família Ephedraceae possui apenas um gênero (*Ephedra*), sendo restrita a ambientes áridos de clima subtropical (Dino, 1992). Representada pelos gêneros *Equisetosporites*, *Ephedripites*, *Gnetaceaepollenites*, *Singhia* e *Steevesipollenites*.

Família Erdtmanithecaceae

Família completamente extinta, com plantas supostamente herbáceas, subarbustivas e arbustivas (Mendes *et al.*, 2012; Lacerda, 2023). Representada pelo gênero *Eucommiidites*.

Família Podocarpaceae

Plantas arbóreas de grande porte, essas coníferas ocorrem em ambientes montanhosos de clima temperado. É principalmente encontrada no Hemisfério Sul (Dino, 1992). Na associação está representada pelos gêneros *Callilasporites*, *Gamerroites* e *Inaperturopollenites*.

6.2.3 Angiospermas

Devido ao surgimento das angiospermas ocorrer próximo a essa faixa do tempo geológico, há aproximadamente 130 milhões de anos (Soltis & Soltis, 2004), é o grupo menos difundido e diversificado ao longo dos registros. São grãos de pólen monocolpados e monosulcados associados, de acordo com Dino (1992), Nascimento (2013), Giannerini *et al.* (2023) e Lacerda (2023). às famílias Euphorbiaceae, Gunneraceae e Schisandraceae. Além de um gênero *Monocolcopollenites* que não possui afinidade conhecida.

Família Euphorbiaceae

Família abrangente, composta por plantas herbáceas, arbustivas, arbóreas e trepadeiras, amplamente distribuídas pelas regiões tropicais e subtropicais, inclusive em ambientes áridos (Nascimento, 2013). Está representada na associação pelo gênero *Stellatopollis*.

Família Gunneraceae

Plantas aquáticas ou terrestres de áreas alagadas, de porte herbáceo, distribuídas pelas zonas tropicais e subtropicais. Se desenvolvem em ambientes sombreados e frios, predominantemente no Hemisfério Sul (Dino, 1992; Nascimento, 2013). Representada pelos gêneros *Afropollis*, *Brenneripollis* e *Retimonocolpites*.

Família Schisandraceae

Família composta por pequenas árvores, arbustos e trepadeiras, estão associadas a florestas de ambientes quentes em climas subtropicais. A antiga família Illiciaceae é atualmente classificada nesta família (Keng, 1993). Representada na associação pelo gênero *Trisectoris*.

Tabela 5. Prováveis afinidades botânicas dos palinomorfos estudados nos perfis Serra da Mãozinha e Sobradinho da Formação Romualdo, tendo como base a literatura supracitada.

DIVISÃO	FAMÍLIA	GÊNERO PALINOMORFOS - FORMAÇÃO ROMUALDO	AMBIENTE
BRIÓFITA	Sphagnaceae	<i>Cingutriletes</i>	Tropical úmido
	Cyatheaceae, Dicksoniaceae	<i>Cyathidites;</i> <i>Deltoidospora</i>	Tropical e Subtropical
	Gleicheniaceae	<i>Deltoidospora</i>	Tropical e Subtropical
	Lycopodiaceae	<i>Camarazonosporites;</i> <i>Leptolepidites;</i> <i>Perotrilites</i>	Tropical a Subtropical
	Marsileaceae	<i>Concavisporites;</i> <i>Crybelosporites</i>	Tropical a Subtropical
	Matoniaceae	<i>Biretisporites;</i> <i>Matonisporites</i>	Tropical
	Osmundaceae	<i>Biretisporites</i>	Tropical e Temperado
	Schizeaceae	<i>Apendicisporites;</i> <i>Cicatricosisporites;</i> <i>Chomotriletes;</i> <i>Klukisporites;</i> <i>Pilosporites</i>	Tropical e Subtropical
	Selaginellaceae	<i>Densoisporites;</i> <i>Echinatisporites;</i> <i>Leptolepidites</i>	Tropical
GIMNOSPERMA	Araucariaceae	<i>Araucariacites;</i> <i>Callialasporites</i>	Temperado
	Caytoniaceae	<i>Vitreisporites</i>	Temperado
	Cheirolepidiaceae	<i>Circulina;</i> <i>Classopollis</i>	Tropical e Subtropical
	Cupressaceae, Taxaceae, Taxodiaceae	<i>Inaperturopollenites;</i> <i>Uesuguiipollenites</i>	Tropical e Subtropical
	Cycadaceae	<i>Bennettitaepollenites;</i> <i>Cycadopites</i>	Tropical e Subtropical
	Ephedraceae, Gnetaceae, Welwitschiaceae	<i>Equisetosporites;</i> <i>Ephedripites;</i> <i>Gnetaceaepollenites;</i> <i>Singhia;</i> <i>Steevesipollenites</i>	Tropical
	Erdmanithecaceae	<i>Eucommiidites</i>	Tropical
	Podocarpaceae	<i>Callialasporites;</i> <i>Gamerroites;</i> <i>Inaperturopollenites</i>	Temperado
ANGIOSPERMA	Euphorbiaceae	<i>Stellatopollis</i>	Tropical e Temperado
	Gunneraceae	<i>Afropollis;</i> <i>Brenneripollis;</i> <i>Retimonocolpites</i>	Aquático
	Schisandraceae	<i>Trisectoris</i>	Subtropical

6.3 Equivalência Atualística e Análise PCA

Realizada a comparação entre os táxons identificados nos perfis Serra da Mãozinha e Sobradinho, da Formação Romualdo, e os táxons presentes no UMG, a partir da literatura selecionada, tem-se que 12 gêneros cretácicos possuem afinidade com famílias modernas conforme mostra tabela 6.

Tabela 6. Relação de afinidade botânica entre palinomorfos da Formação Romualdo e famílias modernas do UMG.

DIVISÃO	FAMÍLIA - UMG	GÊNERO PALINOMORFOS - FORMAÇÃO ROMUALDO	AMBIENTE
PTERIDÓFITA	Cyatheaceae, Dicksoniaceae, Triletes	<i>Cyathidites; Deltoidospora</i>	Tropical e Subtropical
	Lycopodiaceae	<i>Camarozonosporites;</i> <i>Leptolepidites; Perotrilites</i>	Tropical a Subtropical
	Selaginellaceae	<i>Densoisporites;</i> <i>Echinatisporis;</i> <i>Leptolepidites</i>	Tropical
GIMNOSPERMA	Araucariaceae	<i>Araucariacites;</i> <i>Callialasporites</i>	Temperado
	Podocarpaceae	<i>Callialasporites;</i> <i>Gamerroites;</i> <i>Inaperturopollenites</i>	Temperado
ANGIOSPERMA	Euphorbiaceae	<i>Stellatopollis</i>	Tropical e Temperado

Os diagramas de dispersão (*scattergrams*) derivados da análise de PCA dos dados de similaridade florística entre amostras sedimentares dos perfis Serra da Mãozinha e Sobradinho e de perfis do Último Máximo Glacial de várias regiões no Brasil são apresentados, a seguir, nas Figuras 13a e 13b.

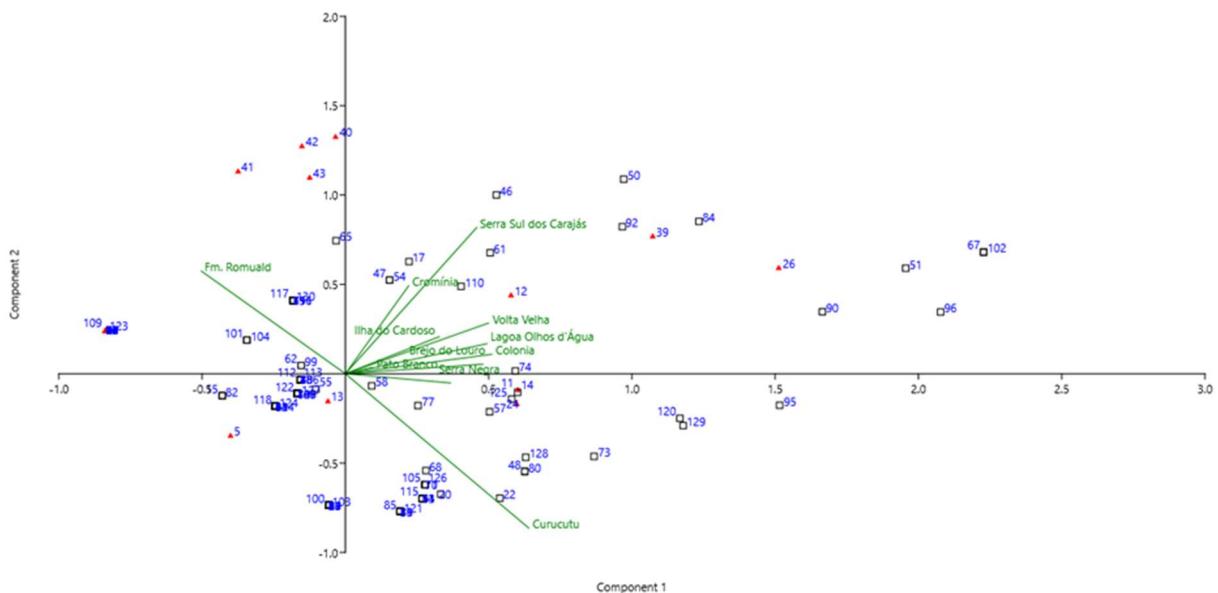


Figura 13a. Dispersão gráfica dos resultados de PCA, com relação a dados de presença/ausência de táxons polínicos do Cretáceo e do UMG quaternário. Os números indicam os táxons apresentados no Apêndice A.

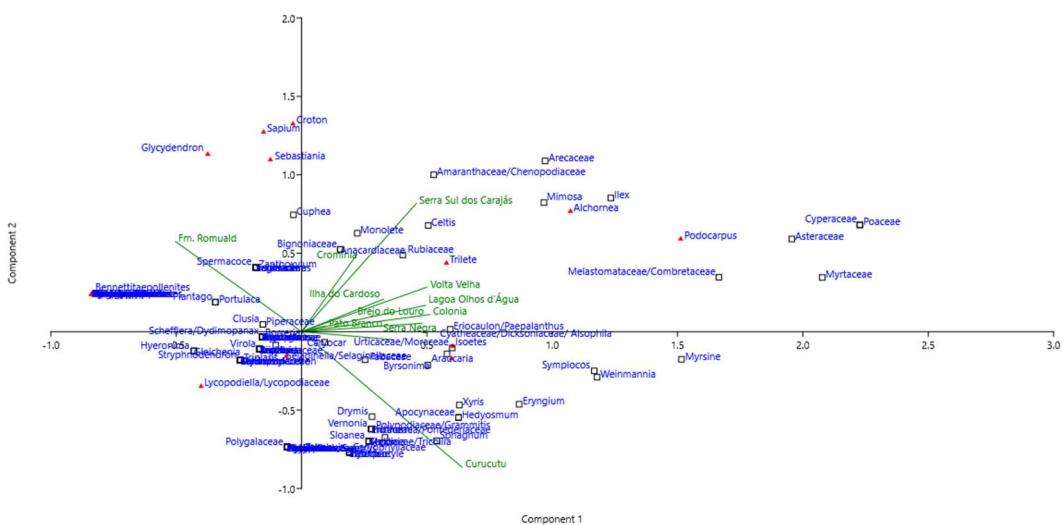


Figura 13b. Dispersão gráfica dos resultados de PCA, com relação a dados de presença/ausência de táxons polínicos do Cretáceo e do UMG quaternário com indicação taxonômica.

O primeiro diagrama (Fig.13) mostra o isolamento do sinal palinológico da Formação Romualdo dos registros glaciais quaternários, que pode ser explicado possivelmente pelo predomínio de táxons sem equivalência moderna como, por exemplo, os táxons 25 (*Bennettitaepollenites*), 109 (*Retimonocolpites*) e 123 (*Trisectoris*). O primeiro representa uma ordem extinta de plantas gimnospermicas, restrita a fases mais secas do Cretáceo (Taylor *et al.*, 2009). Segundo Dino (1992) e Nascimento (2013), *Retimonocolpites* era tipicamente encontrado em áreas mais sombreadas, em clima mais ameno. Os táxons 101 (*Plantago*) e 104 (*Portulaca*) são encontrados, respectivamente, em ambientes úmidos da Mata Atlântica

e em ambientes mais xéricos dos neotrópicos. O cluster, composto principalmente pelos táxons 55 (*Borreria*), 62 (*Clusia*), 99 (Piperaceae), 112 (Sapindaceae), 113 (*Schefflera*), 118 (*Stryphnodendron*), 122 (*Tapirira*) e 124 (*Triplaris*), representa um espectro polínico típico de florestas neotropicais de terras baixas, em clima úmido. Esse conjunto florístico está próximo de dois grupos de táxons cretácicos com equivalência atualistica moderna com as famílias de ervas florestais tropicais Selaginellaceae e Lycopodiaceae como os táxon 5 (*Camarozonosporites/Crybelosporites/Leptolepidites/Perotrilites*) e 13 (*Densoisporites/Echinatisporis/Leptolepidites/Perotrilites*).

No quadrante direito inferior do diagrama da Fig. 13, encontra-se a equivalência entre o táxon cretácico *Araucariacites* e o representante moderna *Araucaria angustifolia*, em um cenário florístico indicador de florestas semitemperadas de altitude acima de 1500 metros no Sudeste do Brasil e em elevações mais baixas de latitudes acima de 25°S (Pinaya et al. 2019, 2024). Entre esses táxons destacam-se Urticaceae/Moraceae, Cyatheaceae/Dicksoniaceae, *Isoetes*, *Eriocaulon*, *Byrsonima*, *Hedyosmum*, *Drimys*, *Sphagnum*, *Symplocos*, *Weinmannia*, entre outros.

Os gêneros cretácicos *Caliallasporites*, *Inaperturopollenites* e *Gamerroites* e seu representante moderno *Podocarpus* encontram-se isolados no quadrante direito superior do diagrama, que pode ser explicado pelos amplos requerimentos ecológicos do táxon moderno, que se distribui latitudes atuais no Brasil entre 30°S e 5°N, em vários regimes hidrológicos, assim como os táxons Myrtaceae, Asteraceae, *Alchornea*, Mimoso e outros.

7. DISCUSSÃO

A palinoflora da Formação Romualdo, presente nos afloramentos Serra da Mãozinha e Sobradinho, mostra forte similaridade às descritas para a Formação Romualdo estudada por Lacerda (2023) e Nascimento (2023), da Formação Crato da Bacia Jatobá (Nascimento, 2013), Formação Santana da Bacia do Araripe (Portela, 2008) e Formação Alagamar da Bacia Potiguar (Dino, 1992). Esta palinoflora é composta por espécies características do Eocretáceo, especificamente da transição Aptiano-Albiano, como observado nas tabelas 3 e 4.

Embora o gênero *Classopollis*, representado por cinco espécies, indique a presença de grandes áreas de clima árido (Dino, 1992; Nascimento, 2013), outros elementos da microflora sugerem que essas regiões desérticas não dominavam completamente a paisagem.

A presença de diversos gêneros de esporos, como *Cyathidites*, *Camarozonosporites*, *Leptolepidites*, *Perotrilites*, *Concavisporites* e *Crybelosporites*, associados a famílias adaptadas a biomas úmidos, sugere florestas densas e sombreadas. Entre as plantas superiores, gimnospermas e angiospermas, também são observados exemplos da diversidade botânica e climática da região. Além de *Classopollis*, são observados ainda os

gêneros *Circulina*, *Equisetosporites*, *Ephedripites*, *Gnetaceaepollenites*, *Singhia* e *Steevesipollenites*, associados à ambientes extremos (Dino, 1992), tanto quentes quanto frios, onde o solo é pobre em umidade, havendo possivelmente a relação destes táxons com as regiões mais áridas. Por outro lado, há a ocorrência de diversos gêneros associados a ambientes úmidos e quentes, e ambientes úmidos e frios, assim como associados a áreas alagadiças. Táxons gimnospérmicos como *Bennettitaepollenites* e *Cycadopites* estão ligados a ambientes tropicais a subtropicais mais quentes, podendo haver níveis mais altos de umidade, enquanto gêneros como *Araucariacites*, *Callialasporites*, *Vitreisporites* e *Gamerroites* são típicos de ambientes com elevada umidade e temperaturas mais baixas.

Os análogos modernos desses elementos ocorrem em altitudes mais elevadas, onde as condições são mais favoráveis (Dino, 1992; Nascimento, 2013). Isso sugere que, no Cretáceo, esses táxons se desenvolviam em regiões montanhosas.

As angiospermas, ainda em estado inicial de surgimento (Soltis & Soltis, 2004), são pouco representativas na associação, porém os poucos gêneros presentes refletem o mosaico climático observado ao longo de toda a análise. O gênero *Stellatopollis*, representante angiospérmica incipiente, está associado à família moderna Euphorbiaceae, amplamente difundida em todos os habitats, inclusive em clima árido (Webster, 1994; Nascimento, 2013). Outras angiospermas como os gêneros *Brenneripollis* e *Retimonocolpites*, por sua vez, indicam climas frios sombreados, possivelmente em florestas mais densas em regiões montanhosas (Dino, 1992; Nascimento, 2013) e compõe o mosaico climático, o gênero *Trisectoris*, associado à família Schisandraceae, sugere florestas em clima quente (Keng, 1993).

Com base nas ocorrências esporopolínicas, sugere-se que a vegetação da Formação Romualdo, do Eocretáceo da Bacia do Araripe, formava um mosaico em que o clima era um fator preponderante para essa diversidade. Corroborando com o trabalho de Carvalho *et al.* (2022), há indícios que os táxons representantes de ambientes secos, áridos ou semiáridos, se encontravam próximos à zona costeira, formando grandes áreas dominadas por espécies do gênero *Classopollis*. Com o avanço para o interior da área continental, a umidade e, possivelmente, a altitude aumentavam, permitindo o desenvolvimento de elementos arbustivos e arbóreos adaptados a essas condições. Em regiões de montanha, onde o clima era consideravelmente mais úmido e frio, florestas de coníferas puderam se desenvolver e dominar o ambiente.

Essas interpretações paleoambientais são representadas de forma esquemática na Figura 14, que ilustra uma paisagem composta por regiões alto-montanas, caracterizada por um clima úmido e tropical de altitude, dominadas, principalmente, pela gimnosperma *Araucariacites*. Em elevações intermediárias até terras baixas predominavam elementos gimnospérmicos, adaptados a clima semiúmido, representado especialmente por samambaias arborescentes como *Cyathidites*. Em ambientes aquáticos e/ou alagadiços,

como pequenos lagos, proliferavam plantas herbáceas adaptadas, como *Concavisporites* e *Crybeloporites*. Na zona mais xérica, interpretada na literatura como árida e quente pela maioria dos autores supracitados e possivelmente em solos mais arenosos, nas proximidades da bacia de sedimentação, ocorriam grandes populações da gimnosperma *Classopollis* (Família Cheirolepidiaceae). A proximidade deste táxon na bacia de sedimentação é inferida pela ocorrência de tétrades de *Classopollis*, que de outra forma apresentariam-se dissociadas como consequência de transporte a longa distância (Duarte *et al.*, 2012; Carvalho *et al.*, 2022).

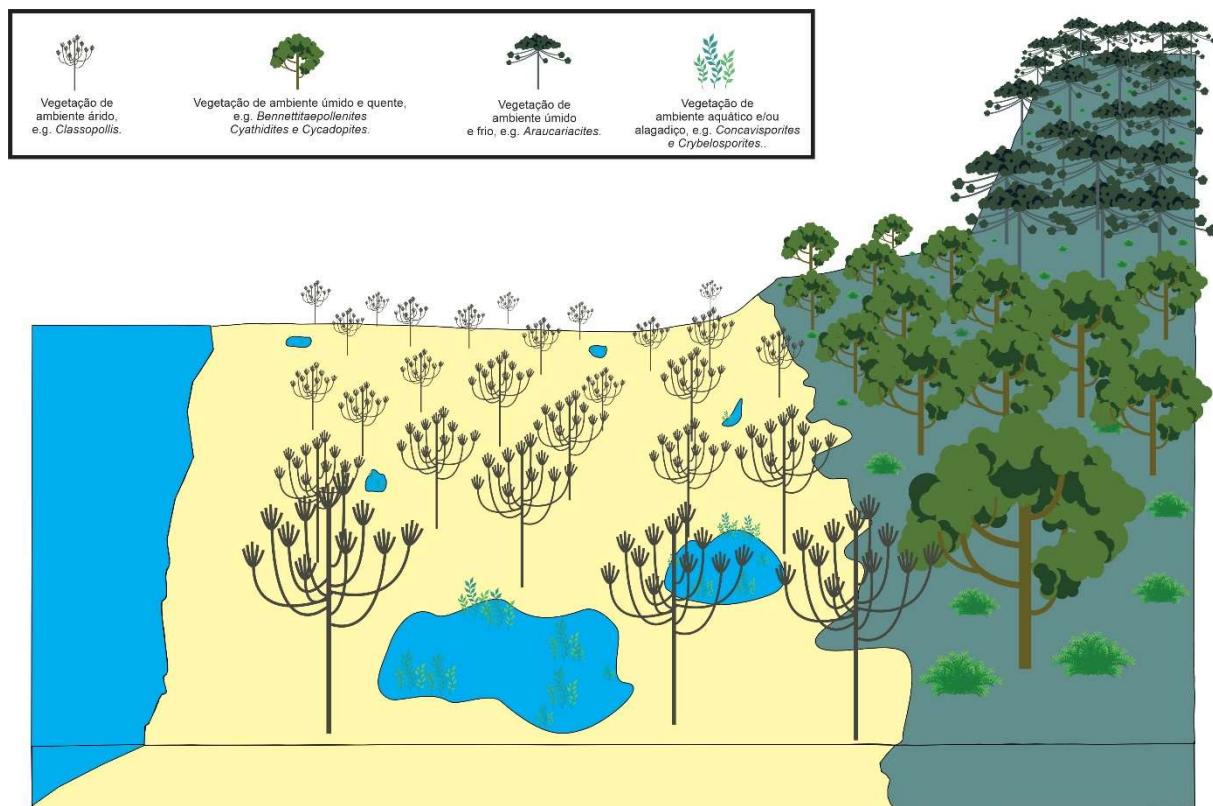


Figura 14. Representação paleoartística esquemática vegetacional da Bacia do Araripe durante a transição Aptiano-Albiano a partir da análise esporopolínica dos perfis Serra da Mãozinha e Sobradinho da Formação Romualdo.

A definição de características paleoclimáticas a partir do registro microfóssil presente em sucessões sedimentares análogas às de bacias geradoras e/ou reservatórios de hidrocarbonetos é uma ferramenta importante na compreensão do arcabouço bioestratigráfico, assim como do ambiente formador dos depósitos (Dias-Brito, 1989). Porém, definir as condições paleoclimáticas de um ambiente mais distante na escala temporal geológica, onde os táxons estudados estão extintos, tende a ser impossível de forma direta. Para isso é utilizado o princípio do Atualismo, buscando afinidades botânicas modernas que representam os táxons pretéritos em relação à sua ecologia (Dos-Santos *et al.*, 2007; Taylor *et al.*, 2009; Nascimento, 2021).

A mesma dificuldade se aplica ao estudo do paleoambiente como um todo. Através da palinologia e das afinidades botânicas, é possível inferir uma reconstrução vegetacional e climática da época, o que nos permite entender melhor a dinâmica ecológica do passado. A análise de pólens e esporos, por exemplo, oferece *insights* sobre a composição da flora e as condições ambientais que prevaleciam, permitindo aos pesquisadores traçar um quadro da vegetação predominante e suas relações ecológicas. No entanto, essa tarefa torna-se desafiadora quando se tenta comparar um ambiente cujas forças climáticas são pouco conhecidas com um ambiente moderno análogo, cujos fatores climáticos são amplamente estudados e documentados.

A comparação com ambientes atuais é crucial para essa análise, pois fornece um contexto que ajuda a preencher as lacunas de conhecimento sobre os processos que moldaram os paleoecossistemas. Essa abordagem comparativa permite a utilização de dados ecológicos contemporâneos, como as interações entre espécies, a variação climática e as dinâmicas de sucessão ecológica, para interpretar as condições que poderiam ter existido em épocas geológicas anteriores. Ao emparelhar informações de ambientes modernos com os dados paleontológicos obtidos, é possível criar modelos mais precisos da evolução paleoambiental, contribuindo para uma compreensão mais abrangente das mudanças climáticas e ecológicas ao longo do tempo. Assim, essa inter-relação entre passado e presente não apenas enriquece a análise paleoambiental, mas também fornece subsídios para a exploração de recursos naturais, como os hidrocarbonetos, que dependem da compreensão dos contextos geológicos e climáticos em que se formaram.

As fases úmidas pós-evaporíticas do Cretáceo Inferior do Nordeste Brasileiro foram interpretadas por Carvalho *et al.* (2022) como consequência do estabelecimento da Zona de Convergência Intertropical (ITCZ, na sigla em inglês), que desempenha um papel crucial na dinâmica climática da região. Durante o Aptiano Tardio, essa zona de convergência influenciou significativamente o clima local, promovendo condições de umidade e precipitação que levaram ao desenvolvimento de ecossistemas variados (Carvalho *et al.*, 2022). Além disso, esses eventos de transgressão marinha que ocorreram sobre o proto-Atlântico Sul também contribuíram para a formação de ambientes úmidos, facilitando a interação entre a fauna e a flora. A presença do fóssil-guia *Sergipea variverrucata*, representada na Prancha D7, figura 38, do Apêndice D deste trabalho, para esta fase cronoestratigráfica, identificado na amostra SB22 coletada no perfil Sobradinho a 22 metros de profundidade, confirma a cronologia dessas fases, uma vez que este táxon é indicativo de condições ambientais específicas da época.

Em termos florísticos, nota-se uma grande similaridade fisionômica e ecológica entre essa fase úmida do Aptiano Tardio com eventos climáticos relacionados ao Último Máximo Glacial, observados em várias regiões do Brasil. Isto pode indicar que as condições climáticas durante o Aptiano Tardio poderiam ter criado ambientes que favoreciam a formação de

ecossistemas semelhantes aos que prevaleceram durante períodos frios do Pleistoceno. Em particular, destaca-se a presença de florestas subtropicais alto-montanas, caracterizadas por árvores gimnospermas, com afinidade com *Araucaria angustifolia* e espécies de *Podocarpus* e elementos arbustivos de altitude como samambaias arborescentes do gênero *Cyathea*. Estudos recentes sobre o significado paleoclimático de espectros polínicos das fases frias do Pleistoceno terminal (Pinaya *et al.* 2019, 2024) sugerem valores de umidade e temperatura, de ca. de 1500 mm de precipitação média anual e ca. 15°C de temperatura média anual, respectivamente.

Os resultados aqui apresentados revelam a importância das condições climáticas durante o Aptiano Tardio na formação da vegetação atual do Brasil, especialmente no que diz respeito à sua complexidade e diversidade ecológica. A inter-relação entre as florestas subtropicais alto-montanas e os ambientes secos e áridos revela um cenário dinâmico, onde a adaptação das espécies a diferentes condições climáticas desempenhou um papel fundamental na modelagem da paisagem da época. As implicações estendem-se além da compreensão paleoclimática, pois oferecem subsídio para a exploração de hidrocarbonetos em bacias sedimentares correlatas. Futuros estudos, integrando análises palinológicas e dados geológicos, serão cruciais para aprofundar a compreensão das respostas vegetais e ecológicas a eventos climáticos passados e suas possíveis implicações para o futuro em um contexto de mudanças climáticas globais.

8. CONCLUSÕES

As análises palinológicas realizadas nos perfis da Serra da Mãozinha e Sobradinho, da Formação Romualdo, em conjunto com a comparação florística e ecológica com espectros polínicos do Último Máximo Glacial em várias regiões do Brasil, permitiram alcançar várias conclusões significativas. Em primeiro lugar, os sedimentos da Formação Romualdo são datados do intervalo cronológico do Aptiano Tardio, especificamente à transição entre o Aptiano e o Albiano, o que é corroborado pela presença do fóssil guia *Sergipea variverrucata*. Além disso, a composição dos espectros polínicos dessa formação é dominada por táxons de gimnospermas, em particular *Classopollis* e *Araucariacites*. O táxon *Classopollis* é interpretado como um indicador de condições áridas e quentes, enquanto *Araucariacites* tem sido recentemente interpretado como evidência para climas alto-montanos e subtropicais, sugerindo uma diversidade ambiental significativa.

A equivalência com a vegetação atual sugere que extensas florestas tropicais montanas, com clima úmido e mais frio, existiam em áreas relativamente próximas a regiões semiáridas cobertas por vegetação arbórea de *Classopollis*, indicando uma complexa interação entre diferentes ecossistemas. Em apoio às conclusões de Carvalho *et al.* (2022), este estudo fornece subsídios palinológicos que sustentam a ideia de fases úmidas resultantes do surgimento da Zona de Convergência Intertropical no proto-Oceano Atlântico

Sul durante o Aptiano Tardio. Por último, as interpretações paleoambientais oferecidas por este estudo podem colaborar de maneira significativa com o entendimento dos paleoclimas reinantes durante a fase de deposição de matéria orgânica em bacias correlatas à Bacia do Araripe, o que é especialmente relevante para investigações sobre a produção de petróleo e a evolução dos ecossistemas ao longo do tempo geológico.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbink, O.A., Targarona, J., Brinkhuis, H., Visscher, H., 2001, Late Jurassic to earliest Cretaceous paleoclimatic evolution of the Southern North Sea: Global and Planetary Change, no. 30, p. 231-256.
- Adam, D.P., 1974, Palynological applications of principal component and cluster analyses: Journal of Research of the U.S. Geological Survey, v. 2, no. 6, p. 727-741.
- Almeida, F.F.M., Hasui, Y., Brito Neves, B.B., Fuck, R.A., 1977, Províncias estruturais brasileiras: VIII Simpósio de Geologia do Nordeste, Campina Grande, Paraíba, Atas, p. 363-391.
- Almeida, F.F.M., Hasui, Y., Brito Neves, B.B., Fuck, R.A., 1981, Brazilian structural provinces: an introduction: Earth Science Review, v. 17, p. 1-29, doi:[https://doi.org/10.1016/0012-8252\(81\)90003-9](https://doi.org/10.1016/0012-8252(81)90003-9).
- Antunes, R.L., Azevedo, R.L.M., 2011, Micropaleontologia e estratigrafia na indústria do petróleo, in Carvalho, I.S., ed., Paleontologia: microfósseis e paleoinvertebrados, Volume 2: Rio de Janeiro, 3^a Ed., Editora Interciência, p. 3-33.
- Arai, M., 2001, Palinologia de depósitos cretáceos no Norte e Meio-Norte do Brasil: histórico e estado-de-arte, in Rossetti, D.F., Góes, A.M., Truckenbrodt, W., eds, O Cretáceo na Bacia de São Luís-Grajaú: Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi, p. 175-189.
- Arai, M., Assine, M.L., 2020, Chronostratigraphic constraints and paleoenvironmental interpretation of the Romualdo formation (Santana Group, Araripe Basin, Northeastern Brazil) based on palynology: Cretaceous Research, v. 116, no. 104610, p. 1-13, doi:<https://doi.org/10.1016/j.cretres.2020.104610>.
- Araripe, R.C., Oliveira, D.H., Tomé, M.E., Mello, R.M., Barreto, A.M.F., 2021, Foraminifera and Ostracoda from the Lower Cretaceous (Aptian-lower Albian) Romualdo Formation, Araripe basin, northeast Brazil: paleoenvironmental inferences: Cretaceous Research, v. 122, doi:<https://doi.org/10.1016/j.cretres.2021.104766>.
- Assine M.L., 2007, Bacia do Araripe: Boletim de Geociências da Petrobras, Rio de Janeiro, v. 15, no. 2, p. 371-389.
- Assine, M.L., Perinotto, J.A.J., Custódio, M.A., Neumann, V.H., Varejão, F.G., Mescolotti, P.C., 2014, Sequências deposicionais do Andar Alagoas da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil: Boletim de Geociências da Petrobras, Rio de Janeiro, v. 22, no. 1, p. 3-28.
- Balme, B.E., 1957, Spores and pollen grains from the Mesozoic of Western Australia: CSIRO Coal Research Section, v. 25, p. 1 - 48.
- Barberi, M., 2001, Mudanças paleoambientais na região dos cerrados do planalto central durante o Quaternário tardio: o estudo da Lagoa Bonita, DF [Tese de Doutorado]: São Paulo, Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, 210 p.
- Behling, H., Negrelle, R.R.B., 2001, Tropical Rain Forest and Climate Dynamics of the Atlantic Lowland, Southern Brazil, during the Late Quaternary: Quaternary Research, v. 56, p. 383-389, doi:[doi:10.1006/qres.2001.2264](https://doi.org/10.1006/qres.2001.2264).
- Bernardes-de-Oliveira, M.E.C. Mohr, B. Dino, R. Guerra-Sommer, M., Garcia, M.J., Sucerquia, P.R., 2007, As floras mesofíticas brasileiras no cenário paleoflorístico mundial in Carvalho, I.C., Cassab, R.C.T., Schwanke, C., Carvalho, M.A.; Fernandes, A.C.S., Rodrigues, M.A.C.; De Carvalho, M.S.S.; Arai, M., Oliveira, M.E.Q., eds., Paleontologia: Cenários da Vida: Rio de Janeiro, Editora Interciência, p. 203-242.

- Bertoldo, É., Paisani, J.C., de Oliveira, P.E., 2014, Registro de Floresta Ombrófila Mista nas regiões sudoeste e sul do Estado do Paraná, Brasil, durante o Pleistoceno/Holoceno: *Hoehnea*, v. 41, no. 1, p. 1-8, doi: <https://doi.org/10.1590/S2236-89062014000100001>.
- Bom, M.H.H., Ceolin, D., Kochhann, K.G.D., Krahl, G., Fauth, G., Bergue, C.T., Savian, J.F., Strohschoen Jr, O., Simões, M.G., Assine, M.L., 2021, Paleoenvironmental evolution of the Aptian Romualdo Formation, Araripe Basin, Northeastern Brazil: Global and Planetary Change, v. 203, doi:<https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2021.103528>.
- Braz, F.F., Utida, G., Bernardes-de-Oliveira, M.E.C., Mohr, B., Wappler, T., 2011, Marcas de atividades de insetos em folhas ninfeáceas eocretáceas da Formação Crato, Bacia do Araripe, Brasil, in Carvalho, I.S., Srivastava, N.K., Strohschoen Jr, O., Lana, C.C., eds, Paleontologia: cenários de vida, Volume 4: Rio de Janeiro, 1^a Ed., Editora Interciênciac, p. 57-67.
- Brenner, G.J., 1963, The spores and pollen of the Potomac Group of Maryland: Department of Geology, Mines and Water Resources, Baltimore, no. 27, p. 215.
- Carvalho, M.A., Lana, C.C., Sá, N.P., Santiago, G., Giannerini, M.C.S., Bengtson, P., 2022, Influence of the intertropical convergence zone on early cretaceous plant distribution in the South Atlantic: *Scientific Reports*, v. 12, no. 12600, doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-16580-x>.
- Chang, Y., 1967, Accuracy of fossil percentage estimation, *Journal of Paleontology*, v. 41, no. 2, p. 500-502.
- Cookson, I.C., 1947, Plant microfossils from the lignites of Kerguelen Archipelago: *Science Reports, British, Australian, and New Zealand Antarctic Research Expedition 1929-1931*, v. 2, no. 8, p. 127-142.
- Couper, R.A., 1953, Upper Mesozoic and Cainozoic spores and pollen grains from New Zealand: *New Zealand Geological Survey Paleontological Bulletin*, Lower Hutt, no. 22, p. 1-77.
- Couper, R.A., 1958, British Mesozoic microspore and pollen grains: a systematic and stratigraphic study: *Paleontographica Abteilung B*, Stuttgart, v. 103, no. 4-6, p. 75-179.
- Custódio, M.A., Quaglio, F., Warren, L.V., Simões, M.G., Fürsich, F.T., Perinotto, J.A., Assine, M.A., 2017, The transgressive-regressive cycle of the Romualdo formation (Araripe Basin): sedimentary archive of the Early Cretaceous marine ingressions in the interior of Northeast Brazil: *Sedimentary Geology*, v. 35, p. 1-15, doi:<https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2017.07.010>.
- De Oliveira, P.E., Raczka, M.F., McMichael, C.N.H., Pinaya, J.L.D., Bush, M.B., 2019, Climate change and biogeographic connectivity across the Brazilian cerrado: *Journal of Biogeography*, v. 47, no. 2, p. 396-407, doi:[10.1111/jbi.13732](https://doi.org/10.1111/jbi.13732).
- Dias-Brito, D., 1989, A micropaleontologia na indústria do petróleo: *Revista Brasileira de Geociências*, v. 19, no. 2, p. 256-259.
- Dino, R., 1992, Palinologia, bioestratigrafia e paleontologia da Formação Alagamar - Cretáceo da Bacia Potiguar, Nordeste do Brasil [Tese de Doutorado]: São Paulo, Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, 300 p.
- Dino, R. 1994, Algumas espécies novas de grãos de pólen do Cretáceo Inferior do Nordeste do Brasil: *Boletim de Geociências da Petrobrás*, Rio de Janeiro, v. 8, no. 2-4, p. 257-273.
- Dos-Santos, M.A., Bernardes-de-Oliveira, M.E., Sant'anna, L.G., 2007, Evidência Paleoclimáticas e Paleocológicas, segundo dados Paleobotânicos e Mineralógicos, dos Argilitos Neógenos de Jaguariúna (SP), Correlatos à Formação Rio Claro: *Revista Geociências*, Universidade de Guarulhos, v. 6, no. 1, p. 80-106.
- Doyle, J.A., Van Campo, M., Lugardon, B., 1975, Observation on exine structure of *Eucommiidites* and Lower Cretaceous angiosperm pollen: *Pollen et Spores*, Paris, v. 17, no. 3, p. 429-486.
- Doyle, J.A., Jardiné, S., Doerenkamp, A., 1982, *Afropollis*, a new genus of early angiosperm pollen, with notes on the Cretaceous palynostratigraphy and paleoenvironments of Northern Gondwana: *Bulletin des Centres des Recherches Exploration-Production Elf-Aquitaine*, v. 6, no. 1, p. 39-117.

- Duarte, S.G., Arai, M., Wanderley, M.D., 2012, Significado paleoambiental da família Anemiacae no Cretáceo do Brasil: inferências a partir de dados palinológicos: Revista do Instituto Geológico, São Paulo, v. 33, no. 2, p. 1-12.
- Fabrini, G.L., Silvestre, D.C., Barreto Junior, A.M., Silva-Filho, W.F., 2020, Estratigrafia da Bacia do Araripe: estado da arte, revisão crítica e resultados novos: Revista do Instituto de Geociências, Geologia USP Série Científica, São Paulo, v. 20, no. 4, p. 169-212, doi:<http://doi.org/10.11606/issn.2316-9095.v20-163467>.
- Fairchild, T.R., Teixeira, W., Babinski, M., 2009, Geologia e a descoberta da magnitude do tempo, in Teixeira, W., Fairchild, T.R., Toledo, M.C.M., Taioli, F., orgs., Decifrando a Terra: São Paulo, 2^a Ed., Companhia Editora Nacional, p. 280-305.
- Francisquini, M.I., et al., 2020, Cold and humid Atlantic Rainforest during the last glacial maximum, northern Espírito Santo state, southeastern Brazil: Quaternary Science Reviews, v. 244, no. 106489, p. 1-9, doi:<https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2020.106489>.
- Fürsich, F.T., Custodio, M.A., Matos, S.A., Hethke, M., Quaglio, F., Warren, L.V., Assine, M.L., Simoes, M.G., 2019, Analysis of a Cretaceous (late Aptian) high-stress ecosystem: The Romualdo Formation of the Araripe Basin, northeastern Brazil: Cretaceous Research, v. 95, p. 268-296, doi:<https://doi.org/10.1016/j.cretres.2018.11.021>.
- Giannerini, M.C.S., Carvalho, M.A., Lana, C.C., Santiago, G., Sá, N.P., Correia, G.C., 2023, Late Aptian paleoclimate reconstruction of the Brazilian equatorial margin: inferences from palynology: Climate of the Past, v. 19, pp. 1715-1742, doi: <https://doi.org/10.5194/cp-19-1715-2023>.
- Hay, W.W., Foegel, S., 2012, New thoughts about the Cretaceous climate and oceans: Earth Science Reviews, v. 115, no. 4, p. 262-272, doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.earscirev.2012.09.008>.
- Herngreen, G.F.W., 1975, Palynology of Middle and Upper Cretaceous strata in Brazil: Meded. Rijks Geologische Dienst, v. 26, no. 3, p. 39-91.
- Horák-Terra, I., Cortizas, A.M., Luz, C.F.P., López, P.R., Silva, A.C., Vidal-Torrado, A., 2015, Holocene climate change in central-eastern Brazil reconstructed using pollen and geochemical records of Pau de Fruta mire (Serra do Espinhaço Meridional, Minas Gerais): Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, v. 437, no. 1, p. 117-131, doi: <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2015.07.027>.
- Hongyu, K., Sandaniel, V.L.M., Oliveira Jr., J., 2015, Análise de Componentes Principais: resumo teórico, aplicação e interpretação: E&S - Engineering and Science, v. 1, no. 5, p. 83-90, doi:<10.18607/ES20165053>.
- Horowitz, A., 1970, Jurassic microflora from the northern Negev, Israel: Israel Journal of Earth Sciences, Jerusalem, v. 19, no. 3-4, p. 153-182.
- Hughes, N.F., 1961, Further interpretacion of *Eucommiidites* Erdtman 1948: Paleontology, London, no. 4, p. 292-299.
- Jardiné, S., Magloire, L., 1965, Palynologie et stratigraphie de Crétacé des basin du Sénégal et de Côte d'Ivoire: Colloque international de micropaléontologie, Mémoires du BRGM, no. 32, p. 187-245.
- Jersey, N.J., 1964, Triassic spores and pollen grains from the Bundamba Group: Publication, Geological Survey of Queensland, no. 4, p. 127-140.
- Juhász, M., Góczán, F., 1985, Comparative study of Albian monosulcate angiosperm pollen grains: Acta Biologica Szegediensis, v. 31, no. 1-4, p. 147-172.
- Kemp, E.M., 1968, Probable angiosperms pollen from the British Barremian to Albian strata: Paleontology, London, no. 11, p. 421-434.
- Keng, H., 1993, Illiciaceae, in Kubitzki, K., Rohwer, J.G., Bittrich, V., eds., The Families and Genera of Vascular Plants - Volume II: Flowering Plants - Dicotyledons (Magnoliid, Hamamelid and Caryophyllid Families): Springer-Verlag Berlin Heidelberg, p. 344-347, doi: <10.1007/978-3-662-02899-5>.
- Klaus, W., 1960, Sporen der karnischen Stufe der östalpinen Trias: Geol. Jb. BA. (Wien), Sonderber, no. 5, p. 107-183.

- Lacerda, J.N.L., 2023, Palinologia e paleoecologia da Formação Romualdo (Aptiano) da Bacia do Araripe, Mina Serrolândia - PE, NE-Brasil [Dissertação de Mestrado]: Recife, Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologias e Geociências, 74 p.
- Ledru, M.P., Mourguart, P., Riccomini, C., 2009, Related changes in biodiversity, insolation and climate in the Atlantic rainforest since the last interglacial: Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, v. 271, no. 1-2, p. 140-152, doi: <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2008.10.008>.
- Lima, M.R., 1978, Palinologia da Formação Santana (Cretáceo do Nordeste do Brasil) [Tese de Doutorado]: São Paulo, Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, 338 p.
- Lima, M.R., 1980, Palinologia da Formação Santana (Cretáceo do Nordeste do Brasil) III - descrição sistemática dos pólens da turma Plicates (subturma Costates): Ameghiniana, Buenos Aires, v. 17, no. 1, p. 15-47.
- Martill, D.M., 2007, The age of the Cretaceous Santana Formation fossil Konservat Lagerstätte of north-east Brazil: a historical review and an appraisal of the biochronostratigraphic utility of its palaeobiota: Cretaceous Research, v. 28, no. 6, p. 895-920, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2007.01.002>.
- Matos, R.M.D., 1992, The northeast brazilian rift system: Tectonics, v. 11, no. 4, p. 166-791, doi:<https://doi.org/10.1029/91TC03092>.
- Mendes, M.M., Dinis, J.L., Balbino, A.C., Pais, J., 2012, Bennettitales, Erdtmanithecales e Gnetales do Cretáceo Inferior da Bacia Lusitânica (litoral Centro-Oeste de Portugal): síntese e enquadramento estratigráfico: Comunicações Geológicas, v. 99, no. 1, p. 11-18.
- Michels, F. H., 2017, Análise palinoestratigráfica e paleoambiental de depósitos Aptianos-Albianos (Cretáceo Inferior) da bacia do Espírito Santo, Brasil [Dissertação de Mestrado]: Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, 102 p.
- Nascimento, L.R.S.L., 2013, Palinoestratigrafia da sequência lacustre do cretáceo inferior, em Serra Negra-PE, Bacia Sedimentar do Jatobá, NE do Brasil [Tese de Doutorado]: Pernambuco, Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, 115 p.
- Nascimento, L.R.S.L., Arai, M., Lacerda, J.N.L., Tomé, M.E., Araripe, R., Barreto, A., Oliveira, D.H., Lemos, F.P., Prado, L.A.C., Ng, C., 2023, Integrated study of the microfossils of the upper Aptian (Lower Cretaceous) of the Sobradinho and Serra da Mãozinha sections (Araripe Basin, northeastern Brazil): Biostratigraphic and paleoenvironmental inferences: Journal of South America Earth Science, v. 132, no. 104644, p. 1-18, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2023.104644>.
- Nascimento, T.S., 2021, Novos registros de angiospermas pleistocénicas para Formação Rio Madeira, Bacia do Abunã, Rondônia, Brasil [Dissertação de Mestrado]: Porto Nacional, Tocantins, Universidade Federal do Tocantis, p. 60.
- Neumann, V.H., Cabrera, L., 1999, Una nueva propuesta estratigráfica para la tectonosecuencia post-rift de la Cuenca de Araripe, Noreste de Brasil: Boletim do 5º Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil, p. 279-285.
- Neumann, V.H., Assine, M.L., 2015, Stratigraphic proposal to the post-rift I tectonic-sedimentary sequence of Araripe Basin, Northeastern Brazil: 2nd International Congress on Stratigraphy. Berichte des Institutes für Erdwissenschaften der Universität Graz, p. 274.
- Norris, G., 1968, Plant microfossils from the Hawks Crag Breccia, south-west Nelson, New Zealand: New Zealand Journal of Geology and Geophysics, v. 11, no. 2, p. 312-344, doi:<https://doi.org/10.1080/00288306.1968.10423654>.
- Pessenda, L.C.R., De Oliveira, P.E., Mofatto, M., Medeiros, V.B., Garcia, R.J.F., Aravena, R., Bendassoli, J.A., Leite, A.Z., Saad, A.R., Etchebehere, M.L., 2009, The evolution of a tropical rainforest/grassland mosaic in southeastern Brazil since 28,000 14C yr BP based on carbon isotopes and pollen records: Quaternary Research, v. 71, no. 3, p. 437-452, doi:<https://doi.org/10.1016/j.yqres.2009.01.008>.
- Pessenda, L.C.R., Vidotto, E., de Oliveira, P.E., Buso Jr., A.A., Cohen, M.C.L., Rossetti, D.F., Ricardi-Branco, F., Bendassoli, J.A., 2012, Late Quaternary vegetation and coastal environmental changes at Ilha do Cardoso mangrove, southeastern Brazil,

- Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, v. 363-364, p. 57-68, doi: <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2012.08.014>.
- Pflug, H., 1953, Zur Entstehung und Entwicklung des angiospermiden pollens in der Erdgeschichte: *Paleontographica Abteilung B*, Stuttgart, v. 95, no. 4-6, p. 60-71.
- Pinaya et al., 2019, Brazilian montane rainforest expansion induced by Heinrich Stadial 1 event: *Scientific Reports*, v. 9, o. 17912, doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-53036-1>.
- Pinaya et al., 2024, Humid and cold forest connections in South America between the eastern Andes and the southern Atlantic coast during the LGM: *Scientific Reports*, v. 14, no. 2080, doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-51763-8>.
- Pocock, S.A.J., 1962, Microfloral analysis and age determination of strata at the Jurassic-Cretaceous boundary in the western Canada plains: *Paleontographica Abteilung B*, Stuttgart, v. 111, no. 1-3, p. 1-95.
- Pocock, S.A.J., 1964, Pollen and spores of Chlamidospermaceae and Schizaeaceae from Upper Mainville strata of the Saskatoon area of Saskatchewan: *Grana*, Stockholm, v. 5, no. 2, p. 129-209.
- Pocock, S.A.J., 1970, Palynology of the Jurassic sediments of western Canada, Part 1 - Terrestrial Species: *Paleontographica Abteilung B*, Stuttgart, v. 130, no. 1-2, p. 12-72.
- Portela, H.A., 2008, Estudo palinológico e palinofaciológico da Formação Santana, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil [Dissertação de Mestrado]: Rio de Janeiro, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Geologia, 113 p.
- Portela, H.A., Antonioli, L., Dino, R., 2014, Caracterização palinoflorística e paleoambiental da Formação Santana (Cretáceo Inferior), poço 4-BO-1-PE, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil: *Revista brasileira de paleontologia*, v. 17, no. 3, pp. 363-372, doi: [10.4072/rbp.2014.3.07](https://doi.org/10.4072/rbp.2014.3.07).
- Potonié, R., 1956, Synopsis der gattungen der spore dispersae, I - Teil: Sporites: *Beihefte zum Geologischen Jahrbuch*, no. 23, p. 1-103.
- Povilauskas, L., 2012, Palinología de la Formación Monte Chico (Cretácico Tardío) de la Provincia de Santa Cruz, Argentina: Gimnospermas: *Revista brasileira de Paleontologia*, v. 15, no. 1, p. 85-94, doi: [10.4072/rbp.2012.1.07](https://doi.org/10.4072/rbp.2012.1.07).
- Raczka, M.F., Bush, M., De Oliveira, P.E., 2018, The collapse of megafaunal populations in southeastern Brazil: *Quaternary Research*, v. 89, no. 1 - Tribute to Daniel Livingstone and Paul Colinvaux, p. 103-118, doi: <https://doi.org/10.1017/qua.2017.60>.
- Regali, M.S.P., 1987, O gênero *Sergipea* e a sua estratigrafia no Eocretáceo do Brasil: 34º Congresso Brasileiro de Geologia, Anais..., Sociedade Brasileira de Geologia, Goiânia, v. 1, p. 122-130.
- Regali, M.S.P., Uesugui, N., Santos, A.S., 1974, Palinologia dos sedimentos meso-cenozóicos do Brasil, II. *Boletim Técnico da Petrobrás*, v. 17, n. 4, p. 263-301.
- Reis, L.S., Guimarães, J.T.F., Souza-Filho, P.W.M., Sahoo, P.K., Figueiredo, M.M.J.C., Souza, E.B., Giannini, T.C., 2017, Environmental and vegetation changes in southeastern Amazonia during the late Pleistocene and Holocene: *Quaternary International*, v. 449, p. 83-105, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2017.04.031>.
- Reis, L.S., Bouloubassi, I., Mendez-Millan, M., Guimarães, J.T.F., Romeiro, L.A., Sahoo, P.K., Pessenda, L.C.R., 2022, Hydroclimate and vegetation changes in southeastern Amazonia over the past ~25,000 years: *Quaternary Science Reviews*, v. 284, no. 107466, p. 1-15, doi: <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2022.107466>.
- Salgado-Labouriau, M.L., Cassetti, V., Ferraz-Vicentini, K.R., Martin, L., Soubiès, F., Suguio, K., Turcq, B., 1997, Late Quaternary vegetational and climatic changes in cerrado and palm swamp from Central Brazil: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 128, p. 215-226.
- Santos, E.J., Nutman, A.P., Brito Neves, B.B., 2004, Idades SHRIMP U-Pb do Complexo Sertânia: implicações sobre a evolução tectônica da Zona Transversal, Província Borborema: *Revista do Instituto de Geociências, Geologia USP Série Científica*, São Paulo, v. 4, no. 1, p. 1-12, doi: <https://doi.org/10.5327/s1519-874x2004000100001>.

- Schneider, T., Bischoff, T., Haug, G.H., 2014, Migrations and dynamics of the intertropical convergence zone: *Nature*, v. 513, p. 45–53, doi:<https://doi.org/10.1038/nature13636>.
- Simpson, M.G., 2019, *Palynology* in Simpson, M.G., autor, *Plant Systematics*: Academic Press, 3º Edição, p. 583-593.
- Singh, C., 1964, Microflora of the Lower Cretaceous Mannville Group, east-central Alberta: Research Council of Alberta Bulletin, no. 15, 239 p.
- Singh, C., 1971, Lower Cretaceous microfloras of the Peace River area, northwestern Alberta: Research Council of Alberta Bulletin, v. 28, no. 1-2, 540p.
- Soltis, P.S., Soltis, D.E., 2004, The origin and diversification of angiosperms: *American Journal of Botany*, v. 91, no. 10, p. 1614-1626, doi:<https://doi.org/10.3732/ajb.91.10.1614>.
- Srivastava, S.K., 1975, Microspores from Fredericksburg Group (Albian) of the southern United States: *Paléobiologie Continentale*, Montpellier, v. 6, no. 2, p. 1-119.
- Stover, L.E., 1964, Comparison of three Cretaceous spore-pollens assemblages from Maryland and England in Cross, A.T., ed., *Palynology in Oil Exploration*: Tulsa, SEPM (Society of Sedimentary Geology), Special publication 11, p. 143-152.
- Taylor, T.N., Taylor, E.L., Krings, M., 2009, *Paleobotany: the biology and evolution of fossil plants*: Academic Press, 2º edição, 1252 p.
- Traverse, A., 1988, *Paleopalynology*: Springer, 1º edição, 426 p.
- Uesugui, N., 1979, Palinologia: técnicas de tratamento de amostras: Boletim Técnico da Petrobras, Rio de Janeiro, v. 22, p. 229-240.
- Webster, G.L., 1994, Classification of Euphorbiaceae: *Annals of the Missouri Botanical Garden*, Missouri Botanical Garden Press, v. 81, no. 1, pp. 3-32.

GLOSSÁRIO

Âmbito: Referente ao contorno, forma do grão de pólen ou esporo.

Angiospermas: Plantas superiores, apresentam tecidos vasculares, raízes, caule, folhas e sementes. Os tecidos e órgãos são bem diferenciados e adaptados para diferentes funções. Possuem flores, que reúnem as estruturas para reprodução e sementes protegidas dentro de frutos.

Assembleia palinológica: Conjunto de grãos de pólen e esporos, que indicam os gêneros e espécies atuais ou fósseis que compõem ou compuseram a paisagem de certa localidade, durante certo intervalo de tempo.

Associação palinológica: Sinônimo de assembleia palinológica.

Briófitas: Grupo de plantas avasculares, ou seja, não possuem tecidos condutores de água e nutrientes. São plantas que não produzem pólen, se reproduzindo a partir de esporos.

Cingulado: Grão de pólen que apresenta marca de junção que circunda toda a superfície do grão.

Claviforme: Ornamentação de grãos de pólen, onde o relevo é formado por estruturas em formato de clave

Columelas: Estruturas em forma de colunas, presentes nas paredes dos grãos de pólen que sustentam a camada externa, denominada teto.

Epífitas: Modo de vida de plantas que vivem sobre outros, como samambaias e bromélias, por exemplo.

Equinado(a): Ornamentação própria de grãos de pólen, caracterizada pela presença de espinhos que recobrem a superfície do grão.

Escabrado(a): Ornamentação de grãos de pólen caracterizada pela presença de grânulos menores que 1 µm de altura.

Esporopolínico: Conjunto composto pela soma de grãos de pólen e esporos presentes.

Exina: Camada externa do grão de pólen e esporo, muitas vezes ornamentada, constituída de esporopolenina, que lhe confere extraordinária resistência.

Fitofisionomia: Tipos de vegetação presentes em um determinado bioma.

Foveolado(a): Ornamentação típica de grãos de pólen, caracterizada por pequenas depressões na superfície do grão.

Gimnospermas: Plantas superiores, apresentam tecidos vasculares, raízes, caule, folhas e sementes. Os tecidos e órgãos são também bem diferenciados e adaptados para diferentes funções. Diferem-se das Angiospermas por não apresentarem flores e sementes protegidas no interior de frutos.

Inaperturado: Diz-se de grãos de pólen que não apresentam qualquer tipo de abertura.

Laesura: Linha de sutura presente em diversos grãos de pólen e esporos, que mostram como os grãos são originalmente unidos, sendo uma marca de junção. Por exemplo, marca trilete.

Monocolpado/Monosulcado: Grão de pólen ou esporo que possui apenas um sulco ou fenda.

Palinoflora: Sinônimo de assembleia palinológica.

Palinologia: Ciência que trata da morfologia dos grãos de pólen de angiospermas e gimnospermas, esporos de briófitas e pteridófitas e alguns outros elementos microscópicos fósseis ou atuais, recuperados de restos orgânicos sedimentares.

Palinomorfo(s): Partes preservadas de vários organismos ou estruturas orgânicas, compostas por quitina ou esporopolenina, com dimensões variando entre 10 µm e 500 µm. Abrangem esporos, pólen, além de microrganismos planctônicos e bentônicos com carapaça não mineralizada, como por exemplo dinoflagelados, quitinozoários e acritarcas.

Palinozona: Divisão bioestratigráfica de um corpo sedimentar, de acordo com as características das ocorrências de grãos de pólen e esporos, como surgimento e desaparecimento de gêneros e espécies ou aumento e decréscimo na quantidade de certa morfologia observada.

Perisporado: Diz-se do grão que contém perispório, um tipo de invólucro que recobre o grão.

Poliplicado: Grãos de pólen com mais de 3 cristas meridionais, denominadas plicas, separadas ou não por sulcos ou canais. Alguns autores denominam as cristas também como costelas.

Psilado: Tipo de ornamentação de grãos de pólen e esporo. É uma ornamentação lisa, sem ocorrência de outras feições.

Pteridófitas: Plantas que apresentam vasos condutores de seiva e a ausência de sementes, assim como as Briófitas, se reproduzem a partir de esporos. Nesse grupo estão as samambaias.

Reticulado(a)/Reticular: Ornamentação de grãos de pólen, onde o relevo da superfície tem forma de rede. Pode variar de reticulado (maior) a microreticulado (menor).

Rímula: Pequenas aberturas ou fendas localizadas na superfície do grão.

Rímulado: Diz-se do grão de pólen que possui rímula(s).

Rugulado(a): Ornamentação de grãos de pólen que apresentam caráter enrugado em sua superfície.

Sacado: Diz-se do grão de pólen que apresenta um ou mais sacos em sua estrutura, utilizado para facilitar a dispersão dos grãos através do meio aéreo.

Semitectado(a): Diz-se de grãos de pólen que apresentam a camada denominada teto incompleta, ou seja, apresenta espaçamentos nessa camada.

Táxon: Grupo de organismos reais, reconhecidos formalmente dentro de uma classificação hierárquica, sendo qualquer agrupamento de organismos biológicos, construído com base em uma definição.

Tricolpado: Grão de pólen que apresenta três sulcos ou fendas.

Trilete: Designação dada a grãos de esporos que apresentam na superfície uma estrutura em forma de "Y" designada pela cicatriz em trilete, resultado da junção dos grãos às suas tétrades.

Verrucado(a): Ornamentação própria de grãos de pólen, caracterizada pela presença de verrugas na superfície do grão.

Xéricos/Xérica: Designação dada a ambientes, solos ou climas secos ou com pouca umidade.

APÊNDICE A – TABELA ANÁLISE PCA

Grupos	Código	Afinidades botânicas		Trabalhos									
		Táxon Cretáceo	Táxon UMG	Cretáceo	Último Máximo Glacial								
				Formação Romualdo	Pato Branco Bertoldo et al (2014)	Volta Velha Behling & Negrelle (2001)	Ilha do Cardoso Pessenda et al (2012)	Colônia Ledru et al (2009)	Lagoa Olhos d'Água e Lagoa dos Mares Raczka et al (2017)	Serra Negra De Oliveira et al (2019)	Brejo do Louro Francesquini et al (2020)	Curucutu Pessenda et al (2009)	Cromínia Salgado-Labouriau et al (2012)
	1	<i>Anthocerus</i>										x	
	2	<i>Apendicisporites</i>		x									
	3	<i>Biretisporites</i>		x									
	4	<i>Blechnum</i>								x			
ESPOROS	5	<i>Camarozosporites</i> <i>Leptolepidites</i> <i>Perotrilites</i>	<i>Lycopodiella</i> <i>Lycopodiaceae</i>	x								x	
	6	<i>Cicatricosisporites</i>		x									
	7	<i>cf. Matonisporites</i>		x									
	8	<i>Cingutriletes</i>		x									
	9	<i>Chomotriletes</i>		x									
	10	<i>Concavisporites</i>		x									
	11	<i>Cyathidites</i> <i>Deltoidospora</i>	<i>Cyatheaceae</i> <i>Dicksoniaceae</i> <i>Alsophila</i>	x	x	x		x		x		x	
	12	<i>Trilete</i>		x		x					x	x	x
	13	<i>Densoisporites</i> <i>Equinatisporites</i> <i>Leptolepidites</i>	<i>Selaginella</i> <i>Selaginellaceae</i>	x		x						x	
	14	<i>Isoetes</i>					x					x	x
GIMNOSPERMAS	15	<i>Gleichenia</i>			x								
	16	<i>Klukisporites</i>		x									
	17	<i>Monolete</i>			x	x							x
	18	<i>Paludites</i>		x									
	19	<i>Pilosisporites</i>		x									
	20		<i>Polypodiaceae</i> <i>Grimmitis</i>		x						x	x	
	21		<i>Pteris</i>									x	
	22		<i>Sphagnum</i>				x			x		x	
	23	<i>Stereisporites</i>		x									
	24	<i>Araucariacites</i> <i>Callialasporites</i>	<i>Araucaria</i>	x	x			x	x	x		x	
	25	<i>Bennettitaepollenites</i>		x									
	26	<i>Callialasporites</i> <i>Inaperturopollenites</i> <i>Gamerroites</i>	<i>Podocarpus</i>	x		x		x	x	x	x	x	x
	27	<i>Circulina</i>		x									
	28	<i>Classopollis</i>		x									

	29	<i>Cycadopites</i>		x																
	30	<i>Ephedripites</i>		x																
	31	<i>Equisetosporites</i>		x																
	32	<i>Eucommiidites</i>		x																
	33	<i>Gnetaceaepollenites</i>		x																
	34	<i>Sergipea</i>		x																
	35	<i>Singhia</i>		x																
	36	<i>Steevesipollenites</i>		x																
	37	<i>Uesuguiipollenites</i>		x																
	38	<i>Vitreisporites</i>		x																
ANGIOSPERMAS (EUPHORBIACEAE)	39	<i>Stellatopollis</i>	<i>Alchornea</i>						x	x			x	x						
	40		<i>Croton</i>			x														
	41		<i>Glycydendron</i>	x															x	x
	42		<i>Sapium</i>				x													
	43		<i>Sebastiania</i>							x										
	44	<i>Afropollis</i>		x																
ANGIOSPERMAS	45		<i>Alismataceae</i>							x			x							
	46		<i>Amaranthaceae</i>				x			x		x						x	x	
	47		<i>Chenopodiaceae</i>								x			x					x	
	48		<i>Anacardiaceae</i>								x	x					x			
	49		<i>Apocynaceae</i>															x		
	50		<i>Arecaceae</i>			x					x		x		x		x		x	x
	51		<i>Asteraceae</i>		x	x	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x
	52		<i>Balfourodendron</i>											x						
	53		<i>Begonia</i>											x		x	x			
	54		<i>Bignoniaceae</i>										x							x
	55		<i>Borreria</i>		x										x					
	56	<i>Brenneripollis</i>	-	x																
	57		<i>Byrsinima</i>										x		x		x			x
	58		<i>Caryocar</i>									x	x							
	59		<i>Caryophyllaceae</i>									x		x		x				
	60		<i>Cecropia</i>														x			
	61		<i>Celtis</i>			x			x											x
	62		<i>Clusia</i>			x														
	63		<i>Convolvulaceae</i>										x							
	64		<i>Cordia</i>										x	x						
	65		<i>Cuphea</i>														x	x		
	66		<i>Cybianthus</i>													x				
	67		<i>Cyperaceae</i>			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	68		<i>Drymis</i>			x										x				
	69		<i>Echinodorus</i>										x			x				x
	70		<i>Eichhornia</i>											x		x				
			<i>Pontederiaceae</i>																	

71		<i>Ericaceae</i>						x			x			
72		<i>Eriotheca</i>								x				
73		<i>Eryngium</i>			x			x	x		x			
74		<i>Eriocaulon</i>		x							x			x
		<i>Paepalanthus</i>												
75		<i>Euplassa</i>												x
76		<i>Euterpe</i>							x		x			
77		<i>Fabaceae</i>									x			x
78		<i>Gomphrena</i>					x							
79		<i>Guapira</i>									x			
80		<i>Hedyosmum</i>				x	x				x			
81		<i>Hydrocotyle</i>							x		x			
82		<i>Hyperonima</i>	x											
83		<i>Hyptis</i>						x						
84		<i>Ilex</i>	x	x			x	x		x				x
85		<i>Iridaceae</i>							x		x			
86		<i>Lecythidaceae</i>								x				
87		<i>Lentibulariaceae</i>									x			
88		<i>Ludwigia</i>					x							
89		<i>Maytenus</i>									x			
90		<i>Melastomataceae</i>					x	x	x	x	x	x	x	x
		<i>Combretaceae</i>												
91		<i>Meliaceae</i>								x	x			
		<i>Trichilia</i>												
92		<i>Mimosa</i>		x	x		x	x						x
93	<i>Monocolpollenites</i>		x											
94		<i>Myriophyllum</i>							x					
95		<i>Myrsine</i>		x	x	x	x			x	x			
96		<i>Myrtaceae</i>		x	x	x	x	x	x	x	x			x
97		<i>Nymphaeaceae</i>										x		
98		<i>Pera</i>										x		
99		<i>Piperaceae</i>		x										
100		<i>Phyllanthus</i>									x			
101		<i>Plantago</i>										x		
102		<i>Poaceae</i>		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
103		<i>Polygalaceae</i>									x			
104		<i>Portulaca</i>						x						x
105		<i>Protium</i>							x		x			
106		<i>Psychotria</i>							x					
107		<i>Rapanea</i>								x				
108		<i>Rinorea</i>								x				
109	<i>Retimonocolpites</i>		x											
110		<i>Rubiaceae</i>					x	x						x
111		<i>Sagittaria</i>												x
112		<i>Sapindaceae</i>					x							

	113		<i>Schefflera</i>						x							
	114		<i>Dydimopanax</i>							x						
	115		<i>Schinus</i>							x	x	x				
	116		<i>Sloanea</i>													x
	117		<i>Solanaceae</i>													x
	118		<i>Spermacoce</i>							x						
	119		<i>Stryphnodendron</i>							x		x				
	120		<i>Swartzia</i>						x	x	x	x	x			
	121		<i>Symplocos</i>			x				x		x	x			
	122		<i>Tabebuia</i>								x		x			
	123		<i>Tapirira</i>		x							x				
	124		<i>Trisectoris</i>								x					
	125		<i>Triplaris</i>									x	x			x
	126		<i>Urticaceae</i>								x		x			
	127		<i>Moraceae</i>									x				
	128		<i>Vernonia</i>						x				x			
	129		<i>Virola</i>							x			x			
	130		<i>Xyris</i>			x			x				x	x		
			<i>Weinmannia</i>			x	x	x	x							
			<i>Zanthoxylum</i>													x

APÊNDICE B - DESCRIÇÕES TAXONÔMICAS

Os táxons observados ao longo dos perfis Serra da Mãozinha e Sobradinho foram identificados de acordo com Dino (1992), Nascimento (2013), Portela (2014), Giannerini *et al.* (2023), Lacerda (2023) e Nascimento *et al.* (2023). As descrições aqui apresentadas seguem ordem hierárquica taxonômica, contendo nome da espécie, descrição taxonômica, dimensão (mínima e máxima), afinidade botânica e identificação na prancha esporopolínica em anexo.

SPORITES H. Potonié, 1893

Anteturma **PROXIGERMINANTES** R. Potonié, 1975

Turma **TRILETES AZONALES** (Reinsch, 1881) Potonié & Kremp, 1954

Subturma **AZONOTRILETES** (Luber, 1935) Dettmann, 1963

Infraturma **LAEVIGATI** (Bennie & Kidston, 1886) Potonié, 1956

Gênero *Biretisporites* (Delcourt & Sprumont, 1955) emend. Delcourt, Dettmann & Hughes, 1963

Espécie-tipo: *Biretisporites potoniaei* Delcourt & Sprumont, 1955

Biretisporites sp.

Prancha C1, fig. 2

Descrição: Esporo trilete, âmbito circular a subtriangular convexo, espessura da marca trilete (2 µm). Exina danificada dificultando a observação de ornamentação - aparentemente psilado.

Dimensão: 52 µm (1 exemplar).

Afinidade botânica: Famílias Matoniaceae e Osmundaceae.

Gênero *Deltoidospora* (Miner, 1953) emend. Potonié, 1956

Espécie-tipo: *Deltoidospora halii* Miner, 1935

Deltoidospora halii Miner, 1935

Prancha C3, fig. 15

Vide Potonié (1956, p. 13) para descrição geral.

Descrição: Esporo trilete, abertura longa e reta, âmbito subtriangular convexo, laesura medindo aproximadamente 1,5 µm, exina fina e psilada.

Dimensão: 36 - 41 µm (14 exemplares).

Afinidade botânica: Famílias Cyatheaceae, Dicksoniaceae e Gleicheniaceae.

Deltoidospora juncta (Kara-Murza, 1956) Singh, 1964

Prancha C3, fig. 16

Vide Singh (1964, p. 81) para sinonímia e descrição completa.

Descrição: Esporo trilete, âmbito subtriangular variando entre côncavo e convexo, extremidades arredondadas com presença de espessamentos transversais.

Dimensão: 21 - 40 µm (8 exemplares).

Afinidade botânica: Famílias Cyatheaceae, Dicksoniaceae e Gleicheniaceae.

Deltoidospora minor

Prancha C3, fig. 17

Vide Pocock (1970, p. 28-29) para descrição completa.

Descrição: Esporo trilete, âmbito subtriangular ligeiramente côncavo, extremidades arredondadas, exina fina de espessura uniforme.

Dimensão: 34,5 - 45 µm (2 exemplares)

Afinidade botânica: Famílias Cyatheaceae, Dicksoniaceae e Gleicheniaceae.

Deltoidospora sp.

Prancha C3, fig. 18

Descrição: Esporo trilete, âmbito subtriangular ligeiramente côncavo, ápices arredondados, ornamentação foveolada.

Dimensão: 28 µm (2 exemplares)

Afinidade botânica: Famílias Cyatheaceae, Dicksoniaceae e Gleicheniaceae.

Deltoidospora sp. 2

Prancha C4, fig. 19

Descrição: Esporo trilete, âmbito subtriangular ligeiramente côncavo, ápices arredondados, exina fina sem ornamentação.

Dimensão: 38 µm (1 exemplar).

Afinidade botânica: Famílias Cyatheaceae, Dicksoniaceae e Gleicheniaceae.

Deltoidospora sp. 3

Prancha C4, fig. 20

Descrição: Esporo trilete, âmbito subtriangular côncavo, extremidades arredondadas, exina fina sem ornamentação.

Dimensão: 26 µm (1 exemplar)

Afinidade botânica: Famílias Cyatheaceae, Dicksoniaceae e Gleicheniaceae.

Gênero *Cyathidites* Couper, 1953

Espécie-tipo: *Cyathidites australis* Couper, 1953

Cyathidites australis Couper, 1953

Prancha C3, fig. 14

Vide Singh (1964, p. 70) para sinonímia e descrição completa.

Descrição: Esporo trilete, âmbito subtriangular côncavos e ápices bem arredondados, aberturas retas, exina psilada.

Dimensão: 45 - 75 µm (15 exemplares).

Afinidade botânica: Família Cyatheaceae.

Gênero *Concavisorporites* Pflug, 1953

Espécie-tipo: *Concavisorporites rugulatus* Pflug, 1953

Concavisorporites sp.

Prancha C2, fig. 12

Descrição: Esporo trilete, âmbito triangular, laterais fortemente côncavas, ápices arredondados e exina sem ornamentação.

Dimensão: 21 - 67 µm (3 exemplares).

Afinidade botânica: Família Marsileaceae.

Gênero *Stereisporites* Pflug, 1953

Espécie-tipo: *Superesportes* (Potonié & Venitz) Thomson & Pflug, 1953

Stereisporites sp.

Prancha C6, fig. 33

Descrição: Esporo trilete, laesuras de difícil observação devido ao grão estar danificado, exina fina e escura, borda mais espessa, âmbito circular, sem ornamentação aparente.

Dimensão: 26 µm (1 exemplar).

Afinidade botânica: Família Sphagnaceae.

Infraturma **APICULATI** Bennie & Kidston, 1886 *emend.* Potonié, 1956

Subinfraturma **VERRUCATI** Dybowa & Jachowiks, 1957

Gênero *Leptolepidites* Couper, 1953
Espécie-tipo: *Leptolepidites verrucatus* Couper, 1953

Leptolepidites verrucatus, Couper, 1953

Prancha C5, fig. 29

Vide Couper (1953, p.28) para descrição completa.

Descrição: Esporo trilete, aberturas pouco visíveis, âmbito subtriangular a arredondado, exina verrucada onde as verrugas são protuberantes e arredondadas e recobrem toda a superfície do grão.

Dimensão: 29 - 36 µm (9 exemplares).

Afinidade botânica: Famílias Lycopodiaceae e Selaginellaceae.

Leptolepidites psarosus Norris, 1968

Prancha C5, fig. 28

Vide Norris (1968, p. 316) para descrição completa e comentários.

Descrição: Esporo trilete, aberturas longas alcançando as margens equatoriais do grão, âmbito subtriangular a arredondado, exina espessa e verrucosa, verrugas presentes de forma uniforme pela superfície do grão.

Dimensão: 26 - 40 µm (4 exemplares).

Afinidade botânica: Famílias Lycopodiaceae e Selaginellaceae.

Subinfraturma **NODATI** Dybowa & Jachowicz, 1957

Gênero *Echinatisporis* Krutzsch, 1959
Espécie-tipo: *Echinatisporis longechinus* Krutzsch, 1959

Echinatisporis sp.

Prancha C4, fig. 22

Descrição: Grão em posição onde não é possível observar a abertura, exina espessa equinada, espinhos com bases largas e irregularmente distribuídos pela superfície do grão.

Dimensão: 44 µm (1 exemplar).

Afinidade botânica: Família Selaginellaceae.

Echinatisporis sp. 2

Prancha C4, fig. 23

Descrição: Esporo trilete, aberturas pouco visíveis, âmbito circular, exina equinada, espinhos distribuídos de forma irregular pela superfície do grão.

Dimensão: 39 µm (1 exemplar).

Afinidade botânica: Família Selaginellaceae.

Echinatisporis sp. 3

Prancha C4, fig. 24

Descrição: Esporo trilete, aberturas não visíveis, âmbito circular ovalado, exina fina, ornamentação equinada.

Dimensão: 43 µm (1 exemplar).

Afinidade botânica: Família Selaginellaceae.

Gênero *Pilosporites* Delcourt & Sprumont, 1955

Espécie-tipo: *Pilosporites trichopapillosum* (Thiegart) Delcourt & Sprumont, 1955

Pilosporites trichopapillosum (Thiegart) Delcourt & Sprumont, 1955

Prancha C6, fig. 32

Vide Srivastava (1975, p. 54-55) para descrição completa e observações.

Definição: Esporo trilete, âmbito circular a triangular, exina espessa, equinado, espinhos variando de 2 - 15 µm de comprimento.

Dimensão: 57 - 73 µm (12 exemplares).

Afinidade botânica: Família Schizaeaceae.

Infraturma **MURORNATI** Potonié & Kremp, 1954

Gênero *Cicatricosporites* Potonié & Gelletich, 1933

Espécie-tipo: *Cicatricosporites dorogensis* Potonié & Gelletich, 1933

Cicatricosporites avnimelechi Horowitz, 1970

Prancha C1, fig. 5

Vide Horowitz (1970, p. 164) para descrição completa.

Descrição: Esporo trilete, laesuras finas e pouco visíveis, dimensões reduzidas em relação a outras espécies do gênero, costelas relativamente finas.

Dimensão: 27 - 40 µm (23 exemplares).

Afinidades botânicas: Família Schizaeaceae.

Observação: Trata-se da mesma espécie *Cicatricosisporites* sp. ilustrada por Regali et al. (1974, p. 264, est. VI, fig. 4).

Cicatricosisporites brevilaesuratus Couper, 1958

Prancha C1, fig. 6

Vide Couper (1958, p. 136) para descrição completa.

Descrição: Esporo trilete, laesura fina e alongada, âmbito subcircular, exina espessa, ornamentada por costelas pouco espessas sub paralelas e separadas por canais finos.

Dimensão: 52,5 - 57 µm (5 exemplares).

Afinidades botânicas: Família Schizaeaceae.

Cicatricosisporites microstriatus Jardiné & Magloire, 1965

Prancha C2, fig. 7

Vide Jardiné & Magloire (1965, p. 202) para descrição completa.

Descrição: Esporo trilete, laesura fina que não atinge as extremidades do grão, apresenta dimensões elevadas, âmbito subtriangular convexo, exina espessa e ornamentada por grande quantidade de costelas finas, separadas por canais finos e paralelos que não se ramificam.

Dimensão: 75 - 78 µm (3 exemplares).

Afinidade botânica: Família Schizaeaceae.

Cicatricosisporites nuni Horowitz, 1970

Prancha C2, fig. 8

Vide Horowitz (1970, p. 164) para descrição completa.

Descrição: Esporo trilete, âmbito circular, laesura longa e fina, superfície ornamentada por costelas finas.

Dimensão: 37,5 - 42 µm (2 exemplares).

Afinidade botânica: Família Schizaeaceae.

Cicatricosisporites sp.

Prancha C2, fig. 9

Descrição: Esporo trilete, âmbito subtriangular a circular, costelas largas e sub paralelas separadas por canais largos.

Dimensão: 31 µm (1 exemplar).

Afinidade botânica: Família Schizaeaceae.

Gênero *Chomotriletes* Naumova, 1939

Espécie-tipo: *Chomotriletes vedugensis* Naumova, 1939

Chomotriletes almegrensis Pocock, 1962

Prancha C2, fig. 11

Vide Pocock (1962, p. 38) para descrição completa

Descrição: Esporo com marca trilete não visível, âmbito subcircular, estrias finas.

Dimensão: 42 µm (1 exemplar).

Afinidade botânica: Família Schizaeaceae.

Gênero *Klukisporites* Couper, 1958

Espécie-tipo: *Klukisporites variegatus* Couper, 1958

Klukisporites foveolatus Pocock, 1964

Prancha C5, fig. 25

Vide Pocock (1964, p. 194) para descrição completa.

Descrição: Esporo trilete, rasuras finas, âmbito subtriangular, lados levemente convexos, ápices levemente arredondados, ornamentação foveolada.

Dimensão: 45 - 57 µm (12 exemplares).

Afinidade botânica: Família Schizaeaceae.

Klukisporites pseudoreticulatus Couper, 1958

Prancha C5, fig. 26

Vide Couper (1958, p. 48) para descrição completa.

Descrição: Esporo trilete, âmbito subtriangular a subcircular, superfície apresentando marcas formando reticulações.

Dimensão: 47 µm (2 exemplares).

Afinidade botânica: Família Schizaeaceae.

Klukisporites sp.

Prancha C5, fig. 27

Descrição: Esporo trilete, âmbito triangular, laesura fina e longa atingindo a borda equatorial do grão, ornamentação lembrando retículos e presença de espinhos de base larga, dimensão reduzida em comparação com as outras duas espécies.

Dimensão: 25 µm (1 exemplar).

Afinidade botânica: Família Schizaeaceae.

Infraturma **TRICRASSATI** Dettmann, 1963

Gênero **Camarozonosporites** Pant, 1954 ex Potonié, 1956 *emend.* Klaus, 1960

Espécie-tipo: **Camarozonosporites cretaceus** (Weiland & Krieger) Potonié, 1956

Vide Klaus (1960, p. 35) para emenda da diagnose e Srivastava (1972, p. 6) para sinonímia.

Camarozonosporites sp.

Prancha C1, fig. 3

Descrição: Grão de âmbito circular, exina fina e irregularmente rugulada, marca trilete não visível.

Dimensão: 25 µm (1 exemplar).

Afinidade botânica: Família Lycopodiaceae.

Subturma **ZONOTRILETES** Waltz, 1935

Infraturma **CINGULATI** Potonié & Klaus, 1954 *emend.* Dettmann, 1963

Gênero **Cingutriletes** Pierce, 1961 *emend.* Dettmann, 1963

Espécie-tipo: **Cingutriletes congruens** Pierce, 1961

Cingutriletes sp.

Prancha C2, fig. 10

Descrição: Esporo trilete cingulado, âmbito circular, laesuras com leve sinuosidade, exina lisa e parede grossa.

Dimensão: 29 µm (3 exemplares).

Afinidade botânica: Família Sphagnaceae.

Infraturma **AURICULATI** Schopf, 1938 *emend.* Dettmann, 1963

Gênero **Matonisporites** Couper, 1958

Espécie-tipo: *Matonisporites phlebopterooides* Couper, 1958

cf. *Matonisporites silvai* Lima, 1978

Prancha C1, fig. 4

Vide Lima (1978, p. 165-166) para descrição completa e diagnose.

Descrição: Esporo trilete, paredes espessas de coloração mais escura, âmbito circular a subtriangular, exina sem ornamentação, lisa e escura. O grão aqui presente se encontra fortemente dobrado, alterando sua dimensão.

Dimensão: 44 µm - dobrado (1 exemplar).

Afinidade botânica: Família Matoniaceae.

Gênero *Apendicisporites* Weiland & Krieger, 1953

Espécie-tipo: *Apendicisporites tricuspidatus* Weiland & Krieger, 1953

Apendicisporites sp.

Prancha C1, fig. 1

Descrição: Esporo trilete, rasuras retas com presença de margo, tornando a exina mais escura na região. Superfície ornamentada por costelas largas dispostas em duas orientações.

Dimensão: 52 µm (1 exemplar).

Afinidade botânica: Família Schizaeaceae.

Infraturma **PERINOTRILITI** Erdtmann, 1947 *emend.* Dettmann, 1963

Gênero *Densoisporites* (Weiland & Krieger, 1953) Dettmann, 1963

Espécie-tipo: *Densoisporites velatus* (Weiland & Krieger, 1953) Krasnova, 1961

Densoisporites sp.

Prancha C4, fig. 21

Descrição: Esporo com marca trilete não visível, região central com exina mais espessa e escura, âmbito circular.

Dimensão: 51 µm (1 exemplar).

Afinidade botânica: Família Selaginellaceae.

Gênero *Perotrilites* (Erdtmann, 1942) ex Couper, 1953 *emend.* Evans, 1970

Espécie-tipo: *Perotrilites granulatus* Couper, 1953

Perotrilites sp.

Prancha C6, fig. 29

Descrição: Esporo de âmbito subcircular, exina sem ornamentação, perispório transparente e dobrado envolvendo o grão. Por estar danificado, não é possível observar a marca trilete.

Dimensão: 77 µm (2 exemplares).

Afinidade botânica: Família Lycopodiaceae.

Gênero *Crybelosporites* Dettmann, 1963

Espécie-tipo: *Crybelosporites striatus* (Cookson & Dettmann) Dettmann, 1963

Crybelosporites pannuceus (Brenner) Srivastava, 1975

Prancha C3, fig. 13

Vide Brenner (1963, p. 66) para descrição e Srivastava (1975, p. 35) para sinonímia.

Descrição: Esporo trilete, laesura fina e longa, âmbito circular, exina espessa e de coloração escura, perispório transparente com quantidade significativa de dobras recobrindo o grão.

Dimensão: 42 - 65 µm (5 exemplares).

Afinidade botânica: Famílias Lycopodiaceae e Marsiliaceae.

Gênero *Paludites* Oltz, 1969

Espécie-tipo: *Paludites fenestras* Oltz, 1969

Paludites mameolatus Lima, 1978

Prancha C5, fig. 30

Vide Lima (1978, p. 180) para descrição completa.

Definição: Esporo trilete, âmbito circular, laesuras de difícil visualização, perispório envolvendo o grão, apresenta projeções ornamentadas de aspecto mamelonar.

Dimensão: 64,5 µm (1 exemplar).

Afinidade botânica: Desconhecida.

POLLENITES

Anteturma **VARIEGERMINANTES** R. Potonié, 1975

Turma **SACCITES** Erdtman, 1947

Subturma **MONOSACCITES** Chitaley, 1951 emend. Potonié & Kremp, 1954

Infraturma **SACCIZONATI** Bharadwaj, 1957

Gênero *Callialasporites* Dev, 1961
Espécie-tipo: *Callialasporites trilobatus* (Balme) Dev, 1961

Callialasporites segmentatus Balme, 1957

Prancha D1, fig. 4

Vide Balme (1957, p. 33) para descrição completa e sinonímia.

Descrição: Grão inaperturado, âmbito circular, exina central - saccus - lisa e circular, circundada por uma extensão da exina mais fina e de coloração clara apresentando diversas dobras.

Dimensão: 50 µm (2 exemplares).

Afinidade botânica: Famílias Araucariaceae e Podocarpaceae.

Subturma **DISSACCITES** Cookson, 1947

Infraturma **DISACCIATRILETI** Leschick, 1955 emend. Potonié, 1958

Gênero *Vitreisporites* (Leschick, 1956) Jansonius, 1962

Espécie-tipo: *Vitreisporites signatus* Leschick, 1956

Vitreisporites microsaccus, Jersey, 1964

Prancha D7, fig. 42

Vide Jersey (1964, p. 10) para descrição completa.

Descrição: Grão bissacado, corpo central liso, exina fina e clara, sacci pouco reticulados de âmbito aproximadamente circular.

Dimensões: C.t = 39 - 40 µm, C.c.c = 18 - 19 µm, C.s = 23 - 28 µm; L.t = 39 - 49 µm, L.c.c = 35 - 48 µm, L.s = 18 - 25 µm (4 exemplares).

Afinidade botânica: Família Caytoniaceae.

Vitreisporites sp.

Prancha D8, fig. 43

Descrição: Grão bissacado corpo central ligeiramente menor do que os sacci e aparentemente sem ornamentação. Sacci com reticulação bem marcada.

Dimensão: C.t = 37 µm, C.c.c = 15,5 µm, C.s = 24,5 µm; L.t = 45,5 µm, L.c.c = 41 µm, L.s = 27 µm (1 exemplar).

Afinidade botânica: Família Caytoniaceae.

Vitreisporites sp. 2

Prancha D8, fig. 44

Descrição: Grão bissacado, corpo central majoritariamente sem ornamentação e de dimensão superior aos sacci, sacci apresentando forte reticulação e forma ovalada.

Dimensão: 37,5 - 45 µm (5 exemplares).

Afinidade botânica: Família Caytoniaceae.

Vitreisporites sp. 3

Prancha D8, fig. 45

Descrição: Grão bissacado, corpo central sem ornamentação, de âmbito circular e menor do que os sacci. Sacci fortemente reticulados e de contorno subcircular.

Dimensão: 45 - 50 µm (7 exemplares).

Afinidade botânica: Família Caytoniaceae.

Vitreisporites sp. 4

Prancha D8, fig. 46

Descrição: Grão bissacado, corpo central reticulado e de dimensão consideravelmente maior do que os sacci, âmbito subcircular. Sacci reticulados com aparência de atrofiado, levemente arredondado.

Dimensão: 39 µm (1 exemplar).

Afinidade botânica: Família Caytoniaceae.

Infraturma **SULCATI**

Gênero *Gamerroites* Archangelsky, 1988

Espécie-tipo: *Gamerroites volkheimeri* Archangelsky, 1988

Gamerroites psilasaccus (Archangelsky & Romero, 1974) Archangelsky, 1988

Prancha D5, fig. 25

Vide Povilauskas (2012, p. 88) para descrição completa.

Descrição: Grão bissacado, âmbito circular, exina grossa e psilada, sacci grandes e também psilados.

Dimensão: 72 µm (3 exemplares).

Afinidade botânica: Família Podocarpaceae.

Turma **ALETES, KRIPTAINAPERTURATES** Ibrahim, 1933

Subturma **AZONALETES** (Luber, 1935) Potonié & Kremp, 1954

Infraturma **PSILONAPITI** Erdtman, 1947

Gênero ***Inaperturopollenites*** (Pflug, 1952 ex Thomson & Pflug, 1953, Potonié, 1958)

Potonié, 1966

Espécie-tipo: ***Inaperturopollenites dubius*** (Potonié & Venitz) Thomson & Pflug, 1953

Inaperturopollenites simplex Regali et al., 1974

Prancha D6, fig. 36

Vide Regali et al. (1974, p. 270) para descrição completa.

Descrição: Grão inaperturado, psilado, âmbito circular, exina fina, grão recoberto por um perispório fino e transparente que excede a dimensão do grão.

Dimensão: 74 µm (2 exemplares).

Afinidade botânica: Famílias Cupressaceae/Taxaceae/Taxodiaceae e Podocarpaceae.

Inaperturopollenites turbatus Balme, 1957 (Sensu Regali et al., 1974)

Prancha D7, fig. 37

Vide Balme (1957, p. 53) para descrição completa, Regali et al., (1974, estampa V, fig. 1) para ilustração e Dino (1992, p. 180) para comentários gerais.

Descrição: Grão inaperturado, âmbito circular, região central do grão a exina é mais espessa, com coloração escura.

Dimensão: 42 µm (1 exemplar)

Afinidade botânica: Famílias Cupressaceae/Taxaceae/Taxodiaceae e Podocarpaceae.

Infraturma **GRANULONAPITI** Cookson, 1947

Gênero ***Araucariacites*** Cookson, 1947 ex Couper, 1953

Espécie-tipo: ***Araucariacites australis*** Cookson, 1947

Araucariacites australis Cookson, 1947

Prancha D1, fig. 1

Vide Cookson (1947, p. 130) para descrição completa.

Descrição: Grão inaperturado, âmbito circular, frequentemente apresentando dobras, exina fina e escabrida.

Dimensão: 46 - 72 µm (119 exemplares).

Afinidade botânica: Família Araucariaceae.

Araucariacites limbatus (Balme) Habib, 1969

Prancha D1, fig. 2

Vide Lima (1978, p. 190) para descrição completa.

Descrição: Grão inaperturado, âmbito circular, exina escabrida, na região central do grão a exina é mais fina, gradualmente havendo seu espessamento em direção às bordas.

Dimensão: 46 - 62,5 µm (6 exemplares).

Afinidade botânica: Família Araucariaceae.

Gênero *Uesuguipollenites* Dino, 1994

Espécie-tipo: *Uesuguipollenites callosus* Dino, 1994

Uesuguipollenites sp.

Prancha D7, fig. 41

Descrição: Grão inaperturado, âmbito circular, exina fina, transparente e escabrida, apresenta um espessamento na região central, também de âmbito circular, com coloração escura.

Dimensão: 62 µm (1 exemplar)

Afinidade botânica: Famílias Cupressaceae/Taxaceae/Taxodiaceae.

Gênero *Sergipea* Regali et al., 1974 emend. Regali, 1987

Espécie-tipo: *Sergipea naviformis* Regali et al., 1974

Sergipea variverrucata Regali et al., 1974 emend. Regali, 1987

Prancha D7, fig. 38

Vide Regali (1987, p. 616) para descrição completa e comparação.

Descrição: Grão inaperturado, superfície central recoberta por verrugas, borda do grão espessa e lisa.

Dimensão: 40 µm (1 exemplar).

Afinidade botânica: Desconhecida.

Gênero *Classopollis* Pflug, 1960

Espécie-tipo: *Classopollis classoides* Pflug, 1960

Classopollis alexi Burger, 1965

Prancha D2, fig. 7

Vide Lima (1978, p. 202) para descrição e comentários.

Descrição: Grão de âmbito circular ou circular ovalado, exina fina e escabrada com estrias finas, as vezes bifurcadas. Podendo ser encontrados ainda como tétrades.

Dimensão: 33 - 41 µm (1.548 exemplares).

Afinidade botânica: Família Cheirolepidiaceae.

Classopollis brasiliensis Herngreen, 1975

Prancha D2, fig. 8

Vide Herngreen (1975, p. 59) para descrição completa e comentários.

Descrição: Grão de âmbito circular a circular ovalado, exina fina e escabrada, são observadas estrias levemente mais grossas e em menor número do que as presentes na espécie *C. alexi*.

Dimensão: 43 - 48 µm (21 exemplares).

Afinidade botânica: Família Cheirolepidiaceae.

Classopollis classoides Pflug, 1953

Prancha D2, fig. 9

Vide Pflug (1953, p. 91) para descrição completa.

Descrição: Grão monoporado, âmbito circular, ornamentação variando entre escabrado a microreticulado, ocasionalmente há a presença de marca trilete formando uma área triangular na região do poro.

Dimensão: 26 - 35 µm (1.413 exemplares).

Afinidade botânica: Família Cheirolepidiaceae.

Classopollis sp.

Prancha D2, fig. 10

Descrição: Grão de âmbito circular, exina lisa e fina na porção central do grão, com espessamento nas bordas, sem poro e marca de junção visíveis. Não apresenta deformação como o *C. torosus*.

Dimensão: 29 µm (2 exemplares).

Afinidade botânica: Família Cheirolepidiaceae.

Classopollis torosus (Reissinger, 1950) Couper, 1958

Prancha D2, fig. 11

Vide Lima (1978, p. 202) para descrição completa e comentários.

Descrição: Grão de âmbito circular, frequentemente bastante deformado, monoporado onde o poro é de difícil visualização, marca trilete também pouco visível, exina escabrida.

Dimensão: 22 - 37 µm (27 exemplares).

Afinidade botânica: Família Cheirolepidiaceae.

Gênero *Circulina* Malyawkina, 1949

Espécie-tipo: *Circulina funifera* Malyawkina, 1949

Circulina meyeriana Klaus, 1960

Prancha D1, fig 5

Vide Lima (1978, p. 206) para descrição completa.

Descrição: Grão monoporado, âmbito circular, exina fina no centro e mais espessa na borda.

O poro é perfeitamente circular com marca de união triangular no centro do grão.

Dimensão: 23 - 31 µm (8 exemplares).

Afinidade botânica: Família Cheirolepidiaceae.

Circulina parva Brenner, 1963

Prancha D1, fig. 6

Vide Lima (1978, p. 205) para descrição completa.

Descrição: Grão monoporado, âmbito circular, apresenta marca de união polínica triangular no centro do grão, onde a exina, sem ornamentação, é mais fina, presença de rímla fina que acompanha o contorno equatorial do grão.

Dimensão: 25 - 26 µm (4 exemplares).

Afinidade botânica: Família Cheirolepidiaceae.

Turma **PLICATES** (Naumova, 1937, 1939) Potonié, 1960

Subturma **COSTATES** Potonié, 1970

Infraturma **COSTATI** Potonié, 1970

Gênero *Equisetosporites* (Daugherty, 1941) emend. Singh, 1964

Espécie-tipo: *Equisetosporites chinleana* Daugherty, 1941

Equisetosporites lanceolatus Lima, 1978

Prancha D3, fig. 17

Vide Lima (1978, p. 229) para descrição completa e diagnose.

Descrição: Pólen poliplicado, âmbito fusiforme, exina espessa e escura, ornamentado por costelas paralelas, retas, bem definidas que afinam nas extremidades e fundem-se.

Dimensão: C = 31 - 46 µm; L = 14 - 21 µm (10 exemplares).

Afinidade botânica: Família Ephedraceae/Gnetaceae/Welwitschiaceae.

Equisetosporites luridus Lima, 1978

Prancha D3, fig. 18

Vide Lima (1978, p. 228) para diagnose e descrição completa.

Descrição: Grão poliplicado, âmbito ovalado, exina fina com duas camadas, onde a camada externa apresenta grande quantidade de costelas finas separadas por canais igualmente finos. As costelas não atravessam toda a extensão longitudinal do grão, havendo, nos polos, áreas onde a exina é lisa.

Dimensão: C = 41 - 52 µm; L = 20 - 24 µm (5 exemplares).

Afinidade botânica: Família Ephedraceae/Gnetaceae/Welwitschiaceae.

Equisetosporites maculosus Dino, 1994

Prancha D4, fig. 19

Vide Dino (1994, p. 259) para descrição completa e diagnose.

Descrição: Grão poliplicado, âmbito variando entre oval a elíptico, exina fina com duas camadas, onde a camada interna, restrita à porção central do grão, é mais espessa e escura. A camada externa é ornamentada por um grande de costelas que atravessam longitudinalmente toda extensão do grão.

Dimensão: C = 39 - 72,5 µm; L = 14 - 30 µm (3 exemplares).

Afinidade botânica: Família Ephedraceae/Gnetaceae/Welwitschiaceae.

Equisetosporites minuticostatus Lima, 1978

Prancha D4, fig. 20

Vide Lima (1978, p. 227) para diagnose e descrição completa.

Descrição: Grão poliplicado, âmbito oval, exina fina e transparente, com duas camadas, sendo a externa ornamentada por grande quantidade de costelas que se fundem nas extremidades do grão.

Dimensão: C = 39 - 64 µm; L = 16 - 32 µm (13 exemplares).

Afinidade botânica: Família Ephedraceae/Gnetaceae/Welwitschiaceae.

Equisetosporites ovatus (Pierce, 1961) Singh, 1964

Prancha D4, fig. 21

Vide Singh (1964, p. 133) para descrição completa e comentários.

Descrição: Grão poliplicado, âmbito oval, exina ornamentada por costelas que se prolongam por toda a extensão do grão, fundindo-se nas extremidades.

Dimensão: C = 20 - 32 µm; L = 14 - 25 (11 exemplares).

Afinidade botânica: Família Ephedraceae/Gnetaceae/Welwitschiaceae.

Equisetosporites sp.

Prancha D4, fig. 22

Descrição: Grão poliplicado, âmbito oval alongado, exina fina e transparente ornamentada por costelas finas e retas, que se fundem nas extremidades. Grão bastante deteriorado dificulta maior detalhamento.

Dimensão: C = 48 µm; L = 19 µm (1 exemplar).

Afinidade botânica: Família Ephedraceae/Gnetaceae/Welwitschiaceae.

Equisetosporites sp. 2

Prancha D4, fig. 23

Descrição: Grão poliplicado, âmbito ovalado, exina fina e transparente, ornamentada por costelas largas separadas por canais relativamente largos. Costelas e canais se estendem longitudinalmente por todo o grão.

Dimensão: C = 27 µm; L = 13 µm (1 exemplar).

Afinidade botânica: Família Ephedraceae/Gnetaceae/Welwitschiaceae.

Equisetosporites sp. 3

Prancha D4, fig. 24

Descrição: Grão poliplicado, tamanho médio e espessura fina, âmbito ovalado, exina mais espessa do que a das demais espécies, apresenta ornamentação composta por pequena quantidade de costelas relativamente largas separadas por intervalos também largos, essa disposição da ornamentação gera “espaços” onde a exina é lisa, sem ornamentação. Costelas presentes em toda a extensão longitudinal do grão.

Dimensão: C = 26 - 35 µm; L: 10 - 14 µm (7 exemplares).

Afinidade botânica: Família Ephedraceae/Gnetaceae/Welwitschiaceae.

Equisetosporites sp. 4

Prancha D5, fig. 25

Descrição: Grão poliplicado, âmbito ovalado, exina muito fina e transparente, ornamentação composta por várias costelas finas, retas que se estendem longitudinalmente por todo o grão, separadas por canais também finos.

Dimensão: C = 57 µm; L = 18 µm (1 exemplar).

Afinidade botânica: Família Ephedraceae/Gnetaceae/Welwitschiaceae.

Gênero *Ephedripites* Bolkhovitina, 1953 ex Potonié, 1958 emend. Krutzsch, 1961

Espécie-tipo: *Ephedripites eocenipites* (Woodhouse, 1933) Krutzsch, 1961

Ephedripites sp.

Prancha D3, fig. 16

Descrição: Grão poliplicado, âmbito oval, extremidades arredondadas, exina fina e lisa, presença de cinco cristas ou dobras onde a exina é mais espessa e escura, porém também sem presença de ornamentação.

Dimensão: C = 41 µm; L = 19 µm (1 exemplar).

Afinidade botânica: Família Ephedraceae/Gnetaceae/Welwitschiaceae.

Gênero *Singhia* Srivastava, 1968

Espécie-tipo: *Singhia diversus* (Stover, 1964) Srivastava, 1968

Singhia multicostata (Brenner, 1963) Lima, 1980

Prancha D7, fig. 39

Vide Lima (1980, p. 30) para diagnose e descrição completa.

Descrição: Grão poliplicado, âmbito ovalado, exina espessa, em duas camadas, sendo a camada exterior ornamentada por pregas longitudinais irregulares.

Dimensão: C = 53 µm; L = 23 µm (1 exemplar).

Afinidade botânica: Família Ephedraceae/Gnetaceae/Welwitschiaceae.

Gênero *Gnetaceaepollenites* Thiegart, 1938

Espécie-tipo: *Gnetaceaepollenites ellipticus* Thiegart, 1938

Gnetaceaepollenites chlatratus Stover, 1964

Prancha D5, fig. 30

Vide Stover (1964, p. 149-150) para diagnose, descrição completa e discussão.

Descrição: Grão poliplicado, âmbito elíptico, exina em duas camadas, sendo a mais externa ornamentada por costelas salientes semicirculares

Dimensão: C = 23 - 37 µm; L = 17 - 19 µm (3 exemplares).

Afinidade botânica: Família Ephedraceae/Gnetaceae/Welwitschiaceae.

Gnetaceaepollenites jansonii (Pocock, 1964) Lima, 1978

Prancha D6, fig. 31

Vide Lima (1978, p. 238) para descrição completa, discussão e comparações.

Descrição: Grão poliplicado, contorno fusiforme a oval, exina com dupla camada, sendo a camada mais externa ornamentada por costelas espessas, lisas e separadas por canais.

Dimensão: C = 34 - 89 µm; L = 17 - 52 µm (8 exemplares).

Afinidade botânica: Família Ephedraceae/Gnetaceae/Welwitschiaceae.

Gnetaceaepollenites retangularis Lima, 1978

Prancha D6, fig. 32

Vide Lima (1978, p. 243) para descrição completa e diagnose.

Descrição: Grão poliplicado, âmbito sub-quadrado a sub-retangular, exina em duas camadas, a mais externa ornamentada por costelas espessas e escuras, separadas por canais muito finos.

Dimensão: C = 31 - 40 µm; L = 17 - 23 µm (23 exemplares).

Afinidade botânica: Família Ephedraceae/Gnetaceae/Welwitschiaceae.

Gnetaceaepollenites sp.

Prancha D6, fig. 33

Descrição: Grão poliplicado, âmbito oval, tamanho pequeno, inferior às demais espécies, exina externa ornamentada por costelas finas (~11 costelas) separadas por espaços onde não há a presença da exina externa.

Dimensão: C = 19 µm; L = 10 µm (1 exemplar).

Afinidade botânica: Família Ephedraceae/Gnetaceae/Welwitschiaceae.

Gnetaceaepollenites sp. 2

Prancha D6, fig. 34

Descrição: Grão poliplicado, âmbito elíptico, duas camadas de exina fina e transparente, a camada externa sendo ornamentada por costelas finas, que se cruzam, mas não se fundem e relativamente espaçadas entre si.

Dimensão: C = 32 µm; L = 12,5 µm (1 exemplar).

Afinidade botânica: Família Ephedraceae/Gnetaceae/Welwitschiaceae.

Gnetaceaepollenites uesuguii Lima, 1978

Prancha D6, fig. 35

Vide Lima (1978, p. 242) para descrição completa e diagnose.

Descrição: Grão poliplicado, contorno subcircular a oval alargado, exina em duas camadas, sendo a camada externa ornamentada por costelas espessas e escuras, separadas por canais muito finos.

Dimensão: C = 50 µm; L = 45 µm (1 exemplar).

Afinidade botânica: Família Ephedraceae/Gnetaceae/Welwitschiaceae.

Gênero *Steevesipollenites* Stover, 1964

Espécie-tipo: *Steevesipollenites multilineatus* Stover, 1964

Steevesipollenites binodosus Stover, 1964

Prancha D7, fig. 40

Vide Stover (1964, p. 151) para diagnose e descrição completa.

Descrição: Grão poliplicado, contorno oval alargado, ornamentação constituída por diversas costelas mal definidas. Nas extremidades do grão ocorre espessamento da exina.

Dimensão: C = 32 - 46 µm; L = 15 - 20 µm (4 exemplares).

Afinidade botânica: Família Ephedraceae/Gnetaceae/Welwitschiaceae.

Subturma **PRAECOLPATES** Potonié & Kremp, 1954

Gênero *Eucommiidites* (Erdtman, 1948) Hughes, 1961

Espécie-tipo: *Eucommiidites troedssonii* (Erdtman, 1948) Hughes, 1961

Eucommiidites sp. 1

Prancha D5, fig. 26

Descrição: Grão tricolpado, âmbito ovalado, extremidades levemente arredondadas, exina escabrada e fina, mais clara na região central do grão e mais escura nas bordas.

Dimensão: C = 30 µm; L = 15,5 µm (1 exemplar).

Afinidade botânica: Família Ephedraceae/Gnetaceae/Welwitschiaceae.

Eucommiidites sp. 2

Prancha D5, fig. 27

Descrição: Grão tricolpado, contorno elíptico, exina psilada muito fina e transparente, pólen, geralmente, de dimensões menores e com extremidades arredondadas.

Dimensão: C = 21 - 37 µm; L = 15 - 19 µm (6 exemplares).

Afinidade botânica: Família Ephedraceae/Gnetaceae/Welwitschiaceae.

Eucommiidites troedssonii (Erdtman, 1948) Hughes, 1961

Prancha D5, fig. 28

Vide Hughes (1961, p. 292) para descrição completa e comentários.

Descrição: Grão tricolpado, sendo o colpo central mais largo e longo, enquanto os colpos laterais localizam-se próximo às margens equatoriais do grão, âmbito oval, exina espessa, lisa e puctada.

Dimensão: C = 26 - 37 µm; L = 15 - 21 µm (26 exemplares).

Afinidade botânica: Família Ephedraceae/Gnetaceae/Welwitschiaceae.

Subturma **MONOCOLPATES (MONOSULCITES)** e **ZONOCOLPATES** Potonié, 1970

Infraturma **QUAESILAVIGATI** Potonié, 1970

Subinfraturma **ACAVATI** Lima, 1978

Gênero *Cycadopites* Woodhouse, 1933 ex Wilson & Webster, 1946

Espécie-tipo: *Cycadopites folicularis* Wilson & Webster, 1946 ex Potonié, 1958

Vide Singh (1964, p. 103) para sinonímia e diagnose genérica.

Cycadopites nitidus (Balme, 1957) Jersey, 1964

Prancha D2, fig. 12

Vide Balme (1957, p. 30) para descrição.

Descrição: Grão monocolpado, contorno oval, exina fina e psilada, colpo se estende por todo o grão, sendo mais aberto próximo às extremidades.

Dimensão: C = 28 µm; L = 15,5 µm (1 exemplar).

Afinidade botânica: Família Cycadaceae.

Cycadopites sp.

Prancha D3, fig. 13

Descrição: Grão monocolpado, contorno ovalado fino e longo, colpo se estende por todo o grão e é mais aberto nas extremidades, exina psilada, fina e clara.

Dimensão: C = 33 µm; L = 12µm (1 exemplar).

Afinidade botânica: Família Cycadaceae.

Cycadopites sp. 2

Prancha D3, fig. 14

Descrição: Grão monocolpado, contorno ovalado longo, exina psilada, fina e clara no colpo, enquanto que fora dele a exina é também fina, porém escura. O colpo se estende por toda a superfície longitudinal do grão, sendo muito mais aberto próximo às extremidades. Grão de maiores dimensões do que as demais espécies.

Dimensão: C = 53 µm; L = 20 µm (1 exemplar).

Afinidade botânica: Família Cycadaceae.

Cycadopites sp. 3

Prancha D3, fig. 15

Descrição: Grão monocolpado, contorno elíptico alongado, exina no colpo é fina, psilada e clara, enquanto a exina externa é fina, escabrada e escura. Colpo se estende por todo o grão, sendo muito mais aberto nas extremidades.

Dimensão: C = 27 µm; L = 18 µm (1 exemplar).

Afinidade botânica: Família Cycadaceae.

Gênero *Bennettiaepollenites* Thiegart, 1949 emend. Potonié, 1958

Espécie-tipo: *Bennettitaepollenites lucifer* Thiegart, 1949

Vide Singh (1964, p. 106) para sinonímia e descrição genérica.

Bennettitaepollenites regaliae Dino, 1992

Prancha D1, fig. 3

Vide Dino (1992, p. 204) para diagnose e descrição completa.

Descrição: Grão monosulcado, sulco longo atravessando toda a superfície longitudinal do grão, sendo mais aberto nas extremidades, dimensões elevadas, âmbito fusiforme, exina geralmente espessa, ornamentação psilada.

Dimensão: C = 90 - 116 µm; L = 42 - 51 µm (4 exemplares).

Afinidade botânica: Família Cycadaceae.

Infraturma **SCULPATI** Potonié, 1970

Gênero *Stellatopollis* Doyle et al., 1975

Espécie-tipo: *Stellatopollis barghoornii* Doyle, 1975

Stellatopollis sp.

Prancha E2, fig. 10

Descrição: Grão monosulcado, âmbito oval, exina recoberta totalmente por ornamentação composta por protuberâncias claviformes ligeiramente triangulares, que estão dispostas em grupos de seis.

Dimensão: C = 34 µm; L = 14 µm (1 exemplar).

Afinidade botânica: Família Euphorbiaceae.

Gênero *Retimonocolpites* Pierce emend. Juhász & Góczan, 1958

Espécie-tipo: *Retimonocolpites dividuus* Pierce, 1961

Retimonocolpites dividuus Pierce, 1961

Prancha E1, fig. 5

Vide Kemp (1968, p. 424) e Singh (1971, p. 185-186) para descrição completa.

Descrição: Grão monosulcado, onde o sulco é longo, cruzando quase toda superfície longitudinal do grão, âmbito variando entre elíptico a esférico e exina reticulada.

Dimensão: C = 36 µm; L = 26 µm (1 exemplar).

Afinidade botânica: Família Gunneraceae.

Retimonocolpites sp.

Prancha E1, fig. 6

Descrição: Grão monosulcado, sulco longo por toda extensão longitudinal do grão, âmbito ovalado, com extremidades mais finas, exina reticulada.

Dimensão: C = 40 µm; L = 12,5 µm (1 exemplar).

Afinidade botânica: Família Gunneraceae.

Retimonocolpites sp. 2

Prancha E1, fig. 7

Descrição: Grão monosulcado, com sulco longo, cruzando praticamente toda extensão longitudinal do grão, âmbito subcircular, exina apresentando forte reticulação.

Dimensão: 32 µm (1 exemplar).

Afinidade botânica: Família Gunneraceae.

Retimonocolpites sp. 3

Prancha E2, fig. 8

Descrição: Grão monosulcado, âmbito subcircular, exina fina e fortemente reticulada.

Dimensão: C = 25 µm; L = 21 µm (1 exemplar).

Afinidade botânica: Família Gunneraceae.

Gênero *Monocolpopollenites* Thomson & Pflug, 1953 emend. Nichols et al., 1973

Espécie-tipo: *Monocolpopollenites tranquillus* (Potonié, 1934) Thomson & Pflug, 1953

Monocolpopollenites sp.

Prancha E1, fig. 4

Descrição: Grão monocolpado, âmbito elíptico alongado com extremidades arredondadas, colpo na região central do grão, exina sem ornamentação.

Dimensão: 44 µm (1 exemplar).

Afinidade botânica: Desconhecida.

Infraturma RETICULATI Pons, 1988

Gênero *Brenneripollis* Júhasz & Góczán, 1985

Espécie-tipo: *Brenneripollis pellitus* Júhasz & Góczán, 1985

Brenneripollis reticulatus

Prancha E1, fig. 3

Vide Brenner (1963, p. 94), Doyle *et al.*, (1975, 456-462) e Juhász & Góczán (1985, p. 151) para descrição completa e discussão.

Descrição: Grão monosulcado, o sulco se estende por toda a extensão do grão, âmbito circular, a camada externa, considerada um perispório, é ornamentada por forte reticulação, que possui terminações ligeiramente triangulares. O grão aqui observado apresenta-se quase completamente aberto na zona do sulco.

Dimensão: ~20 µm (1 exemplar).

Afinidade botânica: Família Gunneraceae.

Gênero *Afropollis* Doyle *et al.*, 1982

Espécie-tipo: *Afropollis jardinus* Doyle *et al.*, 1982

Afropollis jardinus (Brenner, 1968) Doyle *et al.*, 1982

Prancha E1, fig. 1

Vide Doyle *et al.*, (1982, p. 47) para descrição completa e discussão.

Descrição: Grão heteropolar, âmbito circular, geralmente apresenta duas camadas de exina, sendo a mais interna um corpo central escuro, liso e circular, e a exina externa fina e reticulada, composta por muros de tamanhos irregulares.

Dimensão: 32 - 35 µm (11 exemplares).

Afinidade botânica: Família Gunneraceae.

***Afropollis zonatus* Doyle *et al.*, 1982**

Prancha E1, fig. 2

Vide Doyle *et al.*, (1982 p.48, 49) para descrição completa e discussão.

Descrição: Grãos isopolar, âmbito subcircular a sub oblato, exina muito ornamentada, com reticulação e projeções ao longo de todo grão).

Dimensão: 52,5 µm (1 exemplar).

Afinidade botânica: Família Gunneraceae.

Gênero *Trisectoris* (Tschudy, 1970) Heimhofer & Hochuli, 2010

Espécie-tipo: *Trisectoris costatus* Tschudy, 1970

Trisectoris reticulatus Heimhofer & Hochuli, 2010

Prancha E2, fig. 11

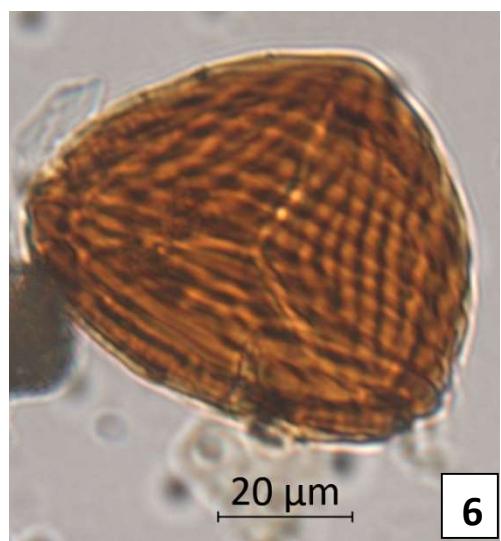
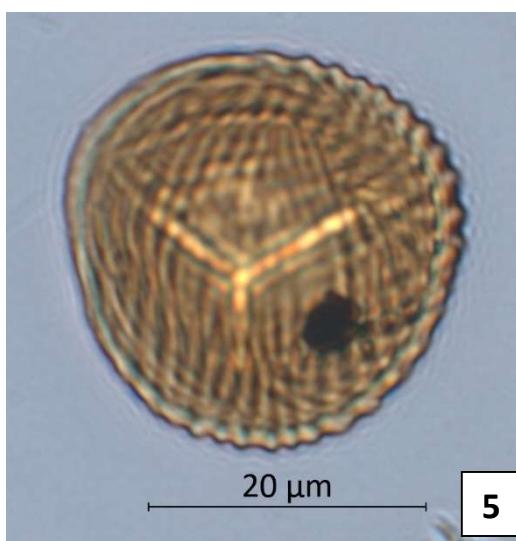
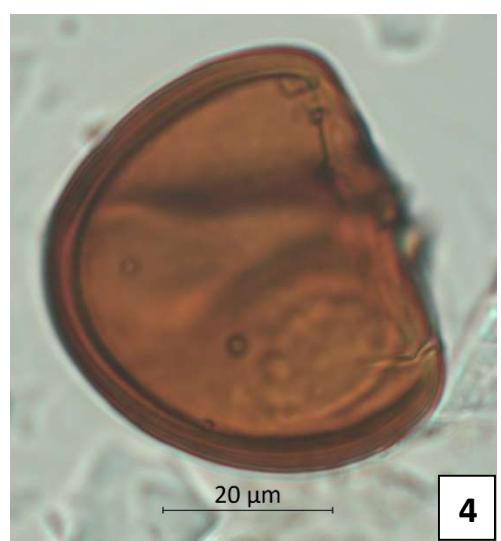
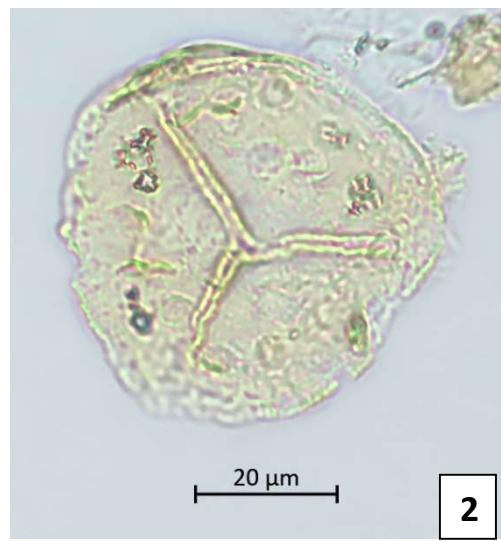
Vide Heimhofer & Hochuli (2010, p. 111 e apêndice A) para descrição completa.

Descrição: Grão tri-sincolpado, âmbito esferoidal ou segmentos individuais em formato de xícara, exina semitectada e columelas visíveis.

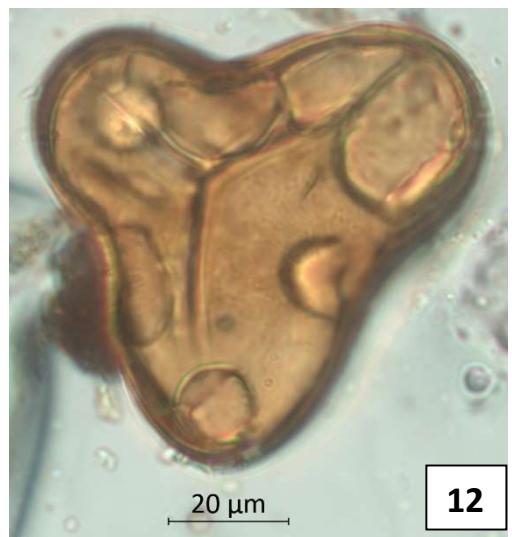
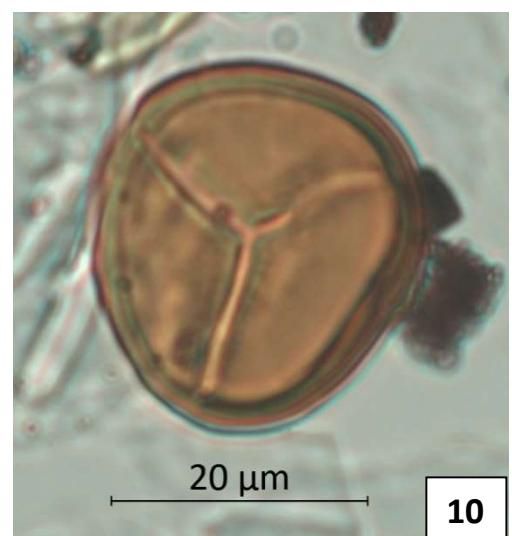
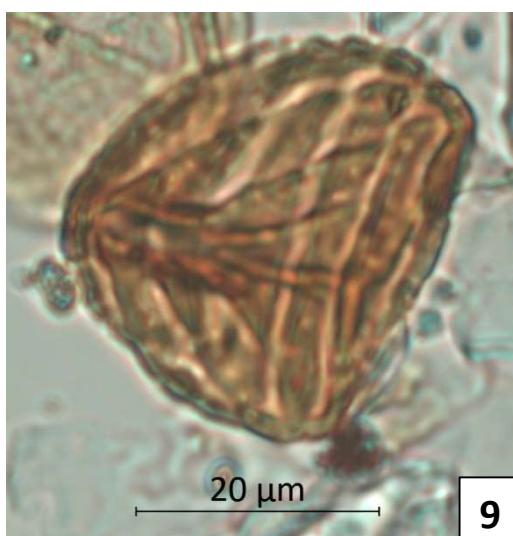
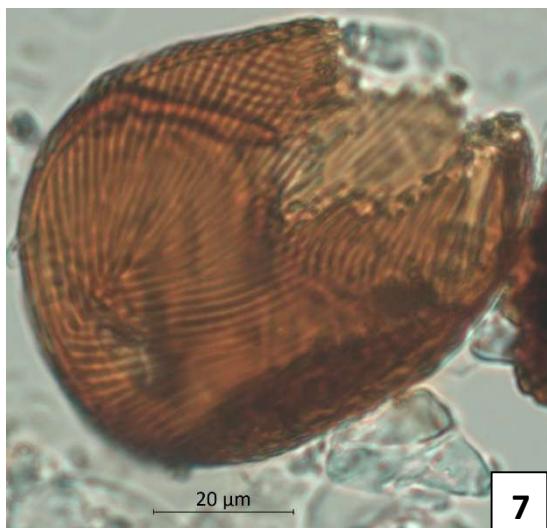
Dimensão: 46 µm (1 exemplar).

Afinidade botânica: Desconhecida.

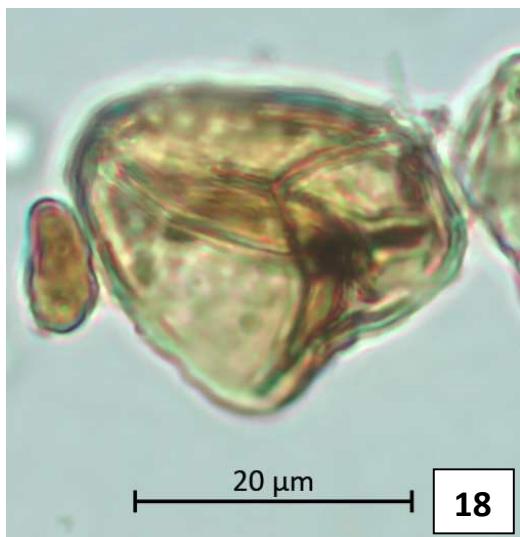
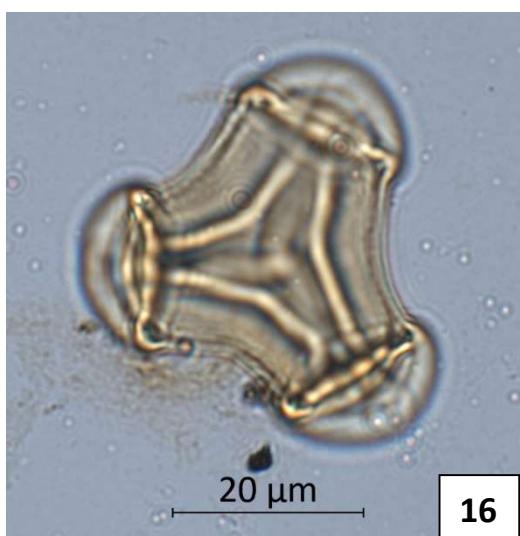
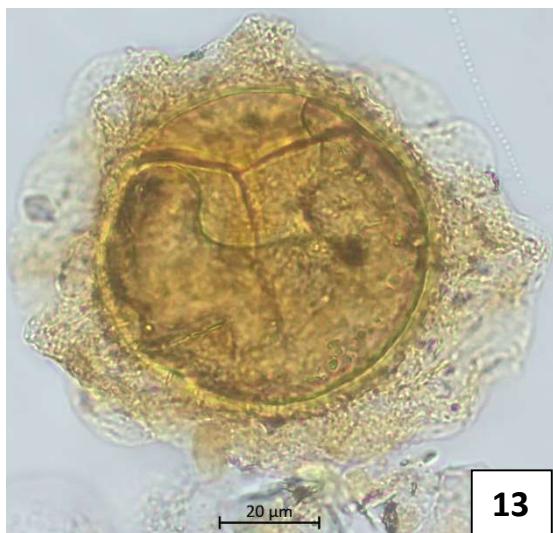
**APÊNDICE C – FOTOMICROGRAFIAS DE GRÃOS DE ESPOROS DE BRIÓFITAS E
PTERIDÓFITAS**



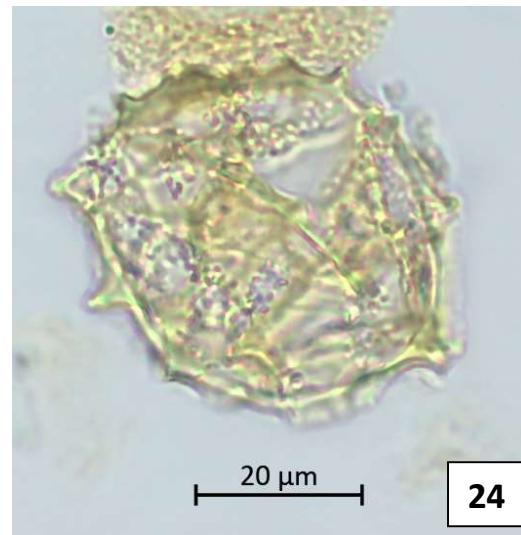
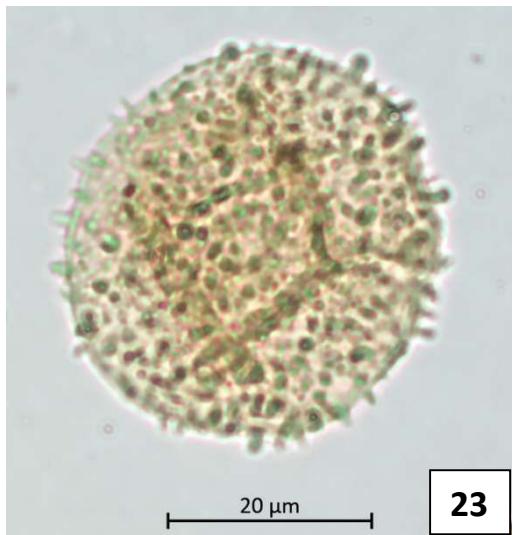
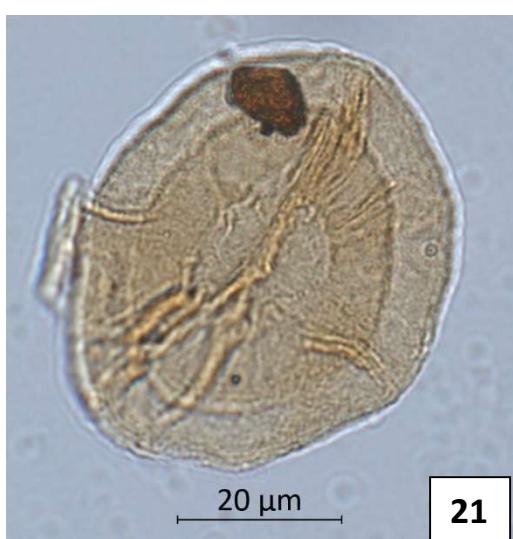
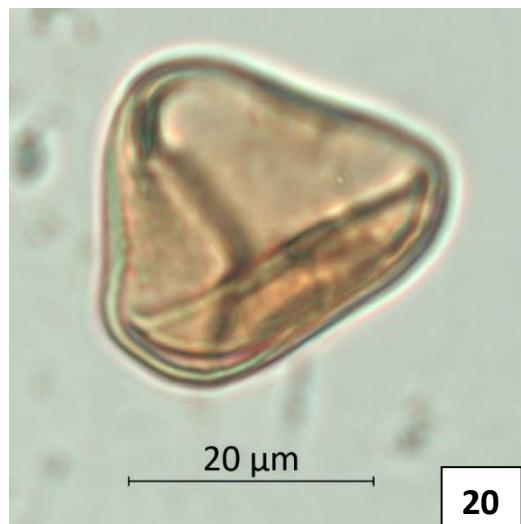
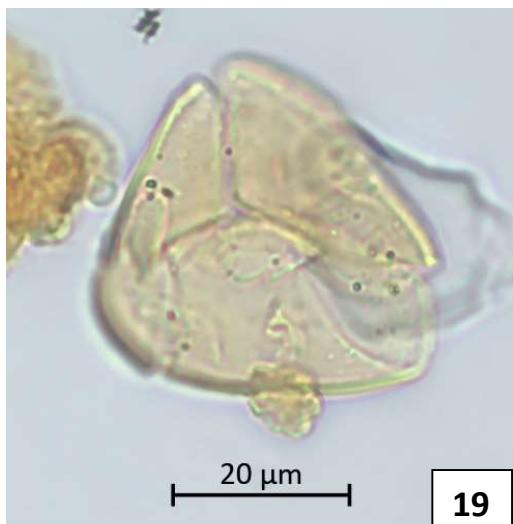
Prancha C1: *Apendicisporites* sp. (1); *Biretisporites* sp. (2); *Camarozonosporites* sp. (3); cf. *Matonisporites silvai* (4); *Cicatricosisporites avnimelechi* (5); *Cicatricosisporites brevilaesuratus* (6).



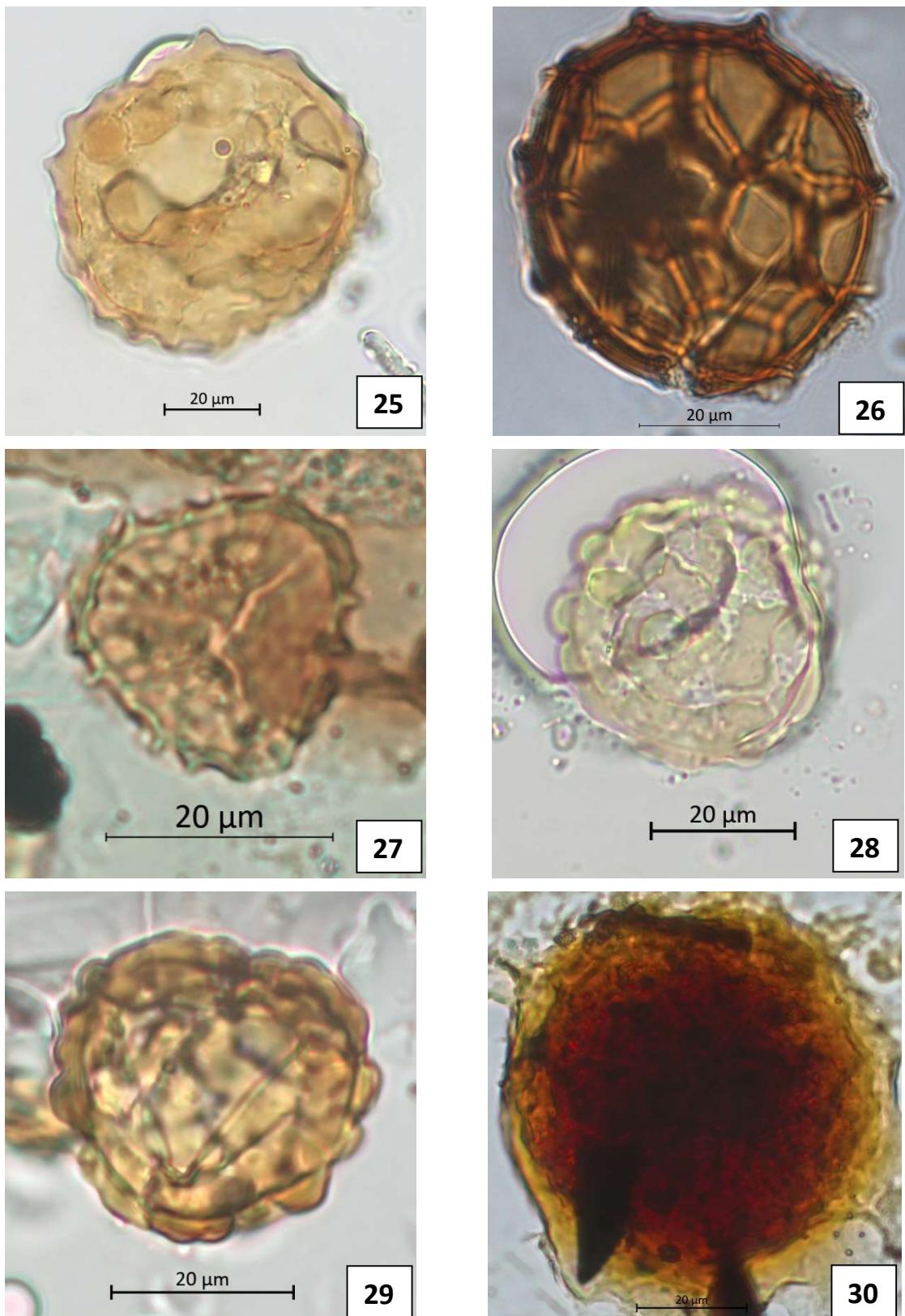
Prancha C2: *Cicatricosisporites microstriatus* (7); *Cicatricosisporites nuni* (8); *Cicatricosisporites* sp. (9); *Cingutriletes* sp. (10); *Chomotriletes almegrensis* (11); *Concavisporites* sp. (12).



Prancha C3: *Crybelosporites pannuceus* (13); *Cyathidites australis* (14); *Deltoidospora halii* (15); *Deltoidospora juncta* (16); *Deltoidospora minor* (17); *Deltoidospora* sp. (18).



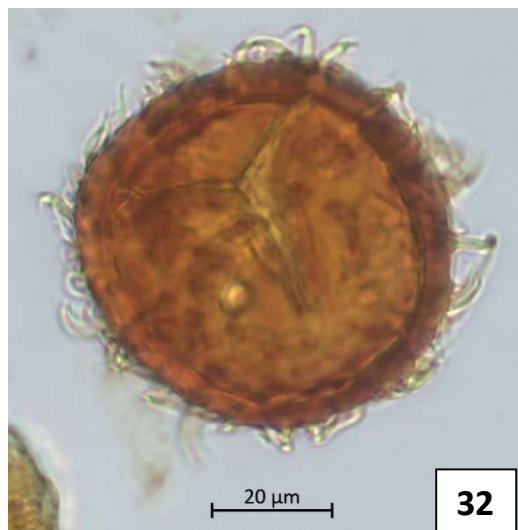
Prancha C4: *Deltoidospora* sp. 2 (19); *Deltoidospora* sp. 3 (20); *Densoisporites* sp. (21); *Echinatisporis* sp. (22); *Echinatisporis* sp. 2 (23); *Echinatisporis* sp. 3 (24).



Prancha C5: *Klukisporites foveolatus* (25); *Klukisporites pseudoreticulatus* (26); *Klukisporites* sp. (27); *Leptolepidites psarosus* (28); *Leptolepidites verrucatus* (29); *Paludites mameolatus* (30).



31



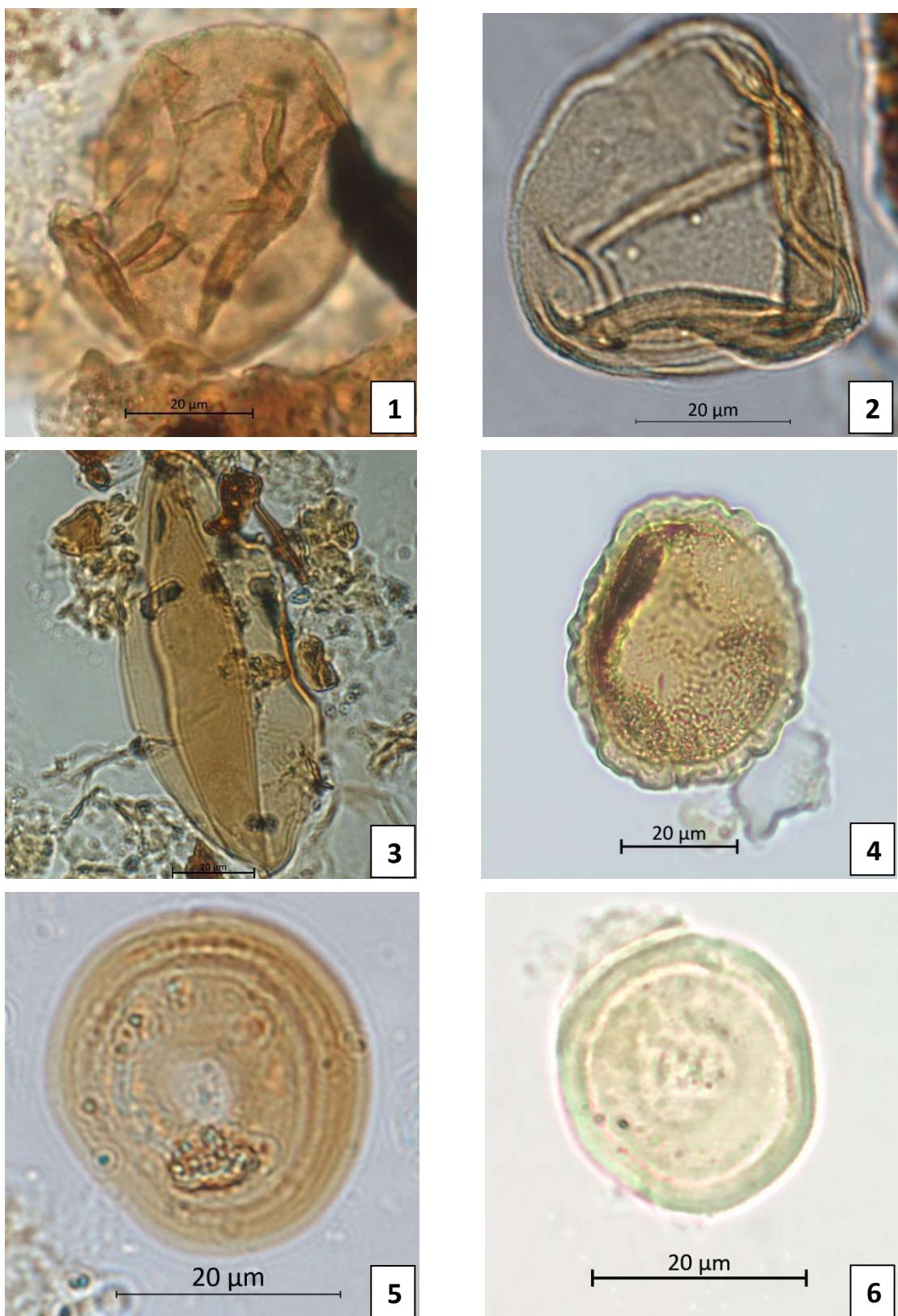
32



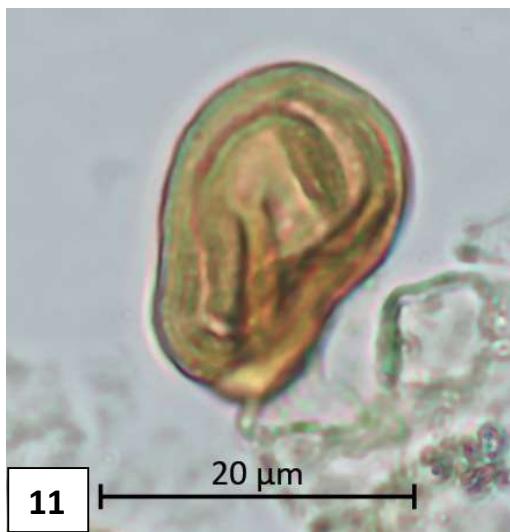
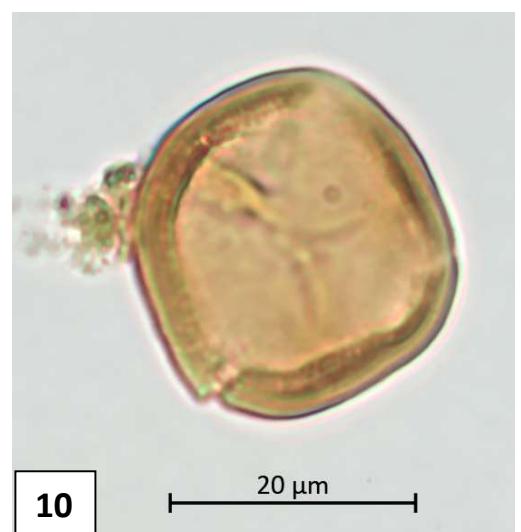
33

Prancha C6: *Perotrilites* sp. (31); *Pilosisporites trichopapillosum* (32); *Stereisporites* (33).

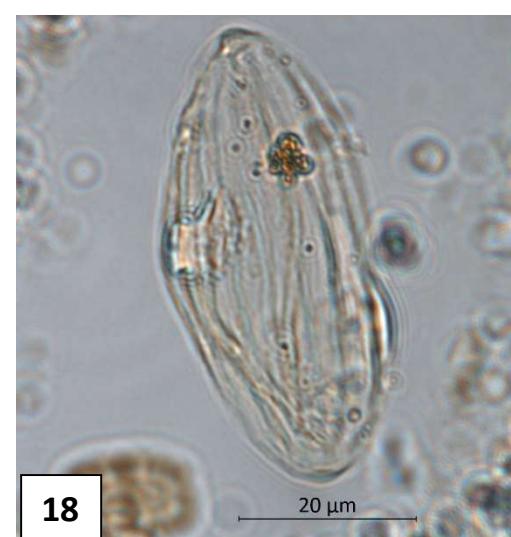
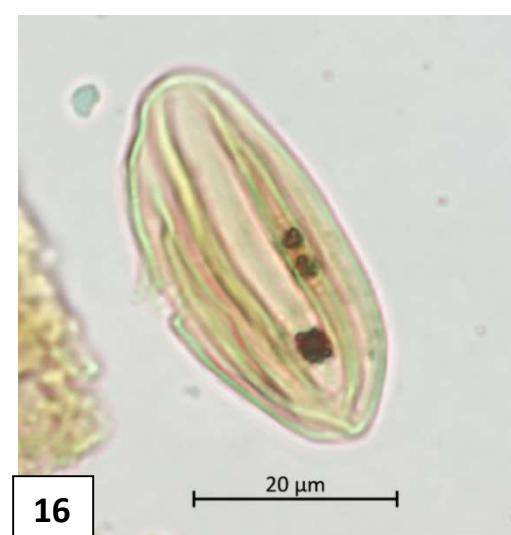
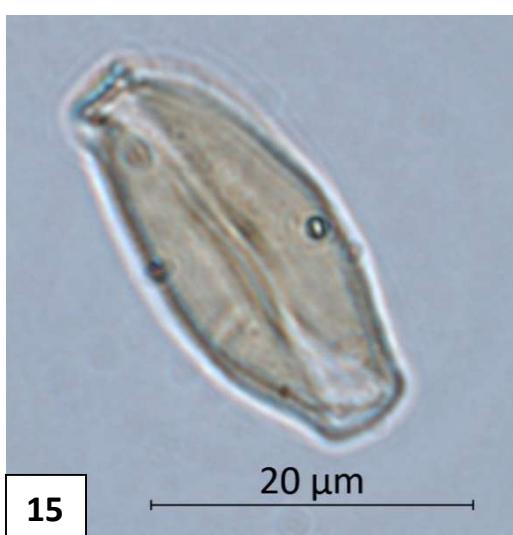
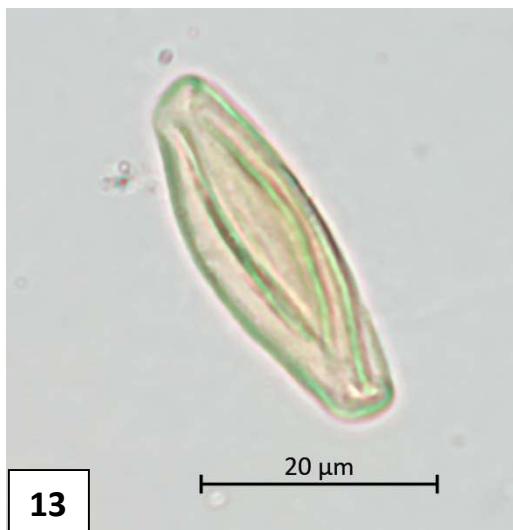
APÊNDICE D – FOTOMICROGRAFIAS DE GRÃOS DE PÓLEN DE GIMNOSPERMAS



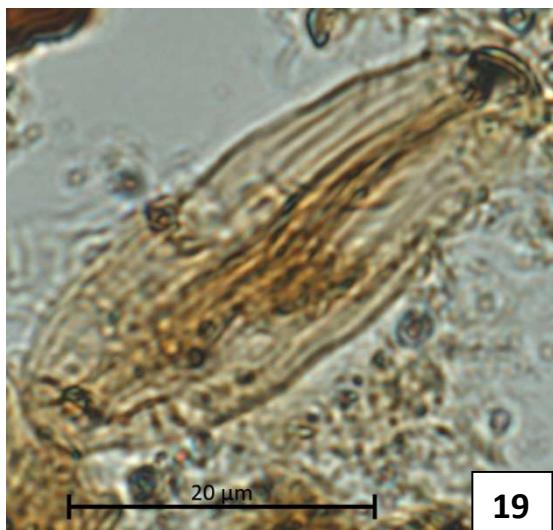
Prancha D1: *Araucariacites australis* (1); *Araucariacites limbatus* (2); *Bennettitaepollenites regaliae* (3); *Callialasporites segmentatus* (4); *Circulinina meyeriana* (5); *Circulinina parva* (6).



Prancha D2: *Classopollis alexi* (7); *Classopollis brasiliensis* (8); *Classopollis classoides* (9);
Classopollis sp. (10); *Classopollis torosus* (11); *Cycadopites nitidus* (12).



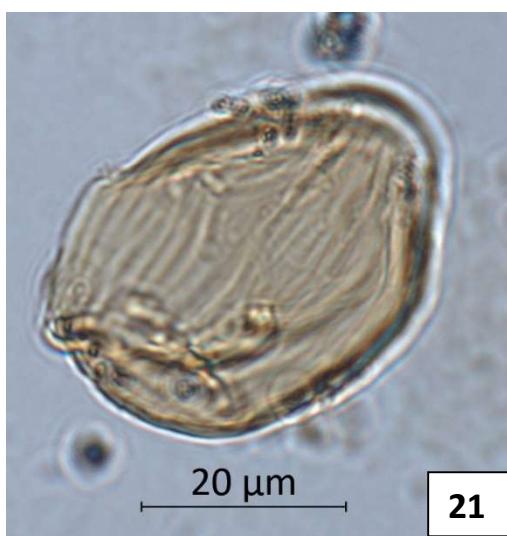
Prancha D3: *Cycadopites* sp. (13); *Cycadopites* sp. 2 (14); *Cycadopites* sp. 3 (15); *Ephedripites* sp. (16); *Equisetosporites lanceolatus* (17); *Equisetosporites luridus* (18).



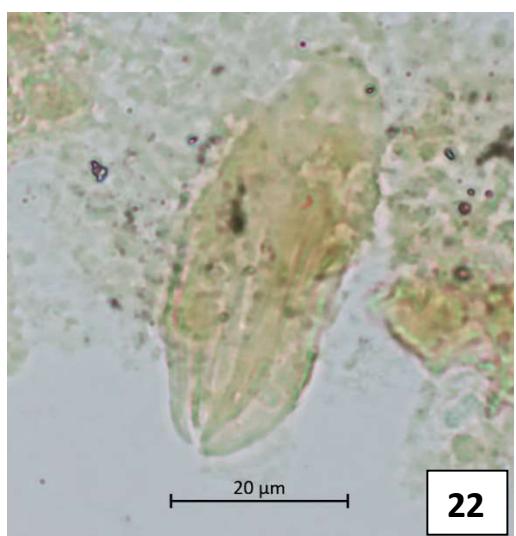
19



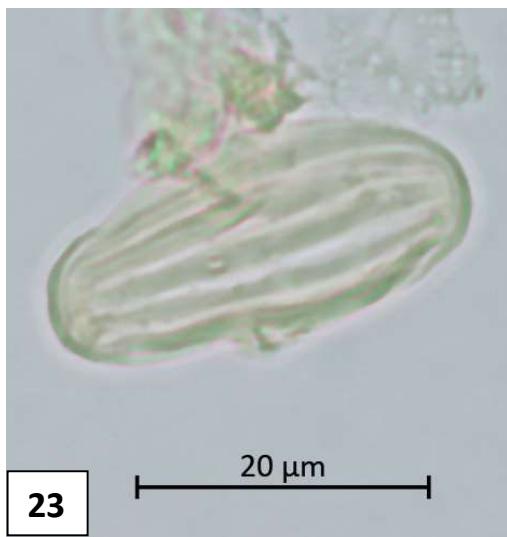
20



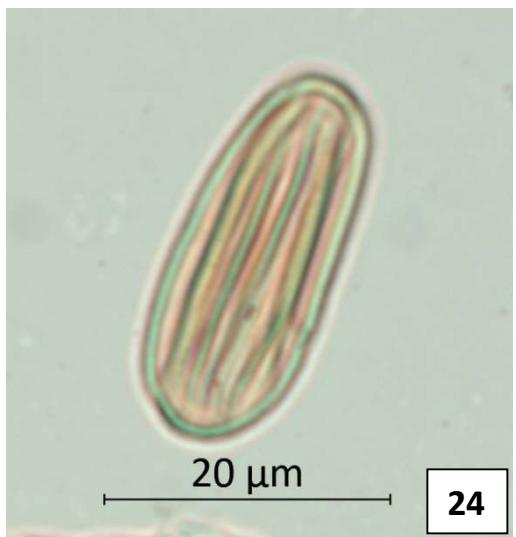
21



22

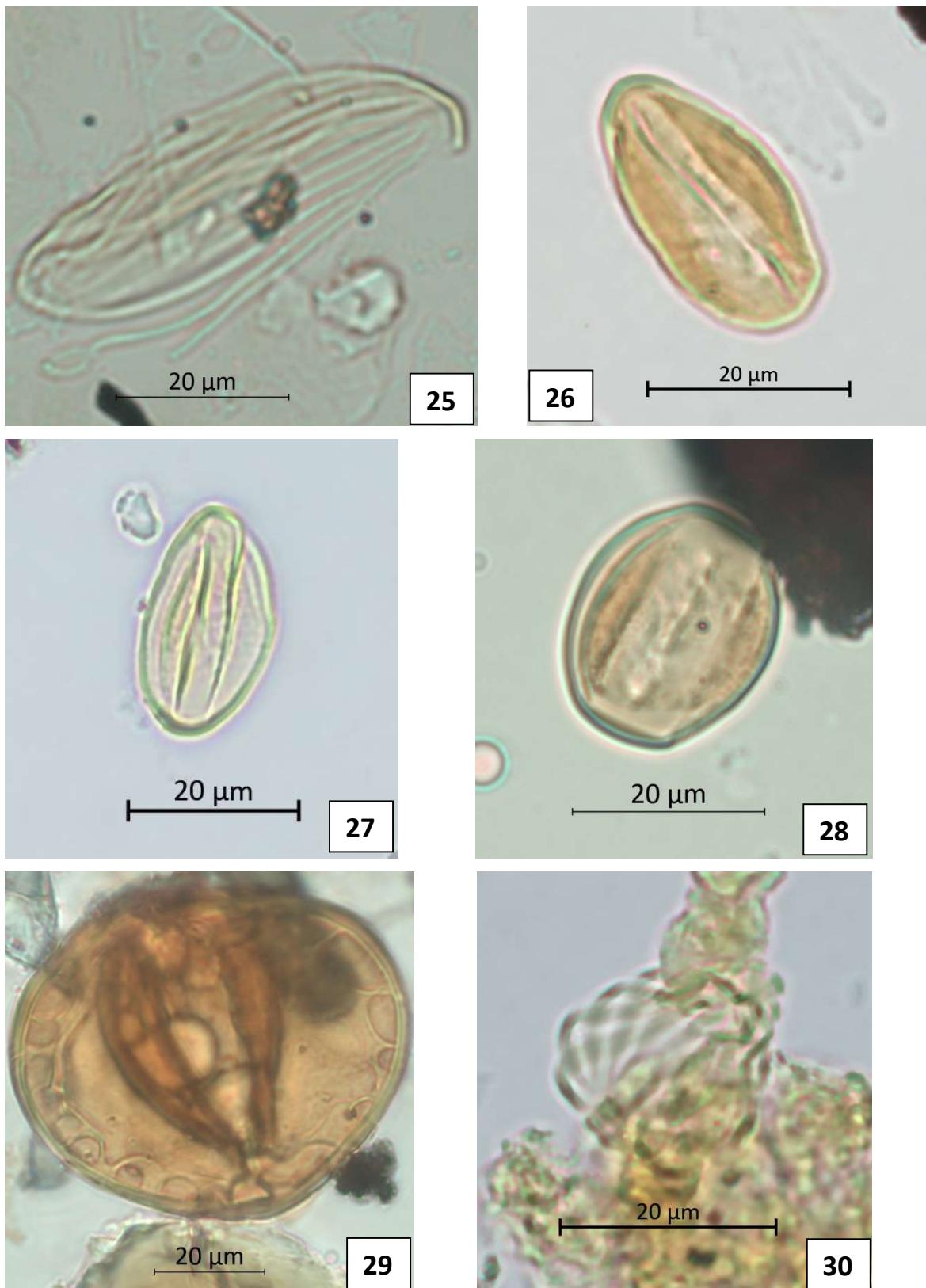


23

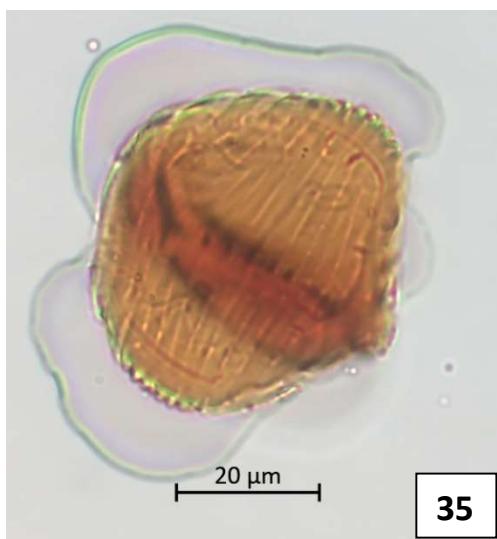
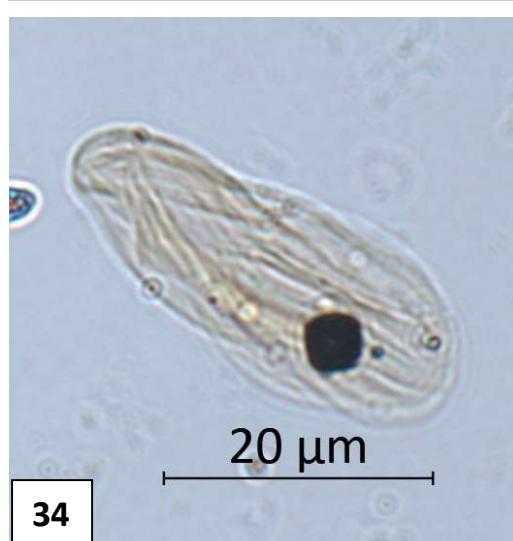
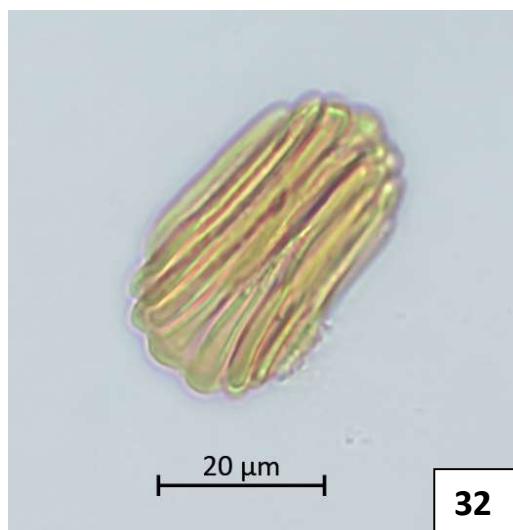
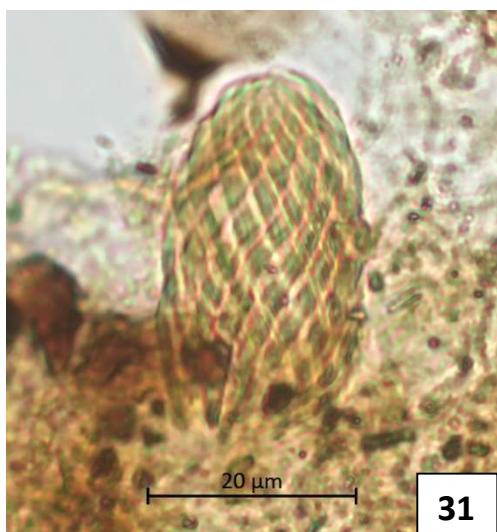


24

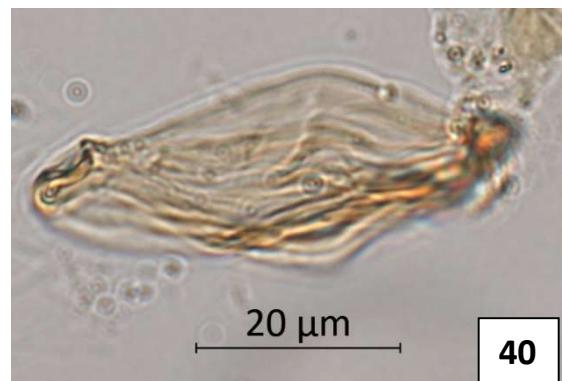
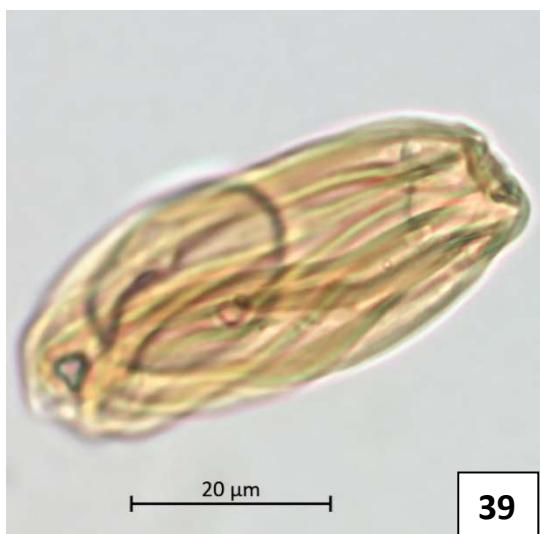
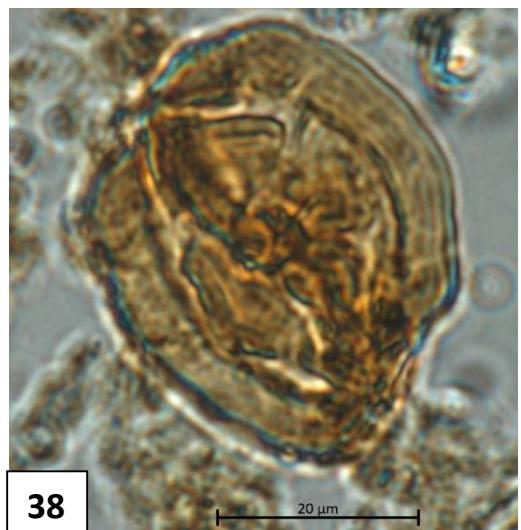
Prancha D4: *Equisetosporites maculosus* (19); *Equisetosporites minuticostatus* (20); *Equisetosporites ovatus* (21); *Equisetosporites* sp. (22); *Equisetosporites* sp. 2 (23); *Equisetosporites* sp. 3 (24).



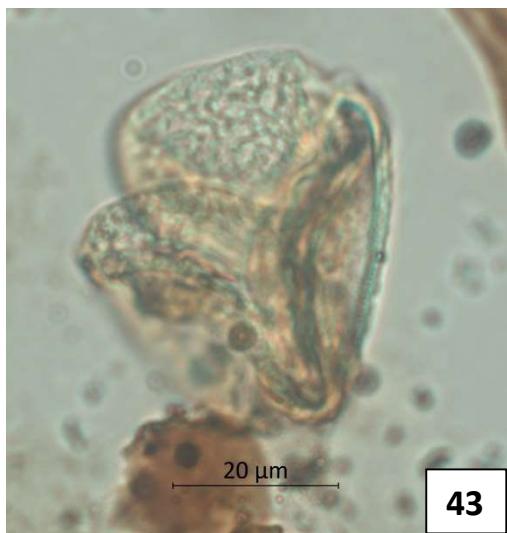
Prancha D5: *Equisetosporites* sp. 4 (25); *Eucommiidites* sp. (26); *Eucommiidites* sp. 2 (27); *Eucommiidites troedssonii* (28); *Gamerroites psilasaccus* (29); *Gnetaceaepollenites chlatratus* (30).



Prancha D6: *Gnetaceaepollenites jansonii* (31); *Gnetaceaepollenites retangulares* (32); *Gnetaceaepollenites* sp. (33); *Gnetaceaepollenites* sp. 2 (34); *Gnetaceaepollenites uesuguii* (35); *Inaperturopollenites simplex* (36).



Prancha D7: *Inaperturopollenites turbatus* (37); *Sergipea variverrucata* (38); *Singhia multicostata* (39); *Steevesipollenites binodosus* (40); *Uesuguipollenites* sp. (41); *Vitreisporites microsaccus* (42).



43



44



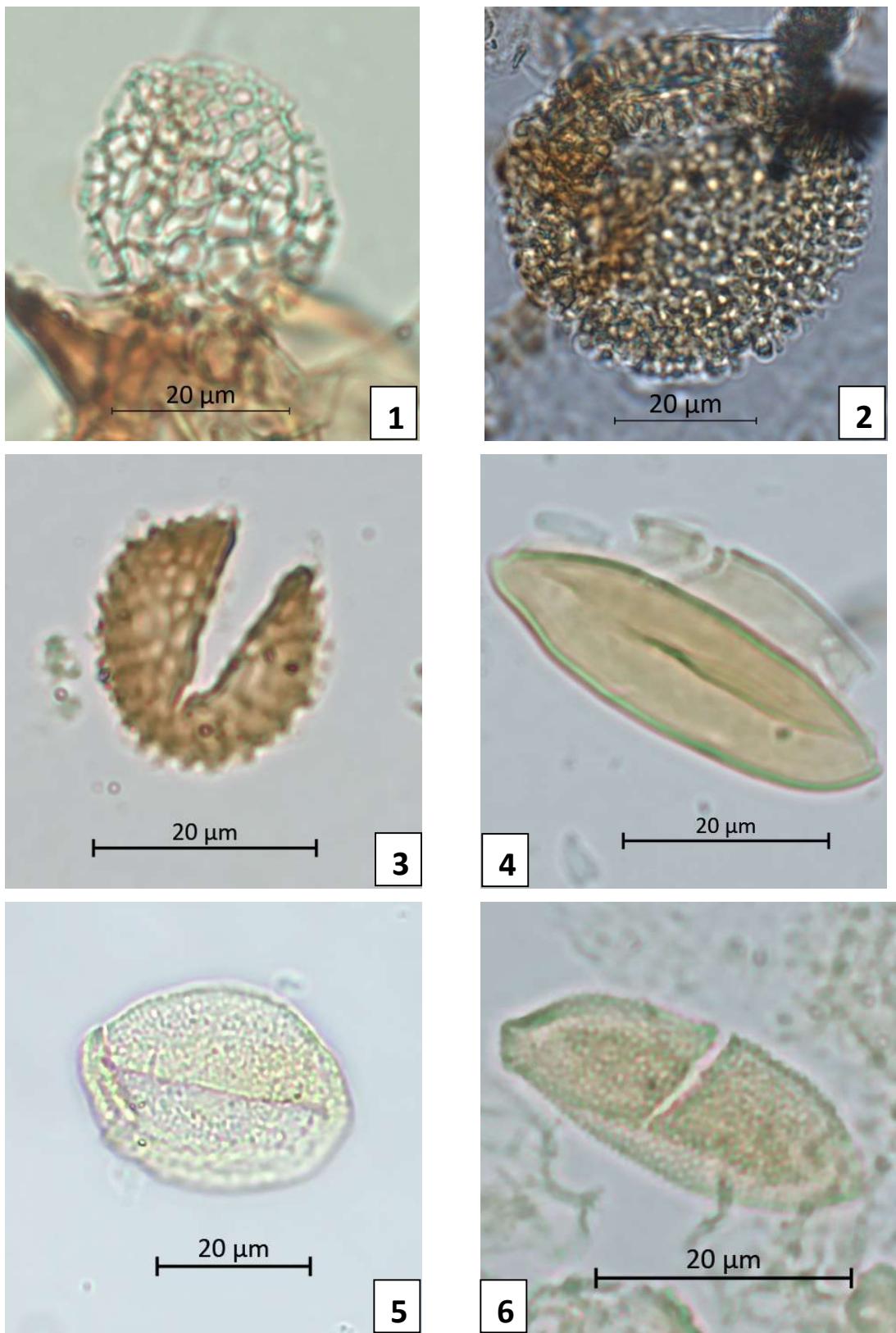
45



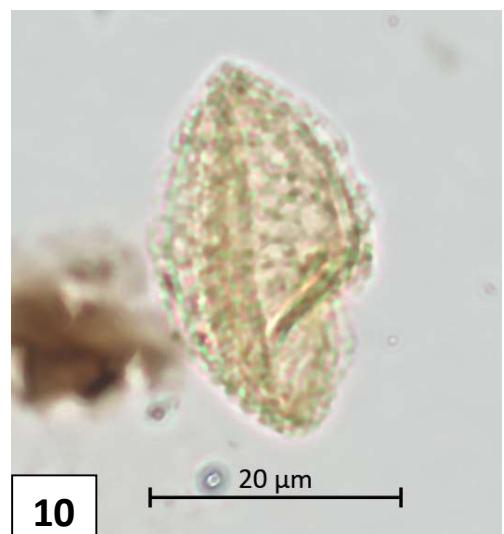
46

Prancha D8: *Vitreisporites* sp. (43); *Vitreisporites* sp. 2 (44); *Vitreisporites* sp. 3 (45); *Vitreisporites* sp. 4 (46).

APÊNDICE E – FOTOMICROGRAFIAS DE GRÃOS DE PÓLEN DE ANGIOSPERMAS



Prancha E1: *Afropollis jardinus* (1); *Afropollis zonatus?* (2); *Brenneripollis reticulatus* (3);
Monocolpopollenites sp. (4); *Retimonocolpites dividuus* (5); *Retimonocolpites* sp. (6).



Prancha E2: *Retimonocolpites* sp. 2 (7); *Retimonocolpites* sp. 3 (8); *Retimonocolpites* sp. 4 (9); *Stellatopollis* sp. (10); *Trisectoris reticulatus* (11).