

PALINOLOGIA DA FORMAÇÃO CODÓ, BACIA DO PARNAÍBA: IDADE E PALEOAMBIENTE DEPOSICIONAL

PALYNOLOGY OF CODÓ FORMATION, PARNAÍBA BASIN: AGE AND DEPOSITIONAL PALEOENVIRONMENT

Giovanni de Oliveira ENEAS¹, Luzia ANTONIOLI¹, Wagner SOUZA-LIMA², Rodolfo DINO¹, Emílio Alberto Amaral SOARES³

¹Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Geologia. Rua São Francisco Xavier, 524 - Maracanã, Rio de Janeiro – RJ. Brasil. E-mails: giovannideoliveiraa@gmail.com; luantonoli7@gmail.com; dinouerj@gmail.com

²Fundação Paleontológica Phoenix. Rua Geraldo Menezes de Carvalho, 218, Suissa, Aracaju – SE. Brasil.

E-mail: wagner@phoenix.org.br

³Universidade Federal do Amazonas, Departamento de Geociências. Avenida General Rodrigo Octavio Jordão Ramos, 1200 - Coroado I. Manaus, AM, Brasil. E-mail: easoares@ufam.edu.br

Introdução
Materiais e métodos
Resultados e discussões
Características gerais da palinoflora
Idade
Interpretação paleoambiental
Conclusões
Agradecimentos
Referências

RESUMO - Os depósitos siliciclásticos da Formação Codó possuem significativo potencial para geração de hidrocarbonetos no Cretáceo Inferior da Bacia do Parnaíba. Da análise do conteúdo palinológico de 44 amostras do poço 9-PAG-8-MA, foi possível tecer considerações relacionadas ao seu posicionamento temporal e identificar seu paleoambiente deposicional e respectivo paleoclima. Foram identificadas 96 espécies de palinómorfos, predominantemente de origem continental. A presença das espécies-guia *Sergipea variverrucata* e *Equisetosporites maculosus* permitiram posicionar bioestratigraficamente os estratos nas palinozonas *Sergipea variverrucata* (P-270) e *Complicatisaccus cearensis* (P-280), correspondendo ao Aptiano superior. Dinocistos do gênero *Subtilisphaera* atestam a ocorrência de ingressões marinhas ao longo da sedimentação. Os sedimentos depositaram-se em um ambiente predominantemente continental (flúvio-lacustre), gradando para um ambiente transicional costeiro a marinho restrito, com registros de ingressões marinhas e sob um paleoclima árido a semiárido, evidenciado pelo predomínio de grãos de pólen dos gêneros *Classopollis*, *Gnetaceaepollenites* e *Equisetosporites*. O aumento na frequência relativa dos gêneros *Crybelosporites* e *Cicatricosisporites*, observado em dois níveis estratigráficos, sugerem momentos de semiaridez ao longo da deposição, que podem estar relacionadas a redução na salinidade, visto o aumento da frequência relativa de *Afropollis* e diminuição de *Classopollis*. O conteúdo palinoflorístico identificado apresenta características que permitem o enquadramento na província palinoflorística a *Dicheiopollis etruscus/Afropollis*.
Palavras-chave: Cretáceo inferior. Formação Codó. Palinologia. Aptiano.

ABSTRACT - The siliciclastic deposits of the Codó Formation have significant potential for hydrocarbon recovery in the Lower Cretaceous of the Parnaíba Basin. Based on the analysis of the palynological content of 44 samples from well 9-PAG-8-MA, considerations of temporal positioning were made, and the paleoenvironment of the deposits and the corresponding paleoclimate were identified. Ninety-six palynomorph species were identified, most of which are continental in origin. The presence of the guide species *Sergipea variverrucata* and *Equisetosporites maculosus* allowed the biostratigraphic positioning of the strata in the *Sergipea variverrucata* (P-270) and *Complicatisaccus cearensis* (P-280) palynozones corresponding to the upper Aptian. Dinocysts of the genus *Subtilisphaera* attest to marine ingressions along the sedimentation. The sediments were deposited in a predominantly continental environment (fluvial-lacustrine) that evolved to nearshore to the restricted marine environment, with records of marine ingressions and under an arid to semi-arid paleoclimate, as evidenced by the predominance of pollen grains of the genera *Classopollis*, *Gnetaceaepollenites*, and *Equisetosporites*. The increase in the relative abundance of the genera *Crybelosporites* and *Cicatricosisporites* observed at two stratigraphic levels suggests semi-arid moments along the deposition, possibly related to a decrease in salinity as the relative abundance of *Afropollis* increases and that of *Classopollis* decreases. The identified palynofloristic content has features that allow it to be placed in the palynofloristic province of *Dicheiopollis etruscus/Afropollis*.

Keywords: Lower Cretaceous. Codó Formation. Palynology. Aptian.

INTRODUÇÃO

As rochas do Cretáceo Inferior no norte-nordeste brasileiro, particularmente as da Formação Codó, fornecem, potencialmente, excelentes sistemas regionais de rochas fontes e reservatórios para hidrocarbonetos líquidos e gasosos. A Formação Codó, apesar de já ter sido objeto de

vários estudos sob os mais diferentes aspectos em função de sua importância econômica (Silva Santos, 1985, 1994; Rodrigues & Takaki, 1994; Antonioli, 2001) ainda carece de estudos em seus aspectos litoestratigráficos, idade e ambiente. É necessário um melhor entendimento da sua evo-

lução no Neoptiano, definir em que locais há a transição entre o Aptiano e o Albiano, além de caracterizar onde ocorrem influências marinhas na deposição. Os estudos palinológicos são os que têm sido aplicados com maior sucesso na divisão bioestratigráfica e definição paleoambiental desta formação, apesar de conter intervalos carbonáticos e evaporíticos geralmente com raros palinómorfs.

A finalidade do trabalho ora apresentado é contribuir para um melhor conhecimento da bioestratigrafia, com a identificação de esporos, grãos de pólen e dinoflagelados da Formação Codó. Considerações quanto aos aspectos paleoclimáticos, à época da sedimentação, além do significado bioestratigráfico e paleoambiental, foram efetuadas com base na análise da associação esporopolínica identificada.

MATERIAIS E MÉTODOS

O material utilizado neste estudo palinológico é proveniente de 44 amostras de testemunho da Formação Codó na sondagem 9-PAG-8-MA

(coordenadas geográficas 5°02'21"S 44°38'55"W), perfurado na cidade de Joselândia, estado do Maranhão, cerca de 331km da cidade São Luís (figura 1).

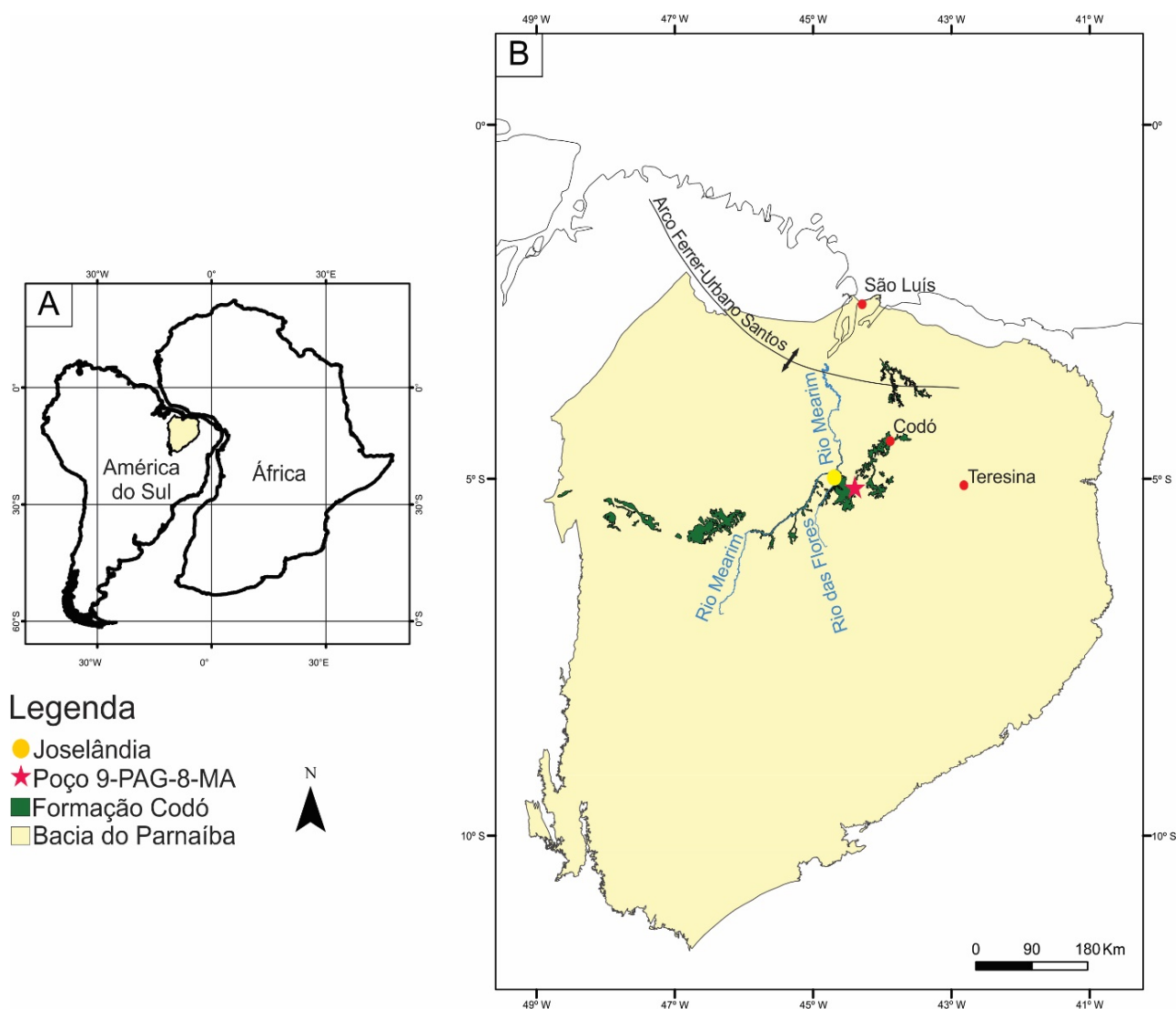


Figura 1 - Mapa de localização da Bacia do Parnaíba. A – Mapa paleogeográfico do Gondwana no Eocretáceo (120Ma) (modificado de Heine et al., 2013), com a localização da Bacia do Parnaíba. B – Mapa de localização da Bacia do Parnaíba, com destaque para as áreas onde afloram a Formação Codó.

O poço estudado possui 45,5m de profundidade, e entre as profundidades de 28m a 45,55m, associadas a Formação Codó, é composto por carbonatos claros intercalados com folhelhos cinzas a pretos (figuras 2 e 3).

critérios litológicos e granulométricos, no caso, folhelhos e siltitos mais escuros, pois possuem granulometria mais fina, tendendo a conter maior concentração de matéria orgânica e, consequentemente, de palinómorfs, alvo principal dessa pesquisa.

As amostras foram selecionadas com base em

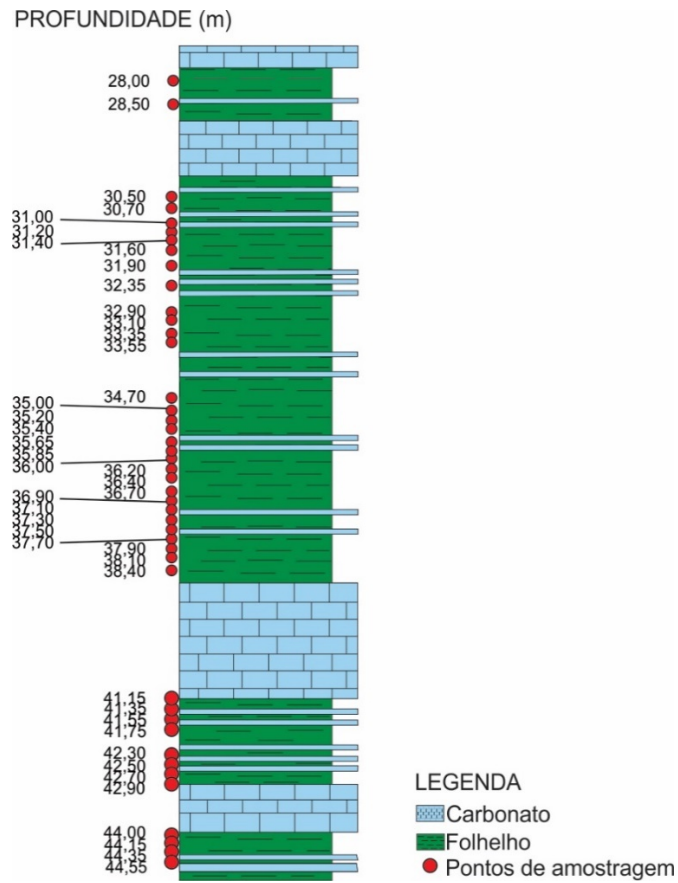


Figura 2 - Perfil litológico da Formação Codó no poço estudado.



Figura 3 – Pontos amostrados do poço 9-PAG-8-MA. Em vermelho, os pontos onde foram selecionadas as amostras para os estudos palinológicos.

O processamento das amostras e a confecção das lâminas palinológicas foram realizados no Laboratório de Palinomacerais (LBPM) da Faculdade de Geologia (FGEL) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), seguindo as técnicas físico-químicas propostas por Antonioli et al. (2020).

As análises das lâminas palinológicas foram realizadas utilizando microscópio petrográfico de luz branca transmitida da Carl Zeiss, do Laboratório de Pesquisa em Petrologia Sedimentar e Orgânica do Departamento de Estratigrafia e Paleontologia (DEPA) da FGEL/UERJ. Empregou-se métodos qualitativos e quantitativos para identificação do material palinológico, além da determinação de suas frequências relativas, estado de preservação, caracterização do ambiente depo-

sicional e inferência da idade da seção estudada.

Nas análises qualitativas, as lâminas foram analisadas seguindo caminhos verticais e consecutivos, utilizando a objetiva de 20x. Através destas análises, foram identificados os palinomorfos de origens continental (grãos de pólen e esporos) e marinha (cistos de dinoflagelados e acritarcos). Foram diferenciados taxonomicamente cada morfotipo e registradas suas coordenadas por meio de England Finder.

As análises quantitativas seguiram a metodologia de contagem de Chang (1967), que estabeleceu a contagem dos 200 primeiros palinomorfos encontrados em cada lâmina. O autor indicou que a margem de erro da contagem dos palinomorfos representarem o total é de 5%, percentual perfeitamente aceitável para a análise a ser realizada.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Características gerais da palinoflora

O material analisado apresentou-se em bom estado de preservação, com a presença de palinomorfos de origem continental e raros elementos marinhos. Fazem parte da associação estudada esporos, grãos de pólen, dinoflagelados e palinomorfos retrabalhados de seções paleozoicas (acritarcos).

Como pode ser observado na figura 4, os grãos de pólen predominam com uma média percentual de 88% de toda a associação; os esporos perfazem 10%, enquanto os dinoflagelados 1%. Apesar de raros, é importante registrar a ocorrência de material retrabalhado do Paleozoico, representados aqui pelo grupo dos acritarcos.

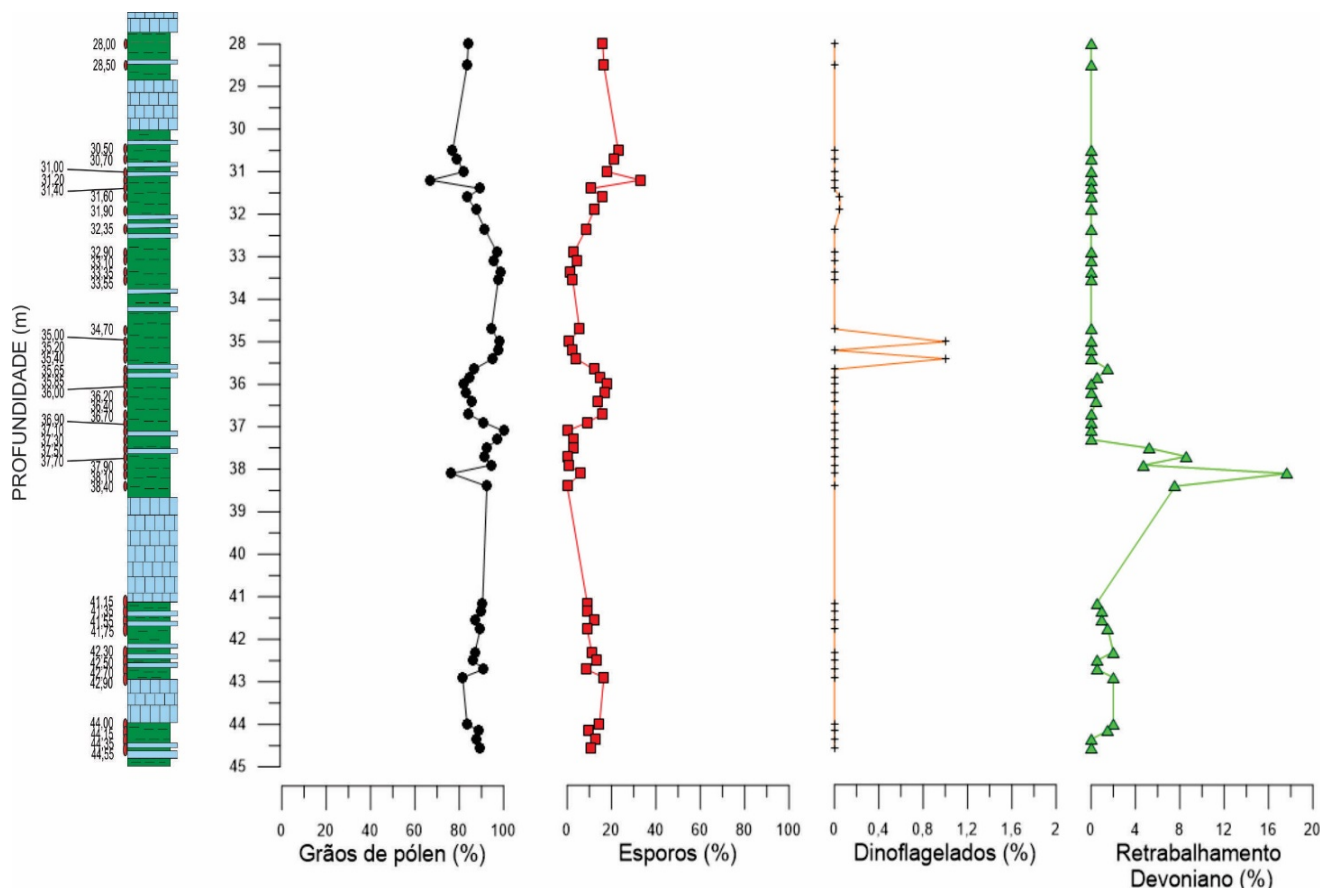


Figura 4 - Gráfico de frequência relativa dos principais grupos de palinomorfos identificados no poço 9-PAG-8-MA.

Os esporos possuem baixa frequência e alta diversidade, estando presente em quase toda a seção estudada. As espécies mais comumente encontradas na associação são *Cicatricosisporites* sp., *Crybelosporites pannuceus*, *Cyathidites australis*, *Deltoidospora hallii* e *Pilososporites trichopapillosus*. Os triletes lisos aparecem com mais frequência, estando o gênero *Deltoidospora* aparecendo em quase todo o pacote analisado. Os perisporados, representados pelo gênero *Crybelosporites*, aparecem com maior destaque no intervalo entre as profundidades 31,6 m e 31,9 m e 36,65 m e 36,7 m (figura 5), indicando os

níveis de maior umidade.

Dentre os grãos de pólen, destaca-se a presença das espécies *Afropollis jardinus*, *A. aff. jardinus*, *Araucariacites australis*, *Classopollis classoides*, *Equisetosporites maculosus*, *Gnetaceaepollenites clathratus*, *G. pentaplicatus* e *Sergipea variverrucata*. O gênero *Classopollis* predomina ao longo de toda a seção (figura 5). Dentre os representantes dos inaperturados, ressaltam-se os gêneros *Araucariacites* e *Sergipea*. Os grãos de pólen poliplicados possuem representação em quase toda a seção, com a presença de 16 espécies do gênero *Equisetosporites*.

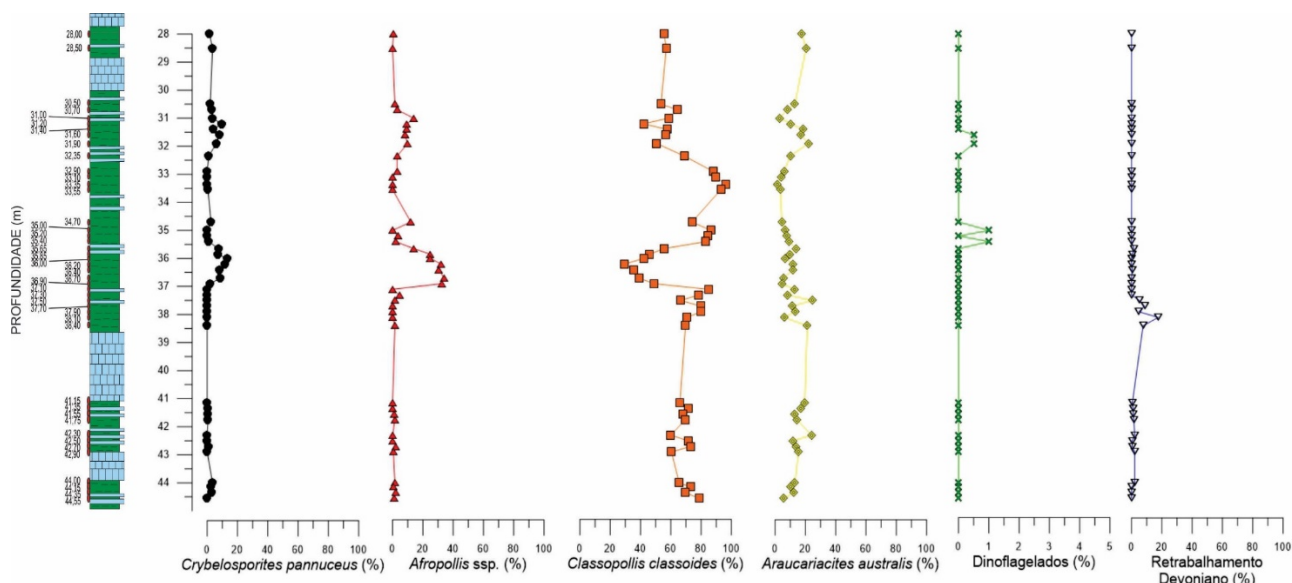


Figura 5 - Gráfico de frequência relativa das principais espécies identificadas no poço 9-PAG-8-MA.

Apesar da seção mostrar uma rica e diversificada associação de palinórfos, observa-se nas profundidades 32,9 m a 33,5 m e 37,1 m a 38,4 m baixa concentração de palinórfos.

Entre as profundidades de 37,5 m a 38,1 m e 44 m a 44,55 m, há a presença de *Maranhites brasiliensis*, prasinofícea do Devoniano Superior, evidenciando a ocorrência de retrabalhamento de sedimentos paleozoicos nessa parte da seção.

Foram identificadas 96 diferentes espécies de palinórfos. As figuras 6 e 7 apresentam algumas espécies representativas de toda a associação presente, como esporos lisos, ornamentados, grãos de pólen inaperturados, colpados, poliplicados, rimulados, dinoflagelados e material retrabalhado.

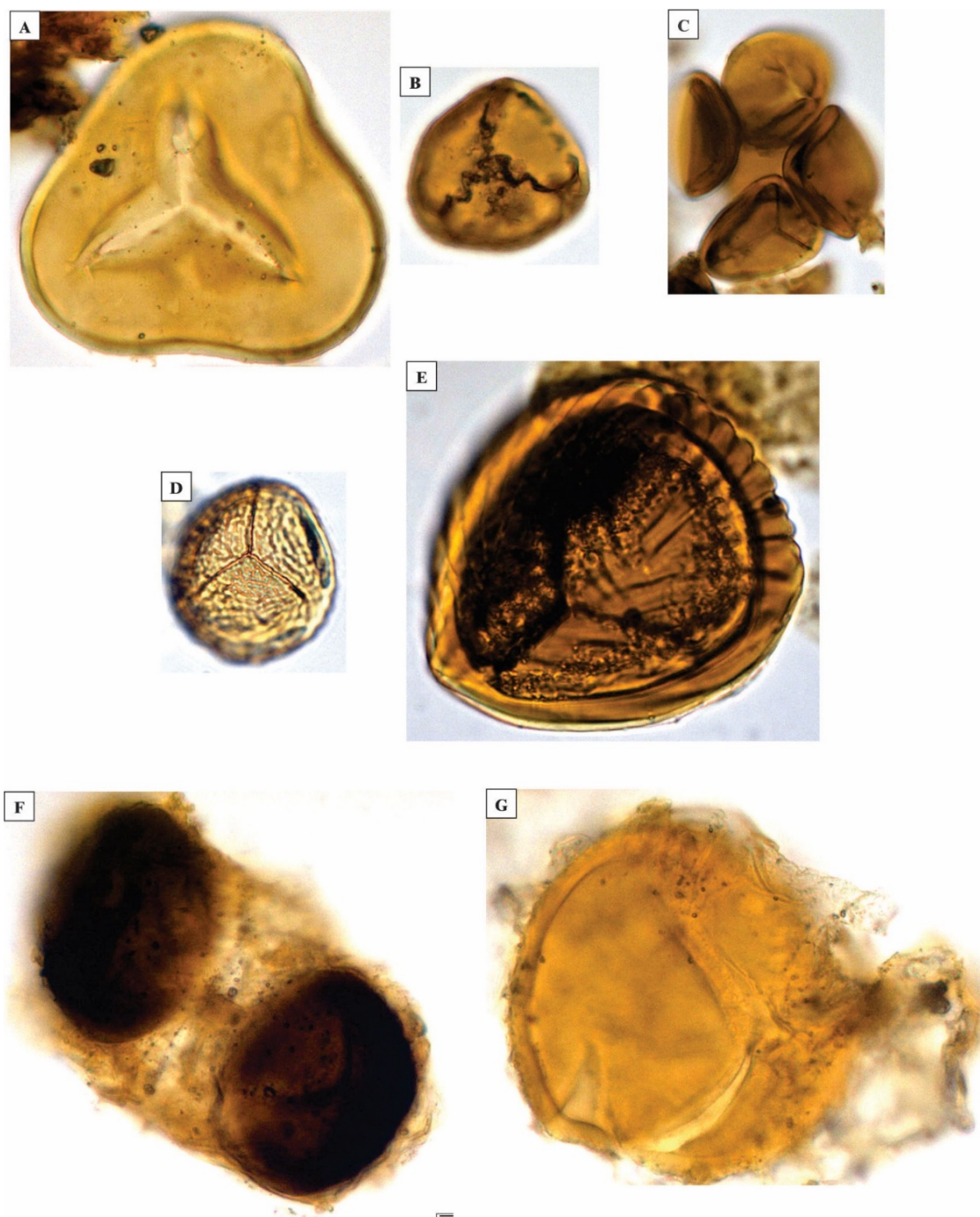
Idade

A associação palinológica reconhecida, no intervalo analisado, representa uma palinoflora típica do Cretáceo Inferior. A presença das espécies *Equisetosporites maculosus* e *Sergipea variverrucata* asseguram inferir uma idade neoptiana para a seção, além do posicionamento bio-

estratigráfico nas biozonas *Sergipea variverrucata* e *Complicatisaccus cearensis* de Regali & Santos, 1999 (figura 8).

Doyle et al. (1982) indicaram que a presença do gênero *Afropollis* é característica do intervalo Aptiano-Cenomaniano, na África. Regali (1987a) e Regali & Viana (1989) apontaram a presença deste gênero no intervalo Barremiano-Cenomaniano do Brasil. Doyle et al. (1982) estimaram idade neoptiana a cenomaniana aos depósitos que possuem a presença das espécies *Afropollis jardinus* e *Afropollis aff. jardinus*. Regali (1987a) mostrou a presença do primeiro pico de abundância de *Afropollis aff. jardinus* na transição entre as biozonas *Sergipea variverrucata* (P-270) e *Complicatisaccus cearensis* (P-280), no Aptiano superior.

Doyle et al. (1982) ilustraram pico de abundância de *Afropollis* associado a *Crybelosporites* no Albiano inferior, e Bettar & Méon (2001) indicaram esse pico na transição entre o Albiano médio e o Albiano superior.



20µm

Figura 6 – Esporos identificados na associação palinoflorística. A- *Cyathidites australis* Couper, 1953 (Lâmina 1001, EF K51-3) B- *Undulatisporites sinuosus* Groot & Groot, 1962 (Lâmina 1005, EF U59-3) C- *Deltoidospora hallii* Miner, 1935 (Lâmina 1002, EF Q47) D- *Cicatricosisporites avnimelechi* Horowitz, 1970 (Lâmina 105042, EF R65-1) E- *Cicatricosisporites* sp. (Lâmina 1018, EF T46-2) F- *Crybelosporites pannuceus* (Brenner, 1963) Srivastava, 1975 (Lâmina 1005, EF A59-2) G- *Pilosisporites trichopapillosus* (Thiegart, 1949) Delcourt & Sprumont, 1955 (Lâmina 1009, EF U52-4).

Antonioli (2001) identificou este nível na base do Aptiano inferior na Formação Codó. No material analisado, o maior pico de abundância do gênero *Afropollis*, juntamente com *Crybelosporites pannuceus*, ocorre no mesmo nível da primeira ocorrência da espécie *Sergipea variverrucata*, e um segundo pico, de menor abundância, é registrado logo acima da última ocorrência dessa espécie,

sugerindo o posicionamento das biozonas P-270 e P-280 nestes picos, respectivamente.

Regali (1987b) e Regali & Viana (1989) restringiram, no Brasil, a espécie *Sergipea variverrucata* ao Aptiano. Arai et al. (1989) consideraram que a espécie pode ocorrer em estratos do andar Aratu (Hauteriviano-Barremiano). Dino (1992) e Antonioli (2001) delimitaram o limite Aptiano/Albiano

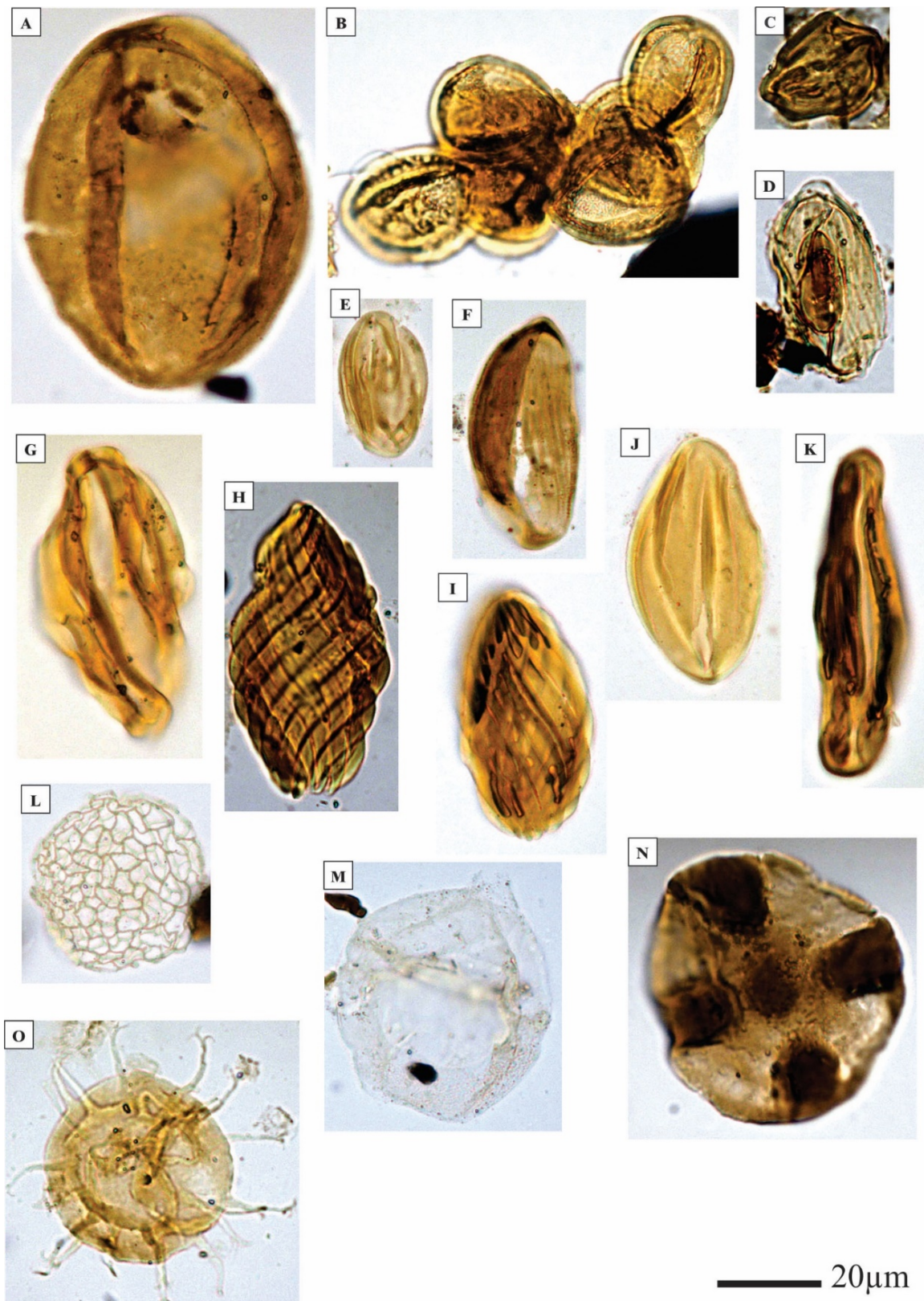


Figura 7 – Grãos de pólen e palinórfos marinhos identificados na associação palinoflorística. Grãos de pólen: A- *Araucariacites australis* Cookson, 1947 (Lâmina 1005, EF W60) B- *Classopollis classoides* Pelug, 1953 (Lâmina 1020, EF M64) C- *Sergipea variverrucata* Regali, 1987 (Lâmina 1010, EF Z21) D- *Equisetosporites maculosus* Dino, 1994 (Lâmina 1010, EF F17) E- *Equisetosporites dudarensis* (Déak, 1964) Lima, 1978 (Lâmina 1002, EF H64) F- *Equisetosporites leptomatus* Lima, 1978 (Lâmina 1005, EF Y61-2) G- *Gnetaceaepollenites pentaplicatus* Regali, 1989 (Lâmina 1009, EF U17-3) H- *Gnetaceaepollenites jansonii* (Pocock, 1964) Lima, 1980 (Lâmina 1021, EF X57-3) I - *Gnetaceaepollenites barghoornii* Pocock, 1964 (Lâmina 1003, EF K64-3) J- *Steevesipollenites pentacostatus* Regali, 1989 (Lâmina 1001, EF O64) K- *Singhia reyrei* Lima, 1980 (Lâmina 1002, EF O48) L- *Afropollis jardinus* (Brenner, 1968) Doyle, Jardiné & Doerenkamp, 1982 (Lâmina 1004, EF T60). Dinoflagelado: M- *Subtilisphaera codoensis* Antonioli, 2001 (Lâmina 1009, W22-1). Palinórfos retrabalhados do Devoniano: N- *Maranhites* sp (Lâmina 1028, EF C36-4) O- Acritarco indeterminado (Lâmina 1037, EF G66).

Leite (1978) e Antonioli (2001), com base em dados tanto de superfície quanto em subsuperfície, consideram que a Formação Codó apresenta três fases distintas no decorrer de sua sedimentação. Os dados palinológicos ora obtidos confirmam esta subdivisão. Os estratos basais contêm sedimentos clásticos médios a finos, além de calcáreos intercalados com folhelhos betuminosos associados com arenitos, evidenciando um corpo aquoso relativamente raso.

Toda esta seção basal depositou-se sob condições lacustres. Segue-se uma deposição de folhelhos e margas com níveis evaporíticos, evidenciando um aumento na salinidade, mas que gradualmente foi tornando-se mais profundo e redutor, com maiores espessuras de folhelhos. Posteriormente, constata-se uma distinta afluição de água marinhas, com maior predomínio de folhelhos marinhos, evidenciados pela presença inequívoca de dinoflagelados.

A partir das análises da associação palinoflorística identificada, foi possível obter informações a respeito do paleoclima e paleoambiente deposicional da época. A predominância dos grãos de pólen de plantas xerófitas (gêneros *Classopollis*, *Gnetaceapollenites* e *Equisetosporites*) ora registrados, permite inferir um paleoclima quente e árido para a época, corroborando com as inferências palinológicas de Antonioli (2001), Antonioli & Dino (2007) e Maizatto et al. (2011) para a Formação Codó na Bacia do Parnaíba, Pedrão (1995) para a Bacia de Bragança-Viseu, Rossetti et al. (2001) para a Bacia de São Luís-Grajaú, e Reis et al. (2007) para a Formação Marizal na Bacia do Recôncavo.

Os esporos triletes são produzidos por diferentes famílias de samambaias e habitam em regiões úmidas, próximas aos rios e lagos rasos (Schränk, 1987). Os picos de abundância dos gêneros *Crybelosporites*, *Cicatricosisporites* e *Cyathidites* entre as profundidades de 28 m a 31,9 m, 35,65 m a 36,7 m, e 41,15 m a 44,55 m indicam fases de maior umidade. O ambiente, nestas profundidades, é considerado moderadamente úmido, evidenciado pelo gênero *Cicatricosisporites* que não é típico de condições extremas, seja de aridez ou de umidade (Duarte et al., 2012). A espécie *Crybelosporites pannuceus*, indicativa de ambientes aquáticos (Puebla et al., 2015), possui picos de abundância entre as profundidades 31,2 m a 31,9 m e 35,65 m a 36,7 m, o que permite inferir que havia redes de drenagens bem instaladas no momento da

deposição dos sedimentos. Nestes intervalos, também foram registradas as maiores porcentagens de *Araucariacites australis*, que são representativos de uma flora de baixa paleolatidade (Krassilov, 1978), em altitudes elevadas (Page, 1990). A presença desta planta é indicativa de clima seco, em áreas tropicais (Doyle et al., 1982). A alta concentração desta espécie está relacionada as redes de drenagens instaladas, responsáveis pelo transporte dos grãos de pólen para o lago deposicional, próxima a área onde a paleoflora estava instalada (Reis et al., 2007).

O paleoclima é considerado subtropical quente para frequência relativa do gênero *Classopollis* entre 20 e 50% e árido para frequências entre 60% e 90% (Vakhrameev, 1981). Os intervalos entre as profundidades de 32,35 m a 35,4 m e 36,9 m a 38,4 m são os que possuem altos valores percentuais de *Classopollis classoides*. Nestes intervalos, os valores da espécie estão acima de 60%, por vezes atingindo valores acima de 80%, indicando um paleoclima árido. Em algumas amostras, foram encontradas tétrades de *Classopollis classoides*, indicando que o material não fora transportado ou sofreu pouco transporte até o local de deposição (Regali, 1989c; Reis et al., 2007).

Ramos et al. (2006), em estudos com ostracodes da Formação Codó na Bacia do Grajaú, notam diferença nas condições de salinidade, que por vezes chegam a ser hipersalinas. Bastos et al. (2022) sugerem, através de dados geoquímicos, que a Formação Codó passou por momentos hipersalinos restritos. A presença do gênero *Afropollis* permite o entendimento das condições de salinidade do meio e a definição do ambiente deposicional. As espécies *Afropollis jardinus* e *Afropollis* aff. *jardinus* aparecem em quase toda a seção. Nos intervalos áridos, suas presenças são quase nulas, e, entre as profundidades de 35,65 m a 36,7 m, possuem seu pico de abundância, chegando a atingir valores percentuais de 34%. Nesse intervalo, a presença de *Classopollis classoides* diminui drasticamente, com valores inferiores a 50%. Regali (1987a, 1989b) destaca essa inversão na frequência relativa quando comparados os dois gêneros como sendo indicativos de mudança nas condições de salinidade: maiores valores de *Afropollis* estão relacionados a condições mais baixas de salinidade, enquanto valores mais altos de *Classopollis classoides* estão relacionados a condições mais altas.

Juntamente com os picos de frequência de *Afropollis*, tem-se os picos dos esporos triletes.

Além de indicarem condições úmidas (Doyle et al., 1990), a abundância de *Afropollis* caracteriza também uma proximidade da margem do lago (Rios-Neto & Regali, 2007).

O predomínio de *Classopollis* na associação palinoflorística, em conjunto com *Araucariacites*, *Gnetaceapollenites*, *Afropollis* e *Sergipea*, permite inserir a região dentro da província palinoflorística *Dicheiropollis etruscus/Afropollis*, de Herngreen et al. (1996). A presença de *Afropollis* aff. *jardinus*, *Afropollis jardinus*, *Araucariacites australis* e *Sergipea variverrucata* indica que a área está próxima do Máximo II de *Afropollis*/Máximo I de *Gnetaceapollenites* da associação microflorística Flora a *Afropollis*, de Regali (1989c, 2007).

Nota-se, nas porções médias e superior da

seção, a presença de dinoflagelados, o que ilustra os primeiros indícios de influência marinha na área. A ocorrência da espécie de *Subtilisphaera codoensis*, mesmo que em baixa frequência, permite inferir que águas tetianas chegaram até a região central da Bacia do Parnaíba, ainda durante o Aptiano, corroborando com Arai (1999, 2009, 2014), Antonioli (2001) e Antonioli & Arai (2002).

O predomínio de palinomorfos continentais, associado a baixa frequência de palinomorfos marinhos, indica que a área estava numa região continental próxima a linha de costa. Os dados mostram que os sedimentos da Formação Codó foram depositados em um ambiente marinho marginal com aporte terrígeno, em condições climáticas áridas a semiáridas (figura 9).

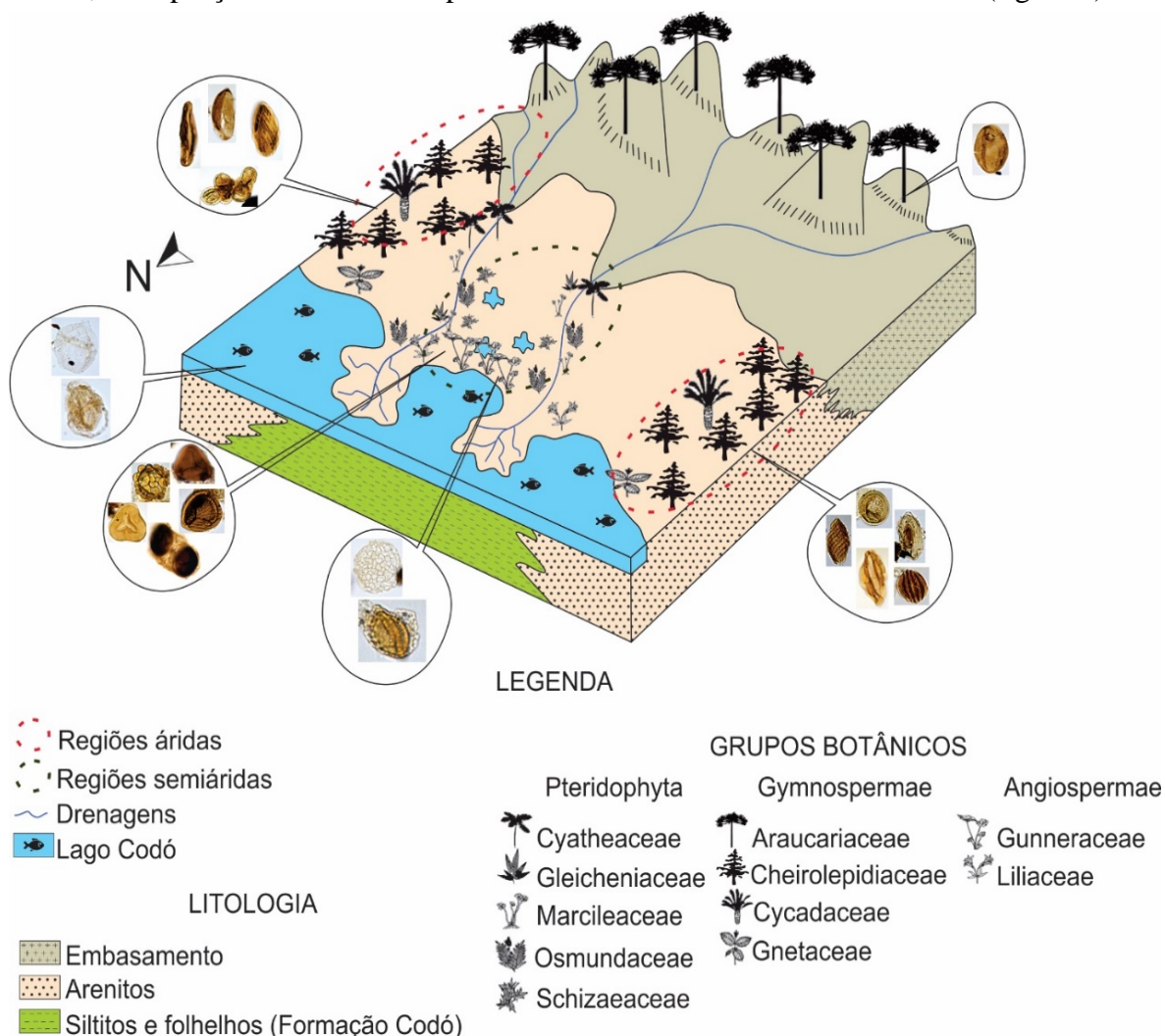


Figura 9 - Modelo deposicional da Formação Codó.

CONCLUSÕES

A partir dos dados palinológicos obtidos, foi possível dar inferência a respeito da idade relativa da Formação Codó e seu posicionamento bioestratigráfico, além de tecer considerações a respeito do paleoclima e do ambiente deposi-

cional da época.

A associação palinoflorística apresenta-se em bom estado de preservação, com uma rica e diversificada associação. A presença das espécies *Sergipea variverrucata*, *Equisetosporites*

maculosus e *Gnetaceaepollenites pentaplicatus* permitiu posicionar a seção no Aptiano superior. Foram identificadas as biozonas *Sergipea variverrucata* (P-270), a partir da ocorrência da espécie *S. variverrucata*, e *Complicatisaccus cearensis* (P-280), com base na extinção da *S. variverrucata* e na primeira ocorrência de *G. pentaplicatus*.

Os palinomorfos continentais dominam a associação, porém há evidências do início de incursões marinhas nas partes média e superior da sessão, dadas pela presença de dinoflagelados.

A presença da espécie *Maranhites brasiliensis*, ocorrendo com demais acritarcos neodevoonianos nos estratos da Formação Codó, atestam a ocorrência de retrabalhamento e evidenciam que rochas da Bacia do Parnaíba serviram de fonte na composição da parte inferior desta sequência.

O predomínio de *Classopollis*, juntamente com *Gnetaceaepollenites* e *Equisetospores*, indicam

um paleoclima quente e árido, com dois momentos semiáridos, evidenciados pelos picos de frequência de *Crybelosporites* e *Cicatricosisporites*. Estes picos ilustram a presença de redes de drenagens instaladas, capazes de transportar os sedimentos retrabalhados e os grãos de pólen referentes a vegetação de maiores altitudes, corroborado por *Araucariacites*, em paleolatitudes semelhantes a atual. Os períodos de maior aridez e salinidade são ilustrados nos picos de *Classopollis*, enquanto nos picos de *Afropollis* e dos esporos triletes, tem-se uma salinidade baixa e proximidade ao lago deposicional. As duas espécies caracterizam, também, que a área estava próxima a costa. A presença de tétrades indica que a vegetação se encontrava nas proximidades do local de deposição dos sedimentos.

A palinoflora caracteriza um paleoambiente flúvio-lacustre, pertencente a província palinoflorística *Dicheiropollis etruscus/Afropollis* e a assembleia microflorística Flora a *Afropollis*.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Recursos Humanos da ANP para o Setor de Petróleo, Gás Natural Biocombustíveis - PRH-ANP (PRH28.1), pelo financiamento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ANTONIOLI, L. & ARAI, M. O registro da Ecozona *Subtilisphaera* na Formação Codó (Cretáceo Inferior da Bacia do Parnaíba, Nordeste do Brasil): seu significado paleogeográfico. In: 6 SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 2002. São Pedro. Boletim...São Pedro: v. 6, 2002, p. 25-30.
- ANTONIOLI, L. & DINO, R. Análise palinoestratigráfica da Formação Codó Cretáceo Inferior da Bacia do Parnaíba, NE do Brasil. Paleontologia. **Cenários de Vida**, v. 2, p. 533-546, 2007.
- ANTONIOLI, L. **Estudo Palinocronoestratigráfico da Formação Codó – Cretáceo Inferior do Nordeste brasileiro**. Rio de Janeiro, 2001. Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2001.
- ANTONIOLI, L.; DINO, R.; PORTELA, H.A.; AMARAL, P.F. New Method of Rock Samples Preparation for Palynological Analysis. **Anuário do Instituto de Geociências da UFRJ**, v. 43, p. 339-345, 2004.
- ARAI, M. A transgressão marinha mesocretácea: sua implicação no paradigma da reconstituição paleogeográfica do Cretáceo no Brasil. In: 5 SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 1999. Rio Claro. Boletim...Rio Claro: v. 5, n. 1999, p. 577-582.
- ARAI, M. Paleogeografia do Atlântico Sul no Aptiano/Albiano (Eocretáceo): perspectiva paleontológica. **Brazilian Journal of Geology**, v. 44, p. 339-350, 2014.
- ARAI, M. Paleogeografia do Atlântico Sul no Aptiano: um novo modelo a partir de dados micropaleontológicos recentes. **Boletim de Geociências da PETROBRAS**, v. 17, n. 2, p. 331-351, 2009.
- ARAI, M.; HASHIMOTO, A. T.; UESUGUI, N. Significado cronoestratigráfico da associação microflorística do Cretáceo Inferior do Brasil. **Boletim de Geociências da Petrobras**, v. 3, n. 1/2, p. 87-103, 1989.
- BASTOS, L. P. H.; JAGNIECKI, E. A.; DOS SANTOS, W. H.; DA COSTA CAVALCANTE, D.; DE MENEZES, C. J.; ALFERES, C. L. F.; SILVA, D. B. N.; BERGAMASCHI, S.; RODRIGUES, R.; PEREIRA, E. Organic geochemical evidence for the transition of Aptian-Albian hypersaline environments into marine restricted seas: The South Atlantic oceanic northern gateway and its implications for the pre-salt deposits. **Marine and Petroleum Geology**, v. 140, p. 105632, 2022.
- BETTAR, I. & MÉON, H. Étude palynologique du passage Albien moyen-Albien supérieur du Bassin de Tarfaya (sud-ouest du Maroc) et nouvelles données sur La province Afro-Sud-Américaine. **Revue de Micropaléontologie**, v.44 n.2, p.107-123, 2001.
- CHANG, Y.M. Accuracy of fossil percentage estimation. **Journal of Paleontology**, p. 500-502, 1967.
- DINO, R. Algumas espécies novas de grãos de pólen do Cretáceo Inferior do Nordeste do Brasil. **Boletim de Geociências da Petrobras**, v. 8, n. 2, p.257-274, 1994.
- DINO, R. **Palinologia, bioestratigrafia e paleoecologia da Formação Alagamar-Cretáceo da bacia Potiguar, Nordeste do Brasil**. São Paulo, 300 p., 1992 Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo.
- DOYLE, J. A.; HOTTON, C. L.; WARD, J. V. Early Cretaceous tetrads, zonasulculate pollen, and Winteraceae. II. Cladistic analysis and implications. **American Journal of Botany**, v. 77, n. 12, p. 1558-1568, 1990.
- DOYLE, J.A.; JARDINÉ, S.; DOERENKAMP, A. *Afropollis*, a new genus of early angiosperm pollen, with notes on the Cretaceous palynostratigraphy and paleoenvironments of Northern Gondwana. **Bull. Cent. Rech. Explor. Prod. Elf-Aquitaine**, Pau, v. 6, n. 1, p. 39-117, 1982.
- DUARTE, S. G.; ARAI, M.; WANDERLEY, M. D. Significado paleoambiental da família Anemiaceae no Cretáceo do Brasil: inferências a partir de dados palinológicos. **Revista do Instituto Geológico**, v. 33, n. 2, p. 1-12, 2012.
- FERREIRA, N.; FERREIRA, E.P.; RAMOS, R.R.C., CARVALHO, I.S. Terrestrial and marine palynomorphs from

- deposits of the pull-apart rift of West Gondwana (Parnaíba Basin, northern Brazil): Biostratigraphy and relation to tectonic events. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 101, p. 102612, 2020.
- HEINE, C.; ZOETHOUT, J.; MÜLLER, R. D. Kinematics of the South Atlantic rift. **Solid Earth**, v. 4, n. 2, p. 215-253, 2013.
- HERNGREEN, G. F. W.; KEDVES, M.; ROVNINA, L.V.; SMIRNOVA, S.B. Cretaceous palynofloral provinces: a review. Palynology: principles and applications. **American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation**, v. 3, p. 1157-1188, 1996.
- KRASSILOV, V.A. Araucariaceae as indicators of climate and paleolatitudes. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 26, n. 1-4, p. 113-124, 1978.
- LEITE, J. F.; ABOARRAGE, A. M.; DAEMON, R. F. **Projeto carvão da Bacia do Parnaíba**. Relatório Final das Etapas II e III, DNPM/CPRM, 1975.
- LIMA, E.A.M. & LEITE, J.F. **Projeto estudo global dos recursos Minerais da Bacia sedimentar do Parnaíba. Integração geológico-metalogenética**. Relatório final. Etapa III, Recife. DNPM-CPRM, 1978.
- MAIZATTO, J. R., QUEIROZ NETO, J. V., PEDRÃO, E., BAHNIUK, A. Palinomorfos e ostracodes não-marinhos de afloramento da Formação Codó, Bacia do Parnaíba. **Paleontologia: Cenários de Vida**, v. 3, p. 367-377, 2011.
- MESNER, J.C. & WOOLDRIDGE, L.C. **Progress report, Maranhão basin study revision Petrobras**. Depex, Rio de Janeiro, 1962.
- MESNER, J. C. & WOOLDRIDGE, L.C. P. Maranhão Paleozoic basin and Cretaceous coastal basins, north Brazil. **AAPG Bulletin**, v. 48, n. 9, p. 1475-1512, 1964.
- PAGE, C. N. Araucariaceae. In: Kramer, K.U., Green, P.S. (eds) **Pteridophytes and Gymnosperms. The Families and Genera of Vascular Plants**, v. 1. Springer, Berlin, Heidelberg, p. 294-299, 1990.
- PEDRÃO, E. **Palinoestratigrafia e Evolução Paleoambiental de Rochas Sedimentares Aptianas-Cenomanianas das Bacias de Bragança-Viseu e São Luís (Margem Equatorial Brasileira)**. Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 215 p, 1995. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- PUEBLA, G.G.; PRÁMPARO, M.B.; GANDOLFO, M.A. Aquatic ferns from the Upper Cretaceous Loncoche formation, Mendoza, central-western, Argentina. **Plant systematics and evolution**, v. 301, n. 2, p. 577-588, 2015.
- RAMOS, M.I.F.; ROSSETTI, D.D.F.; PAZ, J.D.S. Caracterização e significado paleoambiental da fauna de ostracodes da Formação Codó (Neoptiano), leste da Bacia de Grajaú, MA, Brasil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 9, n. 3, p. 339-348, 2006.
- REGALI, M.S.P. & SANTOS, P.R.S. Palinoestratigrafia e geocronologia dos sedimentos albo-aptianos das Bacias de Sergipe e Alagoas-Brasil. In: 5 SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 1999. Rio Claro. **Boletim...**Rio Claro: v. 5, p. 411-419, 1999.
- REGALI, M. S. P. Evolução da paleoflora do Cretáceo brasileiro: palinologia. **Paleontologia: Cenários da vida**, v. 2, p. 575-587, 2007.
- REGALI, M. S. P. Evolução da Paleoflora no Cretáceo das Margens Equatorial e Nordeste do Brasil. **Revista Escola de Minas**, v. 42, n. 4, p. 17-33, 1989b.
- REGALI, M. S. P. O gênero *Afropollis*, Doyle, jardine et Doerenkamp, 1982 e sua distribuição no cretáceo do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 10, Rio de Janeiro. **Boletim...**Rio de Janeiro: p. 625-635, 1987a.
- REGALI, M. S. P. O gênero *Sergipea* e a sua estratigrafia no Eocretáceo do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 10, Rio de Janeiro, p. 615-624, 1987b.
- REGALI, M. S. P. Primeiros registros da transgressão neoptiana na margem equatorial brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 11, Curitiba, p. 275-293, 1989c.
- REGALI, M.S.P. & VIANA, C.F. **Sedimentos do Neojurássico – Eocretáceo do Brasil e a escala cronoestratigráfica internacional**. Rio de Janeiro, Editora Gávea: R. Redisch Progr. Visual Prof. Gráf. Editoração, 95 p, 1989.
- REGALI, M.S.P.; UESUGUI, N.; SANTOS, A.S. Palinologia dos sedimentos Meso-Cenozoicos do Brasil. **Boletim Técnico da Petrobrás**, v. 17, p. 263-301, 1974.
- REGALI, M.S.P. *Complicatisaccus cearensis*: uma palinozona do Eocretáceo do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 11, Curitiba, 1989. **Boletim...**Curitiba: p. 235-274, 1989a.
- REIS, M. A. F.; DINO, R.; PEREIRA, E.; ANTONIOLI, L. Dados palinológicos da Formação Marizal da Bacia do Recôncavo, Nordeste do Brasil. **Paleontologia: Cenários de Vida**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, v.2, p. 559-573, 2007.
- REZENDE, W. M. & PAMPLONA, H. R. P. Estudo do desenvolvimento do Arco Ferrer-Urbano Santos. Rio de Janeiro, **Boletim Técnico Petrobras**, v. 13, p. 5-14, 1970.
- RIOS-NETTO, A.M. & REGALI, M.S.P. Estudo bioestratigráfico, paleoclimático e paleoambiental do intervalo Alagoas (Cretáceo Inferior) da Bacia do Araripe, nordeste do Brasil (Poço 1-PS-11-CE). **Paleontologia: Cenários de Vida**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, v. 2, p. 479-488, 2007.
- RODRIGUES, R. & TAKAKI, T. Estratigrafia química da Formação Codó, Cretáceo inferior da Bacia do Parnaíba. In: 3º SEMINÁRIO SOBRE O CRETÁCEO NO BRASIL, 1994. Rio Claro. **Resumo Expandido...** Rio Claro: 1994, p. 115-117.
- ROSSETTI, D.F.; TRUCKENBRODT, W.; SANTOS JÚNIOR, A.E. Clima do Cretáceo no Meio-norte brasileiro. **O Cretáceo na Bacia de São Luís-Grajaú**. Belém, Museu Goeldi, p. 67-76, 2001.
- SCHRANK, E. Biostratigraphic importance of microfloras from the Late Cretaceous clastic series of northwestern Sudan. **Cretaceous Research**, v. 8, n. 1, p. 29-42, 1987.
- SILVA SANTOS, R. A paleoictiofauna da Formação Codó, Bacia do Parnaíba, NE do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 9, Fortaleza, 1985. **Boletim de resumos...**Fortaleza, 1985, p. 11, 1985.
- SILVA SANTOS, R. Ictiofauna da Formação Codó, Cretáceo inferior, com a descrição de um novo táxon-*Codoichthys carnivalii* (Pisces-Teleostei). **Anais da Academia brasileira de Ciências**, v. 66, n. 2, p. 131-144, 1994
- VAKHRAMEEV, V. A. Pollen *Classopollis*: Indicator of Jurassic and Cretaceous Climates. **The Palaeobotanist**, v. 28-29, p. 301-307, 1981.

Submetido em 14 de setembro de 2022

Aceito para publicação em 30 de novembro de 2022