

## DIAGNÓSTICO PALINOFLORÍSTICO DO POÇO 2-JNS-01PE, CRETÁCEO INFERIOR, BACIA DO JATOBÁ, NORDESTE DO BRASIL

Luiz Ricardo S. L. Nascimento<sup>1</sup>  
Maria Emília Travassos Rios Tomé<sup>2</sup>  
Alcina M. F. Barreto<sup>3</sup>  
David Holanda de Oliveira<sup>4</sup>  
Virgínio H. M. L. Neumann<sup>5</sup>

10.18190/1980-8208/estudosgeologicos.v27n1p118-134

<sup>1</sup> Pós-graduação em Geociências da UFPE, (PPGEO) exinarico@gmail.com

<sup>2</sup> Departamento de Geologia da UFPE/ Laboratório de Isótopos Estáveis (NEG-LABISE)

<sup>4</sup> Centro de Ciências Agrárias - Campus III, Departamento de Ciências Biológicas - Centro de Ciências Agrárias – UFPB.

<sup>3,5</sup> Departamento de Geologia e Pós-graduação em Geociências da UFPE.

### RESUMO

A caracterização da palinoflora das rochas correlatas a Formação Crato na Bacia do Jatobá, de idade Aptiano - Albiano Inferior, foi realizada através da análise de associações palinoflorísticas, recuperadas do testemunho 2-JSN-01-PE, perfurado na localidade de Serra Negra, Nordeste do Brasil. As evidências palinológicas sugerem um paleoambiente dominado por uma sedimentação de origem continental lacustre, sob clima quente, demonstrando uma variação de condições ambientais de árido a semiárido, ao longo do testemunho. A composição palinoflorística identificada enquadra-se àquelas observadas nas bacias do nordeste brasileiro e insere-se nas características das associações palinoflorísticas, pertencentes a província microflorística da província a “Cretáceo Inferior Pré-Albiana a *Dicheiropollis etruscus*/*Afropollis*” Herngreen et al. (1996).

**Palavras chave:** Paleoambiente, Paleopalínologia, Cretáceo Inferior, Bacia do Jatobá, Nordeste Brasil.

### ABSTRACT

The paleoenvironment study to the Crato Formation in the Jatobá Basin, of Aptian-Lower Albian age, was carried out by analysis of palynofloristic associations recovered from the 2-JSN-01-PE, drilled at Serra Negra, Northeastern Brazil. Palynological evidence indicates a paleoenvironment dominated for a sedimentation of lacustrine continental origin, under hot climate, demonstrating a variation of environmental conditions from arid to semi-arid, throughout the testimony. The palynofloristic composition identified is the same with those observed in the basins of the Brazilian Northeast, and it is included in the characteristics of the associations belonging to the microfloristic province of North Gondwana and the Lower Cretaceous Pre-Albian to *Dicheiropollis etruscus* / *Afropollis*.

**Keywords:** paleoenvironment, Paleopalynology, Lower Cretaceous, Jatobá Basin, Northeast Brazil.

## INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas os estudos palinológicos aplicados em amostras de sedimentos mesozoicos, tem contribuído para a elucidação e expansão do conhecimento dos arcabouços bioestratigráficos das bacias sedimentares marginais e interiores do Nordeste do Brasil. Isto, se deve ao fato de um considerável aumento do conhecimento geológico e paleontológico do (Andar Alagoas), nas bacias mesozoicas brasileiras, que está sendo obtido através de revisões estratigráficas e bioestratigráficas atuais, realizadas em seções de subsuperfície de poços exploratórios (Portela *et al.*, 2014). Nesse contexto, estão inseridos os depósitos carbonáticos, com as intercalações siliciclásticas das formações Crato e Romualdo do Grupo Santana (Neumann, 1999), que afloram nas Serras Negra e do Periquito, na Bacia do Jatobá, caracterizado por Rocha & Leite (1999) e Rocha (2011) como correlatos ao Grupo Santana da Bacia do Araripe, e que também podem ser correlacionáveis a outros depósitos análogos. No entanto, pesquisas mais detalhadas, evidenciam a necessidade de uma revisão na classificação litoestratigráfica destas seqüências, assim como da sua palinoflora (Dino *et al.*, 1999; Antonioli, 1998, 2001; Portela, 2008; Portela *et al.*, 2014). Através da descrição da associação palinoflorística e, em função de sua posição geográfica, a área do presente estudo, insere-se na província “Gondwana Norte” (Brenner, 1976), província “*Dicheiropollis etruscus*” Srivastava (1978) redefinida por Srivastava (1994) como província de “polens elaterados” e, da antiga província “WASA (West African South American)” Herngreen & Chlonova (1981), atualmente denominada de província a “Cretáceo Inferior Pré-Albiana a *Dicheiropollis etruscus/Afropollis*”, Herngreen *et al.* (1996), corroborado pelos estudos de Dino

et al. (1994). Estas províncias posicionavam-se em uma faixa de aproximadamente 15° de latitude para norte e para sul do Equador, e eram consideradas como representativas de um cinturão climático quente e semiárido. O principal objetivo deste manuscrito é contribuir para o primeiro registro da palinoflora e, caracterização do paleoambiente, relativo as rochas correlatas à Formação Crato, na Bacia do Jatobá, contida nos estratos do poço 2-JSN-01-PE, perfurado na localidade de Serra Negra, Pernambuco, Nordeste do Brasil.

## CONTEXTO GEOLÓGICO

A Bacia do Jatobá, localizada quase totalmente no Estado de Pernambuco, ocupa uma área de aproximadamente 5600 km<sup>2</sup>. É parte integrante do sistema Recôncavo-Tucano-Jatobá, cuja origem está relacionada aos estágios iniciais dos processos geodinâmicos que levaram à formação do Atlântico Sul e da margem continental brasileira, culminando com a separação definitiva entre a América do Sul e a África (Viana *et al.*, 1971; Costa *et al.*, 2003). Esta bacia marca a inflexão da direção geral do rifte intracontinental abortado do citado sistema, de N-S para N70°E, cuja estruturação está nitidamente controlada pelo Lineamento Pernambuco e zonas de cisalhamento associadas, de idades neoproterozoicas, reativadas no Mesozóico, como a Falha de Ibimirim, limite N-NW da bacia e que controla o seu depocentro (Magnavita & Cupertino, 1987; Costa *et al.*, 2003).

Estratigraficamente, esta bacia pode ser correlacionada com a Bacia do Araripe, tendo como parâmetro a análise de seqüências realizadas por Ponte *et al.* (1997). Deste modo, a Bacia do Jatobá pode ser dividida em cinco tectono-seqüências. São elas: a Tectono-seqüência Beta, de idade siluro-devoniana; a Tectono-seqüência Pré-Rifte, de idade

neojurássica; a Tectonosequência Sin-Rifte, de idade eocretácica; a Tectono-sequência Pós-Rifte, de idade mesocretácica e a Tectono-sequência Zeta, de idade cenozóica (Rocha & Leite, 1999).

A Tectono-sequência Pós-Rifte (destaque do presente estudo) registra um estágio de subsidência crustal regional (Medeiros & Ponte, 1981) e representa um ciclo sedimentar predominantemente continental, contemporâneo das supersequências Transicional e Marinha, das bacias pericratônicas brasileiras (Ponte *et al.*, 1997). Está caracterizada por sistemas de leques aluviais, fluvioeólicos e lacustrino com influência marinha. Compreende a Formação Marizal e Grupo Santana.

A Formação Marizal, representada por depósitos siliciclásticos (conglomerados e arenitos), que recobre

grande parte da bacia, sobrepondo-se aos depósitos da Formação São Sebastião através de discordância angular equivalente a discordância de “*breakup*” (Magnavita *et al.*, 2005).

Sobreposto à Formação Marizal, repousam os depósitos tipicamente lacustres, correlacionados a sedimentação de mesma idade na Bacia do Araripe, caracterizadas pelas formações Crato (calcários laminados e folhelhos) e Romualdo, (intercalações de folhelhos, margas e calcários) (Fig.1) (Rocha, 2011; Santos *et al.*, 2011; Tomé *et al.*, 2014). Segundo Gratzner *et al.* (2013) as rochas descritas no poço 2-JSN-01-PE representam uma seção lacustre formada por calcários laminados, folhelhos e margas com forte influência de siliciclásticos correlacionada com a Formação Crato da Bacia do Araripe.

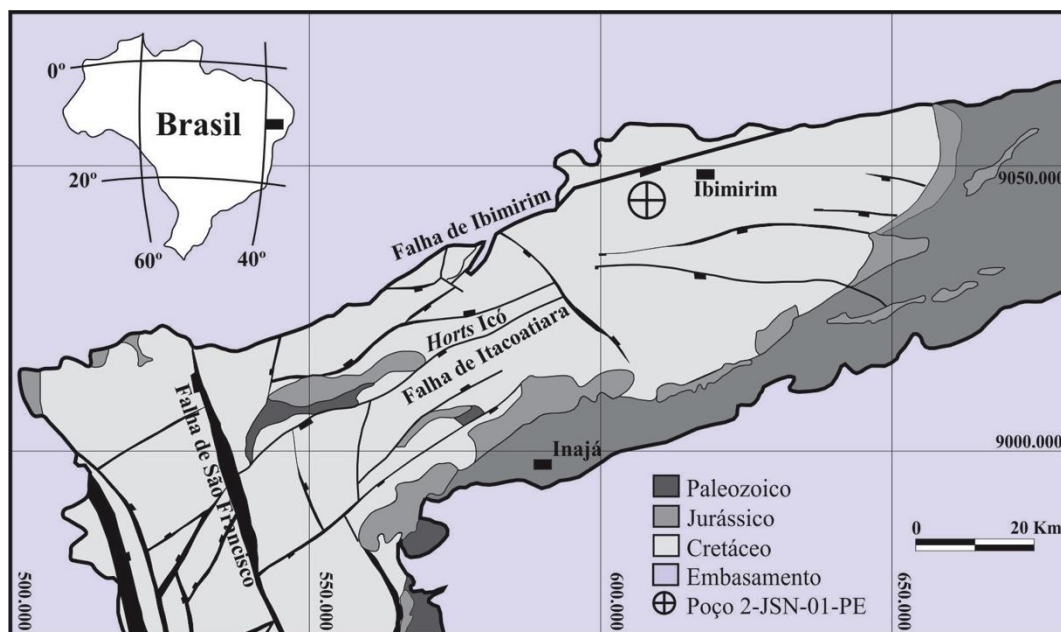


Figura 1: Mapa geológico da Bacia sedimentar do Jatobá com a localização do poço estudo. Modificado de Costa Filho (2005).

## MATERIAL E MÉTODOS

A análise palinológica realizada na Bacia do Jatobá foi possível através da perfuração e testemunhagem de 91m do poço 2-JSN-01-PE, localizado na Serra Negra, e perfurado em 2010 pelo Departamento de Geologia da UFPE com recursos disponibilizados pela FINEP (Fig. 2).

O referido poço teve 122 níveis amostrados, entre estes 64 foram portadores de resíduos orgânicos contendo palinomorfos em perfeitas condições de preservação. Para cada amostra pesou-se 50 g de sedimentos. A preparação química para a extração dos palinomorfos das amostras selecionadas, foram tratadas utilizando-se a técnica de acordo com o protocolo palinológico descrito por Uesugui (1979). A ocorrência dos palinomorfos e a variação litológica das amostras analisadas ao longo do testemunho estão demonstradas na (Tab.1).

As lâminas analisadas, contendo os espécimes ilustrados nesse estudo, encontram-se depositadas e tombadas no acervo palinológico do PALEOLAB (UFPE). A análise qualitativa consistiu na individualização e identificação dos diferentes palinomorfos presentes no material. Essas análises foram efetuadas através da leitura das lâminas palinológicas em microscópio óptico (modelo Zeiss Imager A2, com as objetivas de 40x, 63x e 100x). Enquanto que a análise quantitativa foi realizada através da contagem dos 200 primeiros palinomorfos presentes nas amostras analisadas. Este procedimento tem como base as sugestões de Chang (1967), na qual o autor evidencia que a contagem de 200 elementos, seria representativa da população de palinomorfos, com uma margem de erro correspondente a 5% da população presente.

## CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ASSOCIAÇÃO PALINOLÓGICA

A Formação Crato na Bacia do Jatobá apresenta uma palinoflora rica e diversificada, constituída por elementos característicos da paleoflora gondwânica. Composta predominantemente por elementos de origem continental (Figuras 03,04): grãos de pólen, esporos, matéria orgânica particulada, elementos de origem *Incertae sedis*. Neste trabalho é apresentado 25 espécies da associação palinológica recuperada (Apêndice 01), distribuídos entre os palinomorfos: 09 pertencentes a esporos de briófitas e pteridófitas, 16 grãos de pólen afins as gimnospermas e angiospermas. Com base nos dados obtidos, podem-se descrever:

**Triletes lisos** - O grupo dos triletes lisos está representado por 8 gêneros e 12 espécies. Distribui-se de forma irregular, estando ausente em alguns níveis. Apresenta valores percentuais pouco expressivos em média 5%. Destacam-se os gêneros *Cyathidites* e *Deltoidospora*.

**Triletes ornamentados** - Grupo considerado com boa representação, constituído por 17 gêneros e 28 espécies. Ocorre ao longo de toda a seção analisada. Muito embora a sua distribuição ocorra de forma irregular apresentando valores percentuais de 15% em média. Entre estes se destaca o gênero *Cicatricosisporites*.

**Triletes perisporados** - Grupo representado por um único gênero com três espécies. Entre estas se destaca a espécie *Crybelosporites pannuceus*. Apesar do baixo valor percentual em média 3%, esta espécie ocorre de forma contínua entre o intervalo de 39,47 m até 34,20 m da seção analisada.

**Sacados** - Grupo representado por 4 gêneros e 8 espécies. Entre estes os monossacados *Callialasporites*, diferem dos bissacados por apresentar uma distribuição regular, exceto a espécie *Callialasporites turbatus*, que ocorre de forma esporádica ao longo da seção, assim

como os bissacados. Entre estes se destaca o gênero *Vitreisporites*, com duas espécies (*V. pallidus* e *V. Pustulosus*). Em termos percentuais atingem valores inferiores a 10 %.

**Inaperturados** – Grupo representado por 6 gêneros e 10 espécies, com distribuição relativamente regular ao longo da seção. Em termos quantitativos considera-se esse grupo bem expressivo. Os valores percentuais chegam a atingir cerca de 15 %. Neste grupo destacam-se a espécie *Inaperturopollenites turbatus*, que tem a sua ocorrência restritamente na parte mais inferior da seção, e o gênero *Sergipea* com quatro espécies, além dos grãos de pólen afins ao gênero *Araucariacites*.

**Rimulados** – Este grupo está bem representado em termos quantitativos ao longo da seção. Em valores percentuais corresponde em média a 65%. Destacando-se o gênero *Classopollis*.

**Poliplicados** – Grupo bem representado com 5 gêneros e 26 espécies, que se distribuem de forma regular por toda seção. Apresenta uma diversidade na parte mais superior. Em termos percentuais, este grupo é bem significativo, com uma média em torno de 23%.

**Monocolpados** – Grupo representado em toda seção por 11 gêneros e 14 espécies. Entre os gêneros destacam-se *Cycadopites* e *Bennettitaepollenites*. Em termos percentuais este grupo apresenta uma média de 6% da associação.

**Porados** – Grupo representado apenas por um gênero com uma espécie *Exesipollenites tumulus*, distribuída de maneira irregular na seção, e com valores percentuais em torno de 3%.

**Triporados/Tricolpados** – Grupo inexpressivo, distribuindo-se de forma rara na seção. Ambos representados por um ou dois gêneros no máximo.

## CARACTERÍSTICAS PALEOFITOGEOGRÁFICAS E

## PALEOCLIMÁTICAS DA PALINOFLORA ANALISADA

A natureza das mudanças climáticas globais e regionais durante o Cretáceo teve um efeito expressivo e demorado sobre o clima global. Sobretudo, por meio de seus efeitos nos padrões de circulação oceânica e atmosférica, causando impactos sobre os ecossistemas terrestres. As plantas são os primeiros e um dos mais admiráveis sensores biológicos das mudanças climáticas. Ainda que a vegetação de uma determinada área dependa de inúmeros processos, é possível se estabelecer correlações entre o clima com as características da vegetação. O reconhecimento da paleoflora, permitiu inferir as condições climáticas sob a qual esta se desenvolveu. Os elementos que mais contribuem para essas evidências são os grãos de pólen e esporos. Uma vez que, determinados grupos vegetais, provavelmente mantiveram as mesmas preferências climáticas no transcurso de sua evolução.

Devido a essas características, os elementos polínicos são muito utilizados nos estudos de interpretação paleo-ambiental e reconstituições climáticas, a partir das exigências climáticas dos táxons atuais, por relações de afinidades, com os elementos fósseis. A partir de uma identificação correta, ainda que ao nível de família, interpretações paleoclimáticas podem ser inferidas de uma maneira geral, particularmente quando usadas em harmonia com modelos paleoclimáticos teóricos (Dino, 1992). Segundo Lima (1978), algumas espécies de grãos de pólen e esporos são consideradas como indicadores climáticos. Com base na compilação de dados palinológicos de diversas partes do mundo, foram constituídas províncias microflorísticas territoriais com aceção climática (Brenner, 1976; Hernegreen & Chlonova, 1981; Srivastava, 1994).

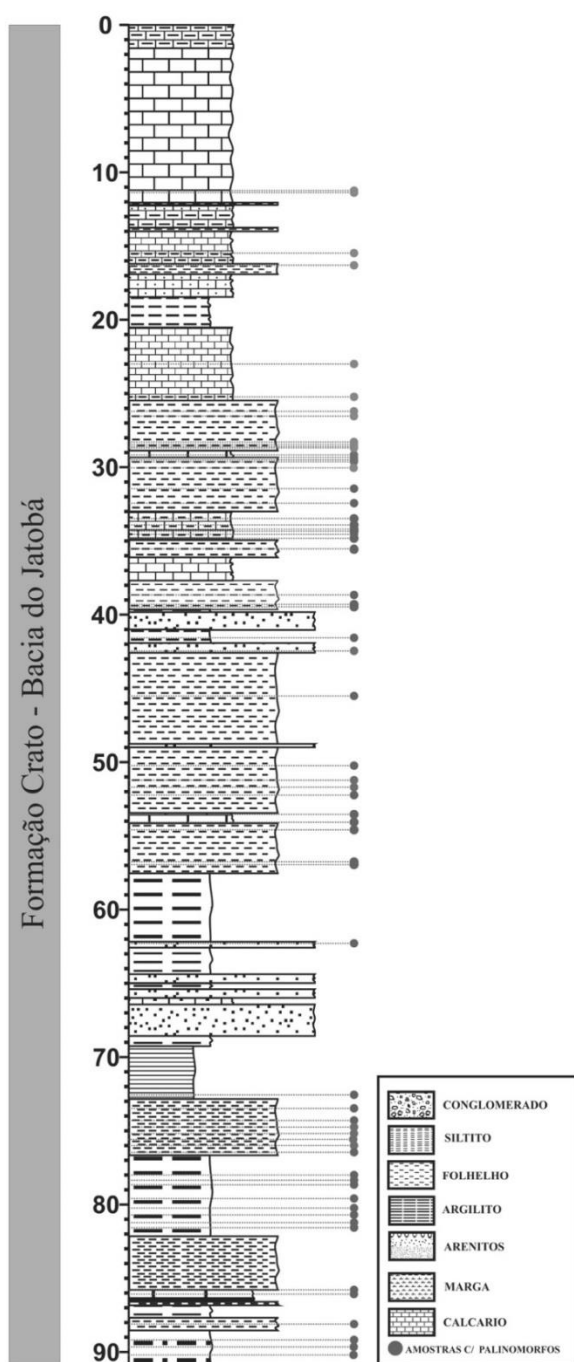


Figura 2: Perfil litológico do poço 2-JSN-01-PE, com as profundidades das amostras analisadas.

As floras constituídas durante o Eocretáceo, em distintas áreas, estavam compostas por muitos gêneros e até espécies em comum (Meyen, 1987; Sucerquia, 2006). Este padrão de uniformidade florística, estava relacionado aos episódios dos gradientes climáticos, que no decorrer do Jurássico e Eocretáceo, eram menos marcados do que agora, em função da proximidade existente entre as massas terrestres (Meyen, 1987; Parrish, 1987; Sucerquia, 2006).

A localidade do presente estudo, pelo conteúdo descrito na associação palinoflorística, que apresenta o predomínio de grãos de pólen afins às Cheirolepidiaceae (*Classopollis*) com cerca de 65%; e uma boa representatividade dos grupos, *Araucariacites*, *Callialasporites*, além da ocorrência de poliplicados dos gêneros *Equisetosporites* e *Gnetaceaepollenites*, assim como, baixa frequência dos elementos relacionados às pteridófitas, se insere perfeitamente nos cinturões microflorísticos da “WASA” (Oeste da África e América do Sul) definida por Herengreen & Chlonova (1981), atualmente designada por província a “Cretáceo Inferior Pré-Albiana a

*Dicheiropollis* *etruscus*/*Afropollis* (Herengreen *et al.*, 1996).

A partir dos tratamentos dos dados, baseado nas análises qualitativa e quantitativa dos grãos de pólen e esporos, descritos neste trabalho, se observou que predominou um clima quente, com variações nas condições ambientais de semiárido a árido, ao longo do testemunho. Este fato é corroborado pelos dados de Chumakov *et al.* (1995), no qual no decorrer do Aptiano, a região Nordeste estava inserida em uma grande faixa climática, caracterizada por condições áridas a semiáridas, denominada cinturão quente equatorial. Este evento, também foi observado por Portela (2008); Portela *et al.* (2014) na Formação Santana, Bacia do Araripe, onde os grãos de pólen bissacados, são extremamente raros na associação descrita. Porém, ocorre uma abundância de formas típicas de clima quente. Caracterização descrita dos grupos mais representativos da seção estudada, tem por finalidade, inferir as condições paleoambientais e paleoclimáticas da Formação Crato na Bacia do Jatobá, Nordeste do Brasil.

Tabela 1: Ocorrência dos palinomorfos e constituição litológica das amostras analisadas

| Amostra N°          | 17    | 18    | 33    | 35    | 42    | 44    | 46    | 47    | 49    | 51    | 52    | 54    | 55    | 56    | 57    | 58    | 59    | 62    | 67    |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Profundidade (m)    | 12,38 | 12,48 | 16,46 | 17,61 | 23,00 | 25,42 | 26,03 | 26,50 | 28,25 | 28,45 | 28,63 | 28,88 | 29,02 | 29,22 | 29,66 | 29,92 | 30,05 | 31,60 | 32,66 |
| Litologia           | Cal   | Cal   | Cal   | Cal   | Cal   | Cal   | Cal   | Cal   | Cal   | Cal   | Cal   | Cal   | F/Arg | F/Arg | F/Arg | F/Arg | F/Arg | F/Arg | F/Arg |
| Esporos             | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     |
| Grãos de Pólen      | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     |
| <i>Botryococcus</i> |       |       | X     |       |       | X     |       |       | X     |       |       |       |       |       |       |       | X     |       | X     |
| Retrabalimento      |       |       |       |       |       |       |       |       |       | X     |       |       |       |       |       | X     | X     |       | X     |

| Amostra N°          | 70    | 73    | 74    | 75    | 77    | 79    | 91    | 93    | 94    | 100   | 104   | 113   | 114   | 117   | 119   | 121   | 122   | 142   | 143   |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Profundidade (m)    | 33,55 | 33,91 | 34,20 | 34,34 | 34,82 | 35,57 | 38,72 | 39,30 | 39,47 | 42,62 | 45,52 | 51,07 | 51,88 | 54,07 | 56,70 | 56,94 | 57,88 | 72,78 | 73,75 |
| Litologia           | F/Arg | F/Arg | F/Arg | F/Arg | F/Arg | Cal   | Cal   | Cal   | Cal   | Cal   | Cal   | F/Arg | F/Arg | F/Arg | Sil   | Sil   | Sil   | F/Arg | F/Arg |
| Esporos             | X     |       | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     |       | X     | X     | X     | X     | X     | X     |
| Grãos de Pólen      | X     |       | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     |       | X     | X     | X     | X     | X     | X     |
| <i>Botryococcus</i> |       |       | X     |       |       |       |       | X     |       |       |       |       | X     |       |       |       |       |       |       |
| Retrabalimento      | X     |       | X     | X     | X     | X     | X     |       |       |       |       |       |       |       | X     |       |       |       |       |

| Amostra N°          | 144   | 145   | 146   | 147   | 148   | 150   | 151   | 152   | 153   | 154   | 155   | 156   | 157   | 158   | 159   | 160   | 165   | 165   | 166   |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Profundidade (m)    | 74,41 | 75,02 | 75,72 | 76,00 | 76,55 | 78,00 | 78,42 | 78,89 | 79,65 | 80,17 | 80,62 | 81,08 | 81,50 | 82,17 | 82,59 | 83,33 | 84,68 | 84,68 | 85,25 |
| Litologia           | F/Arg | F/Arg | F/Arg | Sil   | Sil   | Sil   | Sil   | Sil   | Sil   | Sil   | Sil   | Sil   | Sil   | Sil   | Sil   | Sil   | Mar   | Mar   | Mar   |
| Esporos             | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     |
| Grãos de Pólen      | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     |
| <i>Botryococcus</i> |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Retrabalimento      |       |       | X     |       |       | X     | X     |       | X     |       | X     |       | X     | X     | X     | X     |       |       |       |

| Amostra N°          | 166   | 167   | 168   | 169   | 170   | 171   | 172   | 174     | 175     | 178   |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|-------|
| Profundidade (m)    | 85,25 | 85,33 | 85,43 | 85,52 | 85,67 | 85,90 | 86,15 | 88,19   | 88,43   | 90,24 |
| Litologia           | Mar   | Mar   | Mar   | Mar   | Mar   | Mar   | Mar   | Fol/Sil | Fol/Sil | Are   |
| Esporos             | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X       | X       | X     |
| Grãos de Pólen      | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X       | X       | X     |
| <i>Botryococcus</i> |       |       |       |       |       |       |       |         |         |       |
| Retrabalimento      |       |       |       |       |       |       |       |         |         | X     |

| Legenda  |                       |
|----------|-----------------------|
| Are.     | – Arenitos            |
| Cal.     | – Calcários           |
| Fol/Arg. | – Folhelhos/Argilitos |
| Fol/Sil. | – Folhelhos/Siltitos  |
| Sil.     | – Siltitos            |
| Mar.     | – Marga               |

### Esporos Triletes

Elementos presentes em quase toda a seção, porém, apresentam uma baixa frequência. Tem preferência por locais úmidos próximos aos rios e lagos de águas rasas (Antonioli, 2001). Produzidos por diversas espécies de samambaias, destacando-se as famílias Cyatheaceae, Dicksoniaceae, Gleicheniaceae, Lycopodiaceae, Marseliaceae, Osmundaceae e Schizeaceae, que preferem clima quente (Lima, 1978; Van Konijnenburg-Van Cittert, 1978; 2002). No entanto, algumas samambaias cresceram sob condições muito mais secas, especialmente durante o Jurássico e Cretáceo Inferior, quer como plantas pioneiras em áreas costeiras, encostas de montanhas e, em áreas de terrenos áridos (Van Konijnenburg-Van Cittert, 2002). Durante o Cretáceo Duarte et al. (2012), observou que a família Schizeaceae apresentava resistência a variações climáticas entre períodos úmidos e secos. Atualmente, a maioria destas famílias ocorre em áreas subtropicais e tropicais úmidas (Antonioli, 2001; Portela, 2008, Portela et al., 2014).

### Inaperturados

Abundantes em quase todo o intervalo estudado, destacando-se o gênero *Araucariacites*. Esses elementos são indicativos de climas secos, habitando regiões tropicais e subtropicais (Antonioli, 2001). Durante o mesozoico, as araucariaceas, dominaram nas áreas que estavam inseridas nos cinturões de baixas latitudes em climas seco de verão, com formação de *red-beds* (Krassilov, 1978).

### Rimulados

Os rimulados estão representados em percentuais altos dentro da seção, pelo gênero *Classopollis* e, são produzidos por membros da família Cheirolepidiaceae. De acordo com Lima (1978), esses elementos estão bem adaptados a clima quente, árido

a semiárido, habitando locais de relevos acidentado, nas proximidades do litoral. Esta família se desenvolveu bastante nas faixas áridas (Vakhrameev, 1987). A grande variedade morfológica dos representantes das Cheirolepidiaceae e ocorrência de grãos de pólen em depósitos continentais, indica que esta família não estava limitada a habitat costeiro, e sim, adaptada a extensas áreas, variando de costeira a terras altas (Alvin et al., 1978; Batten, 1974; Upchurch & Doyle, 1981). Segundo Gomez et al. (2002), a interação entre as análises sedimentológicas e tafonômicas com espécies de *Frenelopsis* demonstrou uma tendência a ambientes xeromórficos. A presença de palinomorfs terrestres, associada à abundância de *Classopollis*, sugere deposição próxima à área fonte em ambiente continental de clima árido e quente (Duarte et al., 2012).

### Bissacados

Grupo com uma ocorrência muito baixa na associação, representado pelo gênero *Vitreisporites*, com duas espécies.

### Poliplicados

Os grãos de pólen poliplicados representados pelos gêneros *Equisetosporites*, *Gnetaceaepollenites*, ocorrem na associação, distribuindo-se de forma regular, com uma diversidade na parte mais superior da seção. Estão relacionados com as famílias Ephedraceae e Gnetaceae (Nascimento, 2015). As plantas produtoras destes grãos de pólen poliplicados estavam adaptadas a ambientes xeromórficos (Doyle et al., 1982; Arai & Machado - Coelho, 2001; Portela et al., 2014; Nascimento, 2015). Em função dessas características, esse grupo tem se constituído em evidência de aridez na província Gondwana Norte (Portela et al., 2014).

### Angiospermas

As angiospermas estão representadas na associação pelos gêneros

*Afropollis* e *Stellatopollis*. O gênero *Afropollis* ocorre ao longo de toda a seção e, *Stellatopollis* na parte mais superior da seção. De acordo com Retallack & Dilcher (1986), as angiospermas se dispersaram largamente, conquistando as regiões costeiras em várias áreas da América do Norte. As regiões centrais da parte oeste do Gondwana, representada pelos atuais continentes Africano e Sulamericano, estavam constituídas por ambientes áridos a subúmidos, ocasionando o surgimento de novas espécies (Haven *et al.*, 1996). Segundo (Doyle *et al.*, 1982) estas teriam colonizado as áreas costeiras e interiores com extenso espectro climático. Entretanto, segundo (Haven *et al.*, 1996), com a ruptura final dos continentes, período em que advém a abundância do registro fossilífero das angiospermas em várias partes do mundo, ocorre uma grande variação climática, principalmente nas regiões equatoriais, onde o clima se tornou brando, apresentando variações de temperatura e umidade.

## CONCLUSÃO

A associação palinológica descrita para a Formação Crato, na Bacia do Jatobá, demonstra uma similaridade em relação ao aspecto deposicional, com a Formação Santana, Bacia do Araripe, conforme (Lima, 1978; Portela, 2008; Portela *et al.*, 2014). No início da deposição predominava uma palinoflora essencialmente arbórea, com componentes arbustivos e herbáceos associados. Observa-se, na porção mais superior da seção, aumento dos grãos de pólen inaperturados, representados principalmente pelo gênero *Araucariacites*. São também comuns, em toda a seção, os grãos rimulados e os esporos triletes, destacando-se formas cicatricosas.

A porção intermediária da seção mostra relativo aumento no percentual de formas arbustivas, e elevado acréscimo no número de representantes dos grãos

rimulados, se destacando a espécie *Classopollis classoides*, assim como, maior diversidade de esporos triletes. Os poliplicados tornam-se mais diferenciados e um pouco mais abundantes. Nesta seção, ocorre também a presença marcante de *Botryococcus braunii*.

No topo da seção observa-se a escassez da maioria dos componentes arbóreos. Mas, ainda ocorre elementos de vegetação arbustiva, representada pela ocorrência do gênero *Afropollis*. Ocorre um decréscimo muito significativo de algumas formas de grãos de pólen e esporos. Porém, observa-se a presença de representantes dos rimulados, poliplicados, colpados e, esporos cicatricosos.

A composição da associação palinoflorística descrita nesta formação, caracteriza-se em sua grande parte, por espécies do Eocretaceo, muito similar as descritas para outras regiões do Brasil, pertencentes à mesma faixa microflorística (Lima, 1978, 1984, Dino, 1992; Dino *et al.*, 1994; Antonioli, 1998, 2001; Portela, 2008; Portela *et al.*, 2014). Está constituída por elementos transicionais, com espécies representativas do Aptiano chegando a alcançar até o Albiano. Em relação aos depósitos análogos das bacias exteriores, corresponde a associação descrita por Doyle *et al.* (1982), para a Angola e Nigéria no continente africano, em função da ocorrência de alguns gêneros, como *Afropollis*, e com a descrita por Müller *et al.* (1987) para o continente sul-americano (Colômbia, Venezuela, Trindade, Guiana, Suriname) pela ocorrência de *Exesipollenites tumulus*, *Reyrea polymorphus*, assim como a ocorrência do gênero *Afropollis*.

As evidências palinológicas e sedimentológicas indicam que o ambiente deposicional da Formação Crato é predominantemente lacustre continental. A presença de elementos higrófitos (*Botryococcus braunii*) xerófitos (*Classopollis*, *Gnetaceapollenites*, *Equisetosporites*), além dos esporos de

pteridófitas, indicam uma palinoflora de clima quente, árido a semiárido, com nichos úmidos, em latitude próxima à atual.

### Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de Pós-graduação em Geociências da Universidade Federal de Pernambuco e ao Laboratório de Paleontologia da UFPE (PALEOLAB), por todo o apoio prestado para o desenvolvimento da pesquisa.

O primeiro autor agradece a Coordenação de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudo. A Dra. Alcina Magnólia Franca Barreto pela orientação. Ao Dr. Gerson Fauth, e os demais pesquisadores do Laboratório de Micropaleontologia da UNISINOS – RS, pelo acolhimento durante o desenvolvimento do estágio nesta instituição. A Dra. Maria Judite Garcia do Laboratório de Micropaleontologia do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, por toda assistência prestada para o aprimoramento desta pesquisa e a Dra. Luzia Antonioli da Universidade Estadual do Rio de Janeiro, pelas considerações e bibliografias gentilmente cedidas.

### REFERÊNCIAS

- Alvin, K. L., Spicer, R. A., Watson, J., 1978. A *Classopollis*-containing male cone associated with *Pseudofrenelopsis*. *Palaeontology*, 21: 847-856.
- Alvin, K. L., 1982. Cheirolepidiaceae: biology, structure, and paleoecology. Review of Palaeobotany Palynology, 37: 71-98.
- Antonioli, L., 1998. Estudo Palinológico da Seção Aptiana-Eoalbian da Bacia do Ceará – Nordeste do Brasil: Sistemática, Bioestratigrafia e Paleoambientes. Rio de Janeiro, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências. 107p.
- Antonioli, L., 2001. Estudo palinocronoestratigráfico da Formação Codó – Cretáceo Inferior do Nordeste Brasileiro. Rio de Janeiro – RJ. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 265p.
- Arai, M., Machado Coelho, P.S. 2001. Statistical analysis of palynological assemblages from the Aptian-Albian of the Araripe Basin, northeast Brazil: a case study of paleoenvironmental significance of Early Cretaceous terrestrial palynomorphs. In: International Symposium on Mesozoic Terrestrial Ecosystems, VII. Buenos Aires, Boletim... Asociación Paleontológica Argentina. p. 25-28. Publicación Especial 7.
- Batten, D. J., 1974. Wealden palaeocology from the distribution of plant fossils. *Proc. Geol. Assoc.* 85: 433-458.
- Brenner, G. J., 1976. Middle Cretaceous floral provinces and early migrations of angiosperms. In: C. Beck (Editor), *Origin and Early Evolution of Angiosperms*. Columbia University Press, New York, p.23-47.
- Chang, Y.M., 1967. Accuracy of fossil percentage estimation. *Journ. Paleont.* Tulsa, 41(2): 500-502.
- Chumakov, N.M., Zharkov, M.A., Herman, A.B., Doludenko, M.P., Kalandadze, N.M. Lebedev, E.L. & Ponomarenko, A.G. & Rautian, A.S. 1995. Climatic belts of the mid Cretaceous time. *Stratigraphy and Geological Correlation* n.3, p. 241–260
- Costa, I. P. Milhomem, P.S., Carvalho, M.S.S., 2003. Bacias Sedimentares Brasileiras: Bacia de Jatobá. *Boletim da Fundação Paleontológica Phoenix*, 5: 53.

- Dettmann, M. E., 1963. Upper Mesozoic miclofloras from southeastern Australia. Proc. Royal, Soc. Victoria N. S. Eulborn. 77(1): 1- 148.
- Dino, R.1992. Palinologia, Bioestratigrafia e Paleontologia da Formação Alagamar – Cretáceo da Bacia Potiguar, Nordeste do Brasil. São Paulo, Instituto de Geociências, USP. Tese de Doutorado, 300 p.
- Dino, R.; Lima, M.R; Saad, A.R.1994. Caracterização da província microflorística cretácea Afro-Sul-Americana no Brasil. In: 3º Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil. Rio Claro. Boletim..., UNESP, p.201-203.
- Dino, R., Silva, O.B., Abrahão, D., 1999. Caracterização palinológica e estratigráfica de estratos cretáceos da Formação Alter do Chão, Bacia do Amazonas: In: Simpósio Sobre o Cretáceo, 5. Rio Claro. Boletim...UNESP, p.557-565.
- Doyle, J. A., Jardiné, S., Doerenkamp, A., 1982. *Afropollis*, a new genus of early angiosperm pollen, With notes on the Cretaceous palynostratigraphy and palaeoenvironments of northern Gondwana. Bulletin des Centre de Recherches Exploration-Production, 6: 39-117.
- Duarte, S.G.; Arai, M. & Wanderley, M.D. 2012. Significado paleoambiental da família Anemiaceae no Cretáceo do Brasil: inferências a partir de dados palinológicos. Revista do Instituto Geológico, 33(2):1-12.
- Gammero, J. C., 1965. Morfología del pollen de *Apterocladus lanceolatus* Archang. (Coniferae) de la Formación Baqueró, provincia de Santa Cruz. *Ameghiniana*, 4:133-138.
- Gomez, B., Martin-Closas, C., Barale, G., De Porta., N.S., Thévenard, F., Guignard, G.2002. *Frenelopsis* (Coniferales: Cheirolepidiaceae) and related male organ genera from the Lower cretaceous of Spain. *Palaeontology* 45 (5): 997 – 1036.
- Gratzer, R., Neumann, V. H., Vortisch W., Rocha D. E. A., Bechtel A. 2013. Stable isotopes of organics and inorganics, clay mineralogy and chemical environment of an Aptian lacustrine succession in northeastern Brazil. Geological Society, London, Special Publications, first published. doi 10.1144/SP382.4.
- Raven, H.P., Evert, R.F., Eichhorn, S.E. 1996. *Biologia Vegetal*. 5 ed. Rio de Janeiro, Ed. Guanabara Koogan.
- Hernegreen, G. F., Chlonova, A. F., 1981. Cretaceous microfloral provinces. *Pollen et Spores*. 23: 441-555.
- Hernegreen, G. F. W.; Kedves, M., Rovnina, L.V., Smirnova, S. B., 1996. Cretaceous palynofloral provinces: a review (In): JANSONIUS, J.; MCGREGOR, D.C. (eds.), *Palynology: principles and applications*; American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation. 3: 1157-1188.
- Hernegreen, G. F. W., Kedves, M., Rovnina, L.V., Smirnova, S. B., 1996. Cretaceous palynofloral provinces: a review (In): JANSONIUS, J.; MCGREGOR, D.C. (eds.), *Palynology: principles and applications*; American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, v.3, p. 1157-1188.
- Lima, M.R., 1978. Palinologia da Formação Santana (Cretáceo do Nordeste do Brasil). Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar – USP. 335p.
- Magnavita, L. P., Cupertino, J. A., 1987. Conceção atual sobre as bacias de Tucano e Jatobá, Nordeste do Brasil. *Boletim de Geociências da Petrobras*. 1: 119-134.

- Magnavita, L. P., Silva, R. R., Sanches, C. P., 2005. Guia de campo da Bacia do Reconcavo, NE do Brasil. Boletim de Geociências da Petrobras. 13: 301-334.
- Medeiros, R.A., Ponte, F.C., 1981. Roteiro Geológico da Bacia do Recôncavo. Salvador, Petrobrás. 63 p.
- Meyen, S.V., 1987. Fundamentals of palaeobotany. Chapman and Hall, London, 432p.
- Nascimento L. R. D. S. L., Tomé, M. E. T. R., Barreto A. M. F., Oliveira D. H., Neumann V. H. M., 2017. Biostratigraphic analysis based on palynomorphs and ostracods from core 2-JNS-01PE, Lower Cretaceous, Jatobá Basin, northeastern Brazil. Journal of South American Earth Sciences. 76: 115-136.
- Nascimento, C. R. 2015. Análise paleopalinológica do Albiano (Cretáceo inferior) da Bacia de Campos, com ênfase no estudo de dinoflagelados. Dissertação de Mestrado – UNESP. 99p.
- Parrish, J. T., 1987. Global palaeogeography and palaeoclimate of the late Cretaceous and early Tertiary. In: Friss, E. M. Chaloner, W.G. Crane, P.R. (eds.) The Origins of Angiosperms and their Biological consequences p. 51-73.
- Phipps, D., Playford, G., 1984. Laboratory techniques for extraction of palynomorphs from sediments. Papers of the Department of Geology. 11:1-23.
- Ponte, F. C., Medeiros, R. A., Ponte Filho, F. C., 1997. Análise estratigráfica da Bacia do Araripe: Parte 1- Análise de sequências. In: Simpósio sobre a Bacia do Araripe e Bacias interiores do Nordeste, 2.
- Portela, H. A., 2008. Estudo Palinológico e Palinofaciológico da Formação Santana, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. Dissertação de Mestrado – UERJ. 133p.
- Regali, M. S. P., Uesugui, N., Santos, A. S., 1974a. Palinologia dos sedimentos Meso-Cenozóicos do Brasil. I. Boletim Técnico Petrobras Rio de Janeiro, 17: 177-190.
- Regali, M. S. P., Uesugui, N., Santos, A. S., 1974b. Palinologia dos sedimentos Meso-Cenozóicos do Brasil. II. Boletim Técnico Petrobras, Rio de Janeiro, 17: 263-301.
- Rocha, D. E. G. A., Leite, J. F., 1999. Estudo hidrogeológico da Bacia do Jatobá – PE. Geologia. Série Hidrogeologia – Estudos e Projetos. 2: 20.
- Rocha, D.E. G. A., 2011. Caracterização do intervalo carbonático do sistema lacustre aptiano da Bacia do Jatobá, NE do Brasil. Recife, Tese de Doutorado. Pós-graduação em Geociências - UFPE. 128p.
- Santos, C. A., Neumann, V. H., Menezes, M. R. F. Rocha, D. E. G. A., Agostinho, S., 2011. Caracterização sedimentológica e micropaleontológica dos calcários bioclásticos da serra do periquito, Bacia de Jatobá. Estudos Geológicos. 21: 21-39.
- Srivastava, S. K., 1978. Cretaceous spore-pollen floras: a global evaluation. In: Biological Memoirs, Lucknow, International Publishers. 130p.
- Sucerquia, P. A., 2006. Gimnospermas Eocretáceas da Formação Crato, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. Dissertação de Mestrado - USP. 108p.
- Tomé, M. E. T. R., Lima Filho M. F., Neumann V. H. M. L., 2014. Taxonomic studies of non-marine ostracods in the Lower Cretaceous (Aptian - lower Albian) of post-rift sequence from Jatobá and Araripe basins (Northeast Brazil): Stratigraphic implications. Cretaceous Research. 48: 153-176.

- Uesugui, N., 1979. Palinologia: técnicas de tratamento de amostras. Boletim Técnico da Petrobras. 22: 229-240.
- Upchurch, G.R., Doyle, J.A., 1981. Paleoeecology of the conifers *Frenelopsis* and *Pseudodofrenelopsis* (Cheirolepidiaceae) from the Cretaceous Potomac Group of Maryland and Virginia. In: R.C. Romans (ed.) *Geobotany II*, Springer, p.167-202.
- Vakhrameev, V. A., 1970. Range and palaeocology of Mesozoic conifers. The Cheirolepidiaceae. *Paleontology Journal*. 4: 19-34.
- Van Konijnenburg-Van Cittert, J.H.A., 1978. Osmundaceous spores *in situ* from the Jurassic of Yorkshire, England. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 26:125-141. doi: 10.1016/0034-6667(78)90009-X
- Van Konijnenburg-van Cittert, J.H.A., 2002. Ecology of some Jurassic ferns in Eurasia. *Review of Palaeobotany and Palynology*.199: 113-124. doi:10.1016/S0034-6667(01)00132-4
- Viana, C. F, Gama Jr., E. G., Simões, I. A., Moura, J. A., Fonseca, J. R., Alves, R. J., 1971. Revisão estratigráfica da Bacia do Recôncavo/Tucano. *Boletim Técnico da Petrobras*, Rio de Janeiro. 14:157-192.

## APÊNDICE 01

Relação dos palinomorfos e localização de ocorrência ao longo da seção analisada.

### GRÃOS DE PÓLEN

*Afropollis jardinus* Doyle et al.1982, amostra 47, profundidade de 26.50 m.  
*Afropollis zonatus* Doyle et al.1982, amostra 47, profundidade de 26.50m.  
*Araucariacites australis* Cookson, 1947, amostra 18, profundidade de 12.48 m.  
*Callialasporites dampieri* (Balme) Sukh Dev 1961, amostra 44, profundidade de 25.42m.  
*Callialasporites segmentatus* (Balme) Srivastava, 1963, amostra 44, profundidade de 25.42m.  
*Classopollis classoides* Plufg, 1953, amostra 18, profundidade de 12.48m.  
*Exesipollenites tumulus* Balme,1957, amostra 44, profundidade de 25.42m.  
*Gnetaceaepollenites jansonii* (Pocock) Lima,1978, amostra 46, profundidade de 26.03m.  
*Inaperturopollenites turbatus* Balme,1957, amostra 94, profundidade de 39.47m.  
*Parvisaccites minimus* Regali,1987, amostra 153, profundidade de 79.63m.  
*Reyrea polymorphus* Herngreen, 1973, amostra 47, profundidade de 26.50 m.  
*Sergipea simplex* Regali,1987, amostra 47, profundidade de 26.50m.  
*Sergipea variverrucata* (Regali et al.) Regali,1987, amostra 47, profundidade de 26.50m.  
*Stellatopollis araripensis* Lima,1978, amostra 49, profundidade de 28.25m.  
*Trisectoris reticulatus* Heimhofer & Rochuli, 2010, amostra 94, profundidade de 39.47m.  
*Vitreisporites pustulosus* Regali,1987, amostra 75, profundidade de 34.34m.

### ESPOROS

*Cicatricosisporites avnimelechi* Howitz,1970, amostra 47, profundidade de 26.50m.  
*Cicatricosisporites brevilaesuratus* Couper,1958, amostra 94, profundidade de 39.47m.  
*Cicatricosisporites microstriatus* Jardiné & Magloire,1965, amostra 47, profundidade de 26.50m.  
*Cicatricosisporites nuni* Horowitz, 1970, amostra 18, profundidade de 12.48m.  
*Crybelosporites pannuceus* (Brenner) Srivastava,1977, amostra 51, profundidade de 28.45m.  
*Cyathidites australis* Couper,1953, amostra 94, profundidade de 39.47m.  
*Klukisporites scaberis* Dettman,1963, amostra 151, profundidade de 78.42m.  
*Leptolepites major* Couper, 1958, amostra 94, profundidade de 39.47m.  
*Leptolepites psarosus* Noris, 1968, amostra 121, profundidade de 56.94m.

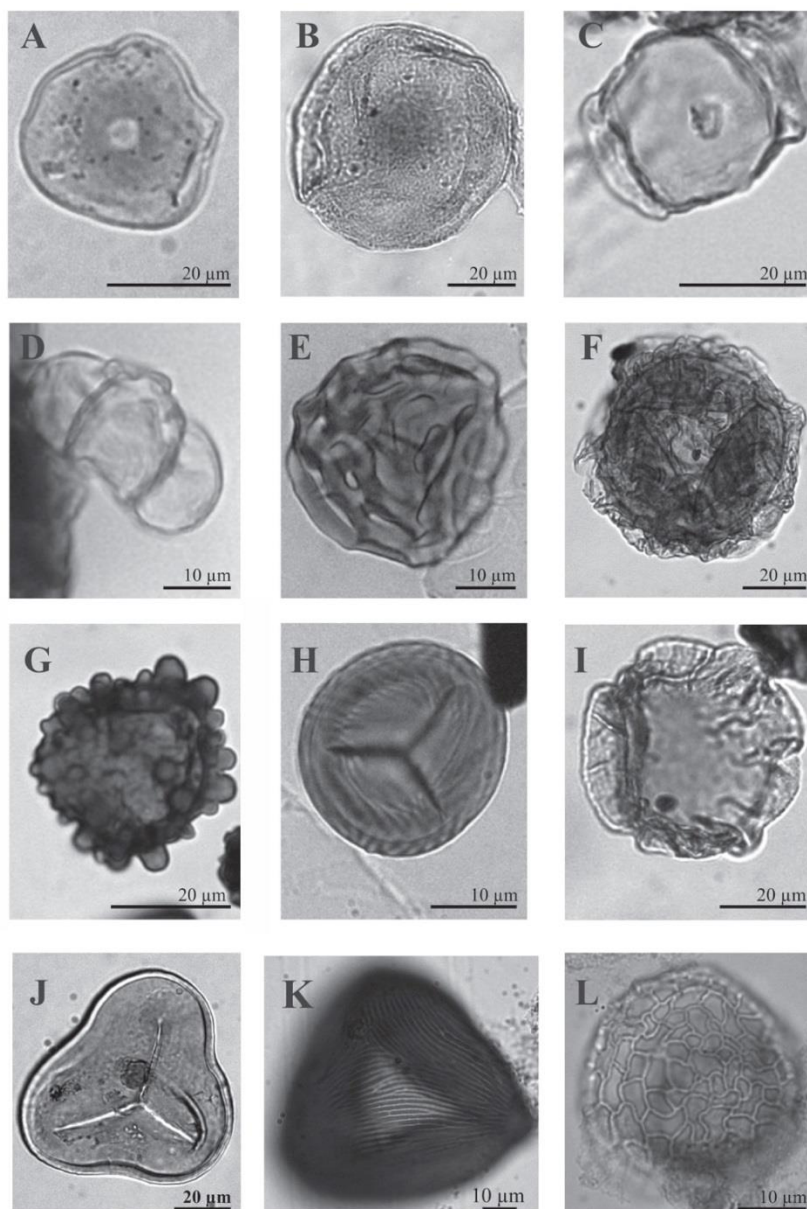


Figura 3: (A) *Exesipollenites tumulus* Balme,1957, amostra 44, profundidade de 25.42m. (B) *Inaperturopollenites turbatus* Balme,1957, amostra 94, profundidade de 39.47 m. (C) *Parvisaccites minimus* Regali,1987, amostra 153, profundidade de 79.63m. (D) *Vitreisporites pustulosus* Regali,1987c, amostra 75, profundidade de 34.34m. (E) *Klukisporites scaberis* Dettman,1963, amostra 151, profundidade de 78.42m. (F) *Crybelosporites pannuceus* (Brenner) Srivastava,1977, amostra 51, profundidade de 28.45m. (G) *Leptolepites psarosus* Noris, 1968, amostra 121, profundidade de 56.94m. (H) *Cicatricosisporites avnimelechi* Howitz,1970, amostra 47, profundidade de 26.50m. (I) *Callialasporites dampieri* (Balme) Sukh Dev 1961, amostra 44, profundidade de 25.42m. (J) *Cyathidites australis* Couper,1953, amostra 94, profundidade de 39.47m. (L) *Cicatricosisporites microstriatus* Jardiné & Magloire,1965, amostra 47, profundidade de 26.50m. (M) *Afropollis jardinus* Doyle et al.,1982, amostra 47, profundidade de 26.50 m. (Nascimento et al., 2017).

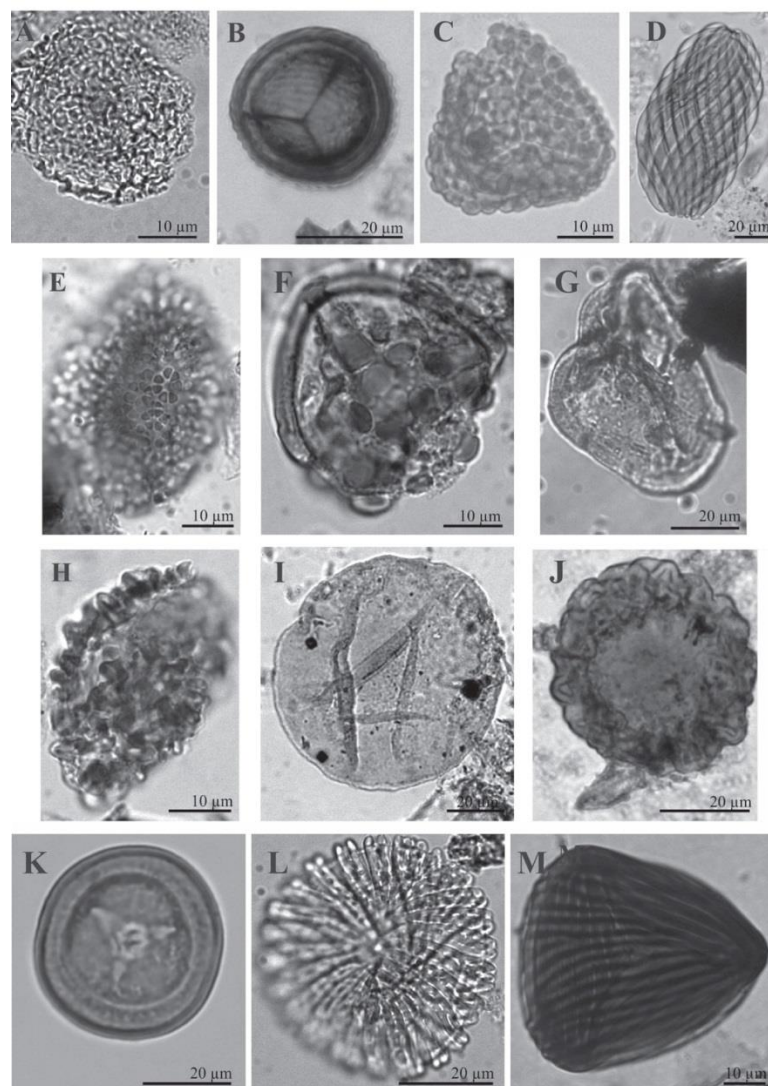


Figura 4: (A) *Afropollis zonatus* Doyle et al.1982, amostra 47, profundidade de 26.50m. (B) *Cicatricosisporites nuni* Horowitz, 1970, amostra 18, profundidade de 12.48m. (C) *Leptolepites major* Couper, 1958, amostra 94, profundidade de 39.47m. (D) *Gnetaceaepollenites jansonii* (Pocock) Lima,1978a, amostra 46, profundidade de 26.03m. (E) *Stellatopollis araripensis* Lima,1978 a, amostra 49, profundidade de 28.25m. (F) *Sergipea variverrucata* (Regali et al.) Regali,1987 b, amostra 47, profundidade de 26.50m. (G) *Sergipea simplex* Regali,1987, amostra 47, profundidade de 26.50m. (H) *Reyrea polymorphus* Herngreen, 1973, amostra 47, profundidade de 26.50 m, espécie importante dentro da província microflorista. (I) *Araucariacites australis* Cookson, 1947, amostra 18, profundidade de 12.48 m. (J) *Callialasporites segmentatus* (Balme) Srivastava, 1963, amostra 44, profundidade de 25.42m. (L) *Classopollis classoides* Plufg, 1953, amostra 18, profundidade de 12.48m. (M) *Trisectoris reticulatus* Heimhofer & Rochuli, 2010, amostra 94, profundidade de 39.47m. (N) *Cicatricosisporites brevilaesuratus* Couper,1958, amostra 94, profundidade de 39.47m. (Nascimento et al., 2017).