SIGNIFICADO PALEOAMBIENTAL DA FAMÍLIA ANEMIACEAE NO CRETÁCEO DO BRASIL:
INFERÊNCIAS A PARTIR DE DADOS PALINOLÓGICOSSarah Gonçalves DUARTE
Mitsuru ARAI
Maria Dolores WANDERLEY

RESUMO

O presente trabalho discute o significado paleoambiental da Família Anemiaceae, a partir das associações palinológicas cretáceas que contêm esporos do gênero *Cicatricosisporites*, presentes em diversas bacias sedimentares brasileiras – Sanfranciscana, Parnaíba, Paraná, Almada e Pernambuco-Paraíba. Nas formações Areado e Codó, respectivamente das bacias Sanfranciscana e Parnaíba, a presença de palinomorfs terrestres, aliada à abundância de *Classopollis* em grãos isolados e em tetrade, indica deposição próxima à área-fonte em ambiente continental de clima árido e quente. A presença de *Cicatricosisporites*, porém sem representatividade estatística, sugere condições avessas a esse clima. Todavia, em algumas amostras da Formação Codó, observou-se a ausência de *Classopollis* e a presença abundante de triletes lisos e ornamentados – inclusive *Cicatricosisporites* – e de *Perotriletes*, o que sugere fases mais úmidas. No Grupo Bauru (Bacia do Paraná) apenas um exemplar de *Cicatricosisporites* foi registrado, em meio à abundância de grãos efedroides típicos de ambiente árido, e de triletes cingulados e zonados, indicadores de clima úmido, o que sugere uma sazonalidade no regime pluviométrico. Nas formações Urucutuca (Bacia de Almada) e Gramame (Bacia de Pernambuco-Paraíba), a presença de palinoforaminíferos e dinoflagelados indica deposição em ambiente marinho, embora grãos de origem continental também sejam encontrados. No caso da Formação Urucutuca, *Cicatricosisporites* foi o táxon mais abundante entre os palinomorfs continentais. Conclui-se que *Cicatricosisporites* pode ser indicador de ambiente moderadamente úmido, uma vez que ocorre frequentemente associado a esporos triletes lisos e ornamentados e *Perotriletes*. Porém, quando está associado a grãos indicadores de clima árido e seco, sua presença geralmente é estatisticamente insignificante.

Palavras-chave: Anemiaceae, *Cicatricosisporites*, Cretáceo, Brasil.

ABSTRACT

This paper discusses the paleoenvironmental value of the Family Anemiaceae from analyses of Cretaceous palynological assemblages containing spores belonging to the genus *Cicatricosisporites*. The analyzed samples are from Cretaceous units of several Brazilian sedimentary basins – Sanfranciscan Basin, Parnaíba Basin, Paraná Basin, Almada Basin and Pernambuco-Paraíba Basin. In the Areado and Codó formations, respectively from the Sanfranciscan and Parnaíba basins, the occurrence of terrestrial palynomorphs and abundant *Classopollis* pollen grains – isolated and in tetrads – indicates continental deposition close to the source area in a dry, hot climate. *Cicatricosisporites*, when not highly represented statistically in these formations, could suggest incompatibility with dry and hot conditions. However, some samples of the Codó Formation are characterized by the absence of *Classopollis* and the abundance of psilate and ornamented trilete spores – including *Cicatricosisporites* and *Perotriletes*. The latter suggests the existence of relatively humid periods with locally higher water availability. In the sample from the Bauru Group (Paraná Basin), only one

specimen of *Cicatricosisporites* was observed among abundant ephedroid pollen grains (indicating an arid environment) and zonate and cingulate trilete spores (indicating a humid environment). This may suggest seasonal alternation in rainfall. In the Urucutuca (Almada basin) and Gramame (Pernambuco-Paraíba Basin) formations, the presence of palynoforaminifera and dinoflagellate cysts indicates marine depositional conditions, although continental palynomorphs co-occur. In the Urucutuca Formation, *Cicatricosisporites* constitutes the most abundant of the continental palynomorphs. We conclude that *Cicatricosisporites* can indicate a moderately humid climate from its frequent association with psilate and ornamented trilete spores and with *Perotriletes*, which indicates local standing water. Furthermore, *Cicatricosisporites* has generally low quantitative representation, when it occurs in association with indicators of dry climate.

Keywords: Anemiaceae, *Cicatricosisporites*, Cretaceous, Brazil.

1 INTRODUÇÃO

A Família Anemiaceae pertence à ordem Schizaeales, classe Polypodiopsida, grupo das Monilófitas que, por sua vez, faz parte das Eufilófitas. Segundo RANKER & HAUFLE (2008), a Anemiaceae faz parte das samambaias esquizoides, consideradas irmãs das leptoesporangiadas – um grande clado composto por samambaias heterosporadas, arbustivas e polipoides. As samambaias esquizoides compreendem três cladogramas distintos morfologicamente e molecularmente e são reconhecidas como famílias distintas (Lygodiaceae, Schizaeaceae e Anemiaceae) em sua mais recente classificação (SMITH *et al.* 2006).

A família Anemiaceae, de acordo com SMITH *et al.* (2006), possui um único gênero, *Anemia*. *Cicatricosisporites* (esporo fóssil) é atribuído à Família Anemiaceae. O megafóssil mais antigo associado ao gênero *Anemia*, com estruturas férteis portando esporos, é *Pelletixia valdensis* (Seward) Watson & Hill, datado do Valanginiano, Eocretáceo. Megafósseis de eixos férteis, cujas folhas não são equivalentes às de *Anemia* (apenas seus esporos), também foram registrados (DETTMANN & CLIFFORD 1992).

Um megafóssil do Barremiano-Aptiano, *Pelletixia ameluensis* Skog, foi relacionado a *Anemia aurita* Swartz, sendo seus esporos consistentes com esta associação. Outro megafóssil importante encontrado no oeste da antiga União Soviética e datado do Albiano, *Ruffordia goeppertii* (Dunk.) Sew, foi associado a *Anemia*. Entretanto, seu registro de folhas não é atribuído a *Anemia*; apenas seus esporos são associados a *Anemia mexicana* (DETTMANN & CLIFFORD 1992).

Os grupos taxonômicos citados acima faziam parte de um grupo conhecido historicamente como “Pteridófitas”. Atualmente, esse termo está sendo retirado das classificações botânicas, devido aos avanços da sistemática filogenética, que tem demonstrado sua origem parafilética, ou seja, o ancestral comum mais recente destas plantas engloba também, em sua descendência, plantas pertencentes a outros grupos botânicos, como as espermatófitas (SMITH *et al.* 2006). O presente trabalho discute o significado paleoambiental da Família Anemiaceae, a partir das associações palinológicas cretáceas que contêm esporos do gênero *Cicatricosisporites*. Por esses esporos serem derivados de plantas que não são típicas de condições extremas (aridez extrema ou umidade extrema), as variações na característica morfológica e na representatividade dentro da associação palinológica podem indicar alterações sutis ocorridas em seu ambiente de vida.

2 CICATRICOSISPORITES E ANEMIA: CONSIDERAÇÕES GERAIS

2.1 O gênero *Cicatricosisporites*

O gênero de palinomorfo fóssil *Cicatricosisporites* é representado por esporos triletes com escultura cicatricosa, estriada a canaliculada, composta de um conjunto de muros ou cristas paralelas ou subparalelas (DETTMANN & CLIFFORD 1992) (Figura 1). Estas feições podem mesmo chegar a constituir cristas (JANSONIUS & HILLS 1976).

FIGURA 1 – *Cicatricosisporites* sp. com estrias paralelas (e). Per = perispório; Exe = exospório externo; Exi = exospório interno; End = endospório. Escala gráfica = 10 μ m.

Os esporos de *Cicatricosisporites* são do tipo isósporos (JANSONIUS & HILLS 1976), atribuídos a plantas vasculares sem sementes pertencentes ao gênero atual *Anemia* Sw. (família Anemiaceae, ordem Schizaeales) (SMITH *et al.* 2006). No sistema de classificação antigo (e.g., TRYON & TRYON 1982) este gênero estava incluído na família Schizaeaceae, ordem Schizaeales, que inclui três famílias: Lygodiaceae, Anemiaceae e Schizaeaceae. Segundo COLLINSON (1996), esta ordem tem registro desde o Jurássico. É um grupo monofilético e tem, como características principais: diferenciação do limbo fértil e estéril, ausência de soros bem definidos e presença em cada esporângio de um anulo transverso, subapical e contínuo (SMITH *et al.* 2006).

Mais de 100 espécies atuais estão incluídas no gênero *Anemia*, representado por plantas terrestres de rizoma rastejante a subereto que ostentam tricomas, folhas hemidimorfos ou dimorfos, veias livres, dicotômicas, ocasionalmente anastomosa-

das e esporângios usualmente em um par basal de pinas (às vezes, mais do que duas pinas, ou todas as pinas modificadas e férteis). Juntam-se ainda a essas características: pinas esclerotizadas altamente modificadas, pinas frequentemente eretas, 128 a 256 esporos por esporângio, (tetraédricos, com rígidas cristas paralelas) e gametófitos verdes e cordados superficiais (SMITH *et al.* 2006).

2.2 Características dos esporos atuais de *Anemia*

Em geral, o tamanho dos esporos de *Anemia* Sw. varia de 50 a 140 μ m. A parede dos grãos de *Anemia* estrutura-se em quatro camadas denominadas, da mais interna para a mais externa (Figura 1): endospório (camada formada de celulose, que não resiste à fossilização e à preparação palinológica), exospório interno (camada formada de esporopolenina), exospório externo (camada formada de esporopolenina, porém quimicamente menos estável que a do exospório) (PLAYFORD & DETTMANN 1996). O aspecto estriado dos grãos é dado pela sobreposição das dobras da parte superior do exósporo externo e do perispório (Figura 1).

A forma dos grãos de *Cicatricosisporites* (*Anemia*) pode ser globosa (Figura 2A), com ângulos proeminentes e prolongados ou levemente proeminentes, ou ainda, sem ângulos. A abertura é do tipo trilete com raios que variam de 1/2 a 3/4 do raio total dos grãos. A superfície pode apresentar cristas com espinhos (Figura 2B), grânulos (Figura 2C) ou báculas (Figura 2D). Estas cristas também podem ser ramificadas (Figura 2E) ou reticuladas (Figura 2F) que, por sua vez, podem ser rugosas (Figura 2G) ou papilosas (Figura 2H). Os grãos podem ainda apresentar estruturas semelhantes a uma quilha (Figura 2I), que se estendem dos ângulos na face distal. A estrutura destes esporos é basicamente formada por um exósporo de duas camadas, que forma o contorno, as cristas e as báculas. Este exósporo fica abaixo de um perispório, que se apresenta mais fino ou grosso, dependendo da espécie (PLAYFORD & DETTMANN 1996).

2.3 Ecologia e distribuição geográfica atual de *Anemia*

Para o melhor entendimento da distribuição paleogeográfica das plantas que originaram os grãos de *Cicatricosisporites* nas diversas bacias brasileiras e no mundo, faz-se necessário conhecer a ecologia e a distribuição das espécies atuais de *Anemia*.

FIGURA 2 – Alguns exemplos de tipos morfológicos de esporos de *Cicatricosisporites* e afins (*Anemia*). A - *Cicatricosisporites dorogensis* Potonié & Gelletich, forma globosa (Formação Itaquaquetuba, Bacia de São Paulo, Lâmina 96*); B - *Nodosisporites macrobaculatus* Archangelsky & Llorens, superfície apresenta cristas com espinhos (Formação Itaquaquetuba, Bacia de São Paulo, Lâmina 96*); C - *Cicatricosisporites* sp., superfície apresenta cristas com grânulos (Formação Gramame, Lâmina 47); D - *Nodosisporites macrobaculatus* Archangelsky & Llorens, superfície apresenta cristas com báculos (Formação Itaquaquetuba, Bacia de São Paulo, Lâmina 61*); E - *Cicatricosisporites* sp., cristas ramificadas (Formação Itaquaquetuba, Bacia de São Paulo, Lâmina 75*); F - *Costatoperforosporites paradorogensis* (Krutzsch) Davies, cristas reticuladas (Formação Itaquaquetuba, Bacia de São Paulo, Lâmina 96*); G - *Costatoperforosporites paradorogensis* (Krutzsch) Davies, cristas reticuladas rugosas (Formação Itaquaquetuba, Bacia de São Paulo, Lâmina 96*); H - *Cicatricosisporites dorogensis* Potonié & Gelletich, cristas reticuladas papilosas (Formação Tremembé, Lâmina 72*) e I - *Cicatricosisporites purbeckensis* Norris, cristas com estruturas semelhantes a quilhas, que se estendem dos ângulos na face distal (Formação Codó, Lâmina 13). Escala gráfica = 20 μm. OBS.: as lâminas assinaladas com asteriscos (*), igualmente pertencentes ao acervo da BPA (PETROBRAS), foram estudadas pela primeira autora (DUARTE 2011), mas não foram objeto de estudo deste artigo.

Anemia Sw. é um gênero principalmente de habitats abertos e locais bem drenados. No continente americano, este gênero cresce em bancos de ravinas, bordas de córregos, encostas arbustivas, afloramentos de rochas e pequenas falésias. Pode, às vezes, crescer em savanas e, menos frequentemente, em florestas abertas ou úmidas. Ela também pode ser encontrada em terrenos calcários erodidos e solos calcários, ou ainda, em solos arenosos e áreas onde tenha ocorrido queimada. O gênero *Anemia* desenvolve-se desde o nível do mar até a altitude de 500 m nas Índias Ocidentais (região do Caribe), 1.000 m na América Central e 2.000 m - raramente até 3200 m - nos Andes (TRYON & TRYON 1982).

Anemia é um gênero pioneiro dos trópicos americanos, onde 80% de suas espécies se de-

senvolvem (Figura 3). Nove espécies ocorrem na África-Madagascar, uma no sudeste da Índia e uma no sul da África. Existem três centros de diversidade e de endemismo dessas espécies (TRYON & TRYON 1982): México e América Central (21 espécies, cerca da metade endêmica) e o centro e sudeste do Brasil (33 espécies, cerca de 3/4 endêmicas).

De acordo com a lista de espécies da “Flora do Brasil” (JBRJ 2010), a distribuição geográfica do gênero *Anemia* abrange todas as regiões brasileiras (Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul), em um total de 69 espécies (40 endêmicas). Estes dados complementam as informações de TRYON & TRYON (1982), que registram *Anemia* apenas no centro e no sudeste do Brasil.

FIGURA 3 – Mapa de distribuição das espécies de *Anemia* atuais (pontos amarelos). Fonte: DISCOVER LIFE (2011).

2.4 Paleoeologia e distribuição paleogeográfica de *Anemia*

O entendimento da distribuição paleogeográfica e da paleoeologia de *Anemia* tem sido mais beneficiado, em relação a outros táxons vegetais, pelo registro geológico de megafósseis e microfósseis (esporos) (DETTMANN & CLIFFORD 1992).

Conforme esses autores, o registro de *Anemia* iniciou-se durante o Mesojurássico no extremo norte do Gondwana e extremo sul da Laurásia, adjacentes ao então embrionário Oceano Atlântico Norte (Figura 4A). A partir do início da abertura

deste oceano surgiu uma faixa vegetacional com a presença de *Anemia*, que se expandiu e diversificou entre as latitudes médias de Laurásia durante o Neojurássico (Figura 4B). A sua proliferação no Hemisfério Sul ocorreu durante o Eocretáceo, quando o gênero teve uma nova distribuição no mundo. Não se descarta a possibilidade, no entanto, dessa expansão ter ocorrido já no Jurássico, como mostra o trabalho recente de ARAI (2011), que registrou uma microflora relativamente rica em *Cicatricosisporites* no Jurássico da Bacia do Araripe (formações Missão Velha e Brejo Santo).

Embora representado em todas as zonas climáticas do Eocretáceo, os níveis de diversidade

foram mais altos nas latitudes médias e altas da Laurásia (Figura 4C). Durante e após o Neocretáceo, a distribuição de *Anemia* retraiu-se progressivamente; primeiro, na área Australiana-Antártica, e depois, no Paleógeno, nas áreas florestadas de altas latitudes da América do Sul, América do Norte, Europa e Ásia (Figura 4E). Durante o Neógeno, *Anemia* sofreu uma retração nas latitudes médias e altas, mas persistiu na Europa e na Ásia no Neomio-

ceno (Figura 4F). A retração para a atual distribuição na América tropical, África e sudeste da Índia coincidiu com o declínio das temperaturas do planeta e as profundas mudanças vegetacionais na Europa e na Ásia (DETTMANN & CLIFFORD 1992).

Verifica-se, portanto, que o gênero *Anemia* tem uma história que se estende desde o Mesojurássico e se distribuiu por quase todo o mundo, concentrando-se nas médias e altas latitudes do

FIGURA 4 – Mapas paleogeográficos que mostram a sequência de surgimento e distribuição temporal e espacial de *Anemia* desde o Mesojurássico até o Presente. As regiões hachuradas representam as ocorrências de “*Anemia* fóssil” e/ou *Cicatricosisporites*. Modificada de DETTMANN & CLIFFORD (1992) com adição de dados do Neojurássico de ARAI (2011) e do Neógeno de REGALI *et al.* (1974). Os triângulos negros representam as ocorrências mais antigas de *Cicatricosisporites* (A), *Plicatella* (B), *Appendicisporites/Nodosisporites* (C). Também estão indicadas nos mapas as zonas vegetacionais.

hemisfério norte. A retração, que culminou na distribuição atual, começou no Neocretáceo e foi acelerada durante o Neógeno e Quaternário.

Em relação aos aspectos ecológicos, as evidências fósseis sugerem que *Anemia* ocupou no passado habitats similares aos de hoje (DETTMANN & CLIFFORD 1992). Tais evidências são fornecidas principalmente por outros palinomorfos (esporos e grãos de pólen), indicadores de paleoclima. Além disso, a preferência pelo clima tropical é exatamente igual à observada atualmente.

A vegetação predominante nas áreas onde se iniciou a distribuição de *Anemia* no Mesocretáceo era caracterizada por coníferas das famílias Cheirolepidiaceae (*Classopollis*) e Araucariaceae (REYRE 1973). Membros da família Pinaceae provavelmente teriam coexistido com essa vegetação (DETTMANN & CLIFFORD 1992).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras estudadas provieram de unidades cretáceas de cinco bacias sedimentares brasileiras, de modo que o Cretáceo brasileiro ficasse bem representado: Sanfranciscana (Formação Areado, Aptiano inferior - 5 lâminas), Parnaíba (Formação Codó, Aptiano superior - 21 lâminas), Paraná (Formação São Carlos *sensu* CASTRO *et al.* 2002, Grupo Bauru, Coniaciano - Santoniano - 1 lâmina), Almada (Formação Urucutuca, Maastrichtiano - 11 lâminas) e Pernambuco-Paraíba (Formação Gramame, Maastrichtiano - 15 lâminas) (Apêndice).

A maioria das amostras estudadas foi coletada em afloramento por geólogos de várias instituições (Petrobras, UFPA, UFRJ, UNESP e USP) durante os últimos 15 anos. As lâminas palinológicas pertencem ao Laboratório de Bioestratigrafia e Paleoecologia da Petrobras (BPA-CENPES-PETROBRAS).

3.1 Preparação das amostras

As amostras foram submetidas a preparações paleopalinológicas no Laboratório de Preparação Palinológica da BPA (CENPES-PETROBRAS), segundo procedimento-padrão (UESUGUI 1979), com ácidos clorídrico, fluorídrico e nítrico.

3.2 Identificação, caracterização e contagem das espécies de *Cicatricosisporites* e dos grãos cicatricosos afins

Uma extensa pesquisa sobre *Cicatricosisporites* foi realizada na literatura internacional, a partir da con-

sulta de artigos, livros e outras publicações. A partir das fotomicrografias da literatura, montou-se um catálogo das imagens das espécies de *Cicatricosisporites* e de grãos cicatricosos afins, com o objetivo de auxiliar a identificação dos grãos durante a análise palinológica. As espécies foram identificadas, registradas e contadas; os dados quantitativos foram lançados em planilha Excel para análise das associações por meio de diagramas de frequência (Figuras 5 e 6). As características morfológicas de cada morfoespécie de *Cicatricosisporites* e afins identificadas foram correlacionadas com espécies formais descritas na literatura.

O estudo foi ainda complementado com a comparação morfológica dos esporos de espécies viventes com hábitos ecológicos bem conhecidos, visando estabelecer significados paleoecológicos para determinadas espécies fósseis.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO: ASSOCIAÇÃO PALINOLÓGICA E INTERPRETAÇÃO PALEOECOLÓGICA

Grãos oriundos de vegetação terrestre identificados nas amostras da Formação Areado, evidenciam deposição em ambiente continental. O grupo mais abundante é o de grãos de pólen de coníferas Cheirolepidiaceae (*Classopollis*), indicativo de clima árido e quente. Os grãos de *Cicatricosisporites* ocorrem geralmente em quantidade bem inferior à de *Classopollis*. A presença de tétrades de *Classopollis* (lâmina 5, figura 5A) sugere deposição próxima à área-fonte.

A predominância de grãos oriundos de vegetação terrestre nas amostras da Formação Codó também evidencia deposição em ambiente continental. De modo geral, *Classopollis* representa o grupo mais abundante (Figura 5B), enquanto *Cicatricosisporites* constitui apenas um grupo minoritário. A presença de tétrades de *Classopollis* indica também possível proximidade da área-fonte. A amostra 22 (Figura 5C) é particularmente interessante por apresentar *Perotriletes* como um dos componentes mais abundantes, o que indica disponibilidade de água em caráter local. Os esporos do tipo *Perotriletes* são considerados derivados de plantas de habitat associado às margens de rios e lagos. Por outro lado, *Classopollis* é ausente em certas amostras, enquanto triletes ornamentados, lisos e cingulados, ocorrem em abundância, o que pode indicar ocorrência de fases mais úmidas na época de deposição.

FIGURA 5 – Espectros palinológicos das amostras representativas do Cretáceo Inferior. A - Formação Areado (Lâmina 5), Aptiano Inferior, e Formação Codó (B - lâmina 20 e C - lâmina 22), Aptiano Superior. Eixo vertical = contagem absoluta de espécimes em cada lâmina.

Convém lembrar a existência de camadas marinhas, tanto na Formação Areado (KATTAH 1991) como na Formação Codó (ANTONIOLI 2001, ROSSETTI *et al.* 2001). A ausência de *Cicatricosisporites* nos níveis com evidências marinhas sugere que as plantas do tipo *Anemia* não prosperaram durante os máximos da Transgressão Aptiana.

Na amostra da Formação São Carlos (Grupo Bauru) observa-se abundância de grãos efedroides -

indicativos de ambiente árido - e de esporos triletes cingulados e zonados que, ao contrário, indicam ambiente úmido. Isso poderia ser explicado pela alternância sazonal no regime pluviométrico. Registrou-se apenas um único exemplar de *Cicatricosisporites* na amostra (Figura 6A). Assim, o dado pode não ser representativo para toda a Formação São Carlos. Mas o registro é importante, já que se trata, até o momento, da única ocorrência de *Cicatricosisporites* no Cretáceo da Bacia do Paraná.

FIGURA 6 – Espectros palinológicos das amostras representativas do Cretáceo Superior. A - Formação São Carlos (Grupo Bauru – lâmina 27), Coniaciano – Santoniano; B - Formação Urucutuca (lâmina 33), Maastrichtiano; C - Formação Gramame (lâmina 39), Maastrichtiano. Eixo vertical = contagem absoluta de espécimes em cada lâmina.

Em várias amostras da Formação Urucutuca observou-se a presença de palinoforaminíferos e/ou dinoflagelados indicativos de deposição marinha, embora algumas revelassem apenas palinomorfs continentais. Esta constatação é compatível com as evidências encontradas no afloramento amostrado, que revela fácies heterolíticas com notáveis estruturas sedimentares relacionadas a marés. Em alguns casos (e.g., lâmina 33), *Cicatricosisporites* constitui o grupo de palinomorfs terrestres mais abundante (Figura 6B).

A presença abundante de palinoforaminíferos e/ou dinoflagelados em todas as lâminas da Formação Gramame indica deposição em ambiente francamente marinho. *Cicatricosisporites* representa o grupo de palinomorfs terrestres mais abundante em algumas lâminas, perdendo apenas para os palinomorfs marinhos (Figura 6C).

Estas constatações demonstram que, ao contrário da época da Transgressão Aptiana, a influência marinha do Maastrichtiano não coibiu o desenvolvimento de Anemiaceae em terras adjacentes.

5 CONCLUSÕES

A incompatibilidade de *Cicatricosisporites* com a aridez extrema é confirmada neste trabalho e está coerente com a natureza pteridofítica da família Anemiaceae. Por outro lado, a família Anemiaceae parece preferir habitat menos úmido que aqueles onde prosperam, preferencialmente, as plantas produtoras de outros tipos de esporos triletes (lisos, ornamentados, cingulados, etc.). Isto é compatível com o hábito de muitas espécies atuais de *Anemia*, que preferem solos bem drenados. Essa interpretação é também corroborada pelo fato de *Anemia* estar praticamente ausente nas florestas equatoriais úmidas – Amazônica e Equatorial da África (Figura 3). Segundo dados paleopalínológicos (e.g., COLINVAUX *et al.* 1999, SILVA-CAMINHA *et al.* 2010), *Anemia* já era praticamente ausente na Amazônia desde o Neógeno.

A ausência de *Cicatricosisporites* em camadas aptianas marinhas sob influência hipersalina, se não decorrente de viés de preservação, abre a possibilidade para a incompatibilidade de Anemiaceae a estes paleoambientes.

6 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos editores e relatores da Revista do Instituto Geológico pelas sugestões e críticas que permitiram aperfeiçoar significativamente o presente artigo.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTONIOLI, L. 2001. Estudo palinocronoestratigráfico da Formação Codó - Cretáceo Inferior do nordeste brasileiro. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Tese de Doutorado, 265 p.
- ARAI, M. 2011. Palinoflora jurássica da Bacia do Araripe (Formações Missão Velha e Brejo Santo do poço 2-AP-1-CE). In: I.S. Carvalho *et al.* (eds.) Paleontologia: Cenários de Vida. Editora Interciência, Rio de Janeiro, 3, p. 357-366.
- CASTRO, J.C.; DIAS-BRITO, D.; ARAI, M.; RODRIGUES, R.; MUSACCHIO, E.A. 2002. Formação São Carlos: uma nova unidade para o grupo Bauru (Cretáceo Continental do Brasil). In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 6, São Pedro, *Boletim*, 351-357.
- COLINVAUX, P.; OLIVEIRA, P.E.; MORENO PATIÑO, J.E. 1999. Amazon pollen manual and atlas. Harwood Academic Publishers, Amsterdam, 397 p.
- COLLINSON, M.E. 1996. "What use are fossil ferns?" – 20 years on: with a review of the fossil history of extant pteridophyte families and genera. In: J.M. Camus, M. Gibby, R.J. Johns (eds.) Pteridology in Perspective. Royal Botanic Gardens, Kew, p. 349-394.
- DETTMANN, M.; CLIFFORD, T. 1992. Phylogeny and biography of *Ruffordia*, *Mohria* and *Anemia* (Schizaeaceae) and *Ceratopteris* (Pteridaceae): evidence from in situ and dispersed spores. *Alcheringa*, 16: 269-314.
- DISCOVER LIFE. 2011. Global Mapper. Athens, Disponível em: <http://www.discoverlife.org/nh/maps/Plantae/Pteridophyta/Anemiaceae/Anemia>. Acessado em 28/jun./2011.
- DUARTE, S.G. 2011. História geológica e mudanças morfológicas nos esporos fósseis do tipo *Cicatricosisporites*, família Anemiaceae das bacias brasileiras desde o Mesozóico até o atual. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 374 p., 9 apêndices, 2 anexos.

- JANSONIUS, J.; HILLS, L. 1976. Genera file of fossil spores and pollen. Alberta, Special publication, Department of Geology, University of Calgary, Canada, 4189 p.
- JBRJ – JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO. 2010. Lista de espécies da flora do Brasil. Versão 2010. Disponível em <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2010>. Acessado em 4/jul./2011.
- KATTAH, S. 1991. Análise faciológica e estratigráfica do Jurássico Superior/Cretáceo Inferior na porção meridional da Bacia Sanfranciscana, oeste do Estado de Minas Gerais. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Dissertação de Mestrado, 227 p.
- PLAYFORD, G.; DETTMANN, M. 1996. Chapter 8. Spores. In: J. Jansonius & D. C. McGregor (eds.) Palynology: principles and applications. 2a ed. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, Dallas, 1, p. 227-260.
- RANKER, T.A.; HAUFLE, C.H. 2008. Biology and evolution of ferns and lycophytes. Cambridge University Press, Cambridge, 480 p.
- REGALI, M.S.P.; UESUGUI, N.; SANTOS, A.S. 1974. Palinologia dos sedimentos mesoceno-zóicos do Brasil. *Boletim Técnico da Petrobrás*, 17(4): 263-301.
- REYRE, Y. 1973. Palynologie Du Mesozoïque saharien. *Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle*, ser. C, 27: 1-284.
- ROSSETTI, D.F.; GÓES, A. M.; ARAI, M. 2001. A passagem Aptiano-Albiano na Bacia do Grajaú, MA. In: D.F. Rossetti, A.M. Góes, W. Truckenbrodt (eds.) O Cretáceo na Bacia de São Luís-Grajaú. Belém, MPEG Editoração, p. 101-117 (Coleção Friedrich Katzer).
- SILVA-CAMINHA, S.A.F.; JARAMILLO, C.A.; ABSY, M.L. 2010. Neogene palynology of the Solimões Basin, Brazilian Amazonia. *Palaeontographica Abteilung B: Palaeobotany-Palaeophytology*, 283(1-3): 1-67.
- SMITH, A.R.; KATHLEEN, M.P.; SCHUETTPELTZ, E.; KORALL, P.; SCHNEIDER, H.; WOLF, P.G. 2006. A Classification of extant ferns. *Taxon*, 55(3): 705-731.
- TRYON, R.; TRYON, A. 1982. Ferns and allied plants with special reference to Tropical America. Springer-Verlag, New York, 1ª ed., 857 p.
- UESUGUI, N. 1979. Palinologia: técnicas de tratamento de amostras. *Boletim Técnico da Petrobrás*, 22(4): 229-240.

Endereço dos autores:

Sarah Gonçalves Duarte e Maria Dolores Wanderley - Instituto de Geociências/UFRJ, CCMN, Departamento de Geologia, Av. Athos da Silveira Ramos, 274, CEP 21.941-916, Rio de Janeiro, RJ. E-mails: sarahpalino@yahoo.com.br; doloreswanderley@msn.com

Mitsuru Arai - Petrobras/CENPES/PDGeo/BPA, Av. Horácio Macedo, 950, Prédio 20, CEP 21.941-915, Rio de Janeiro, RJ. E-mails: arai@petrobras.com.br; mitsuru.arai@gmail.com

Artigo submetido em 27 de dezembro de 2012, aceito em 13 de julho de 2013.

Apêndice

Listagem das lâminas analisadas

Bacia Sanfranciscana - Formação Areado - Aptiano inferior

- Lâmina 1 - Amostra FSJ-1 Jusante, Amostra de superfície (9406962).
- Lâmina 2 - Amostra FSJ-6, Amostra de superfície (9406944).
- Lâmina 3 - Amostra FSJ-10, Amostra de superfície (9406948).
- Lâmina 4 - Amostra FSJ-11, Amostra de superfície (9406949).
- Lâmina 5 - Amostra FSJ-13, Amostra de superfície (9406952).

Bacia do Parnaíba - Formação Codó - Aptiano superior

- Lâmina 6 - Amostra 3-CD-140 (9900342).
- Lâmina 7 - Amostra CD-1-2 Amostra de superfície (9900229A).
- Lâmina 8 - Amostra CD-4 Amostra de superfície (9900230A).
- Lâmina 9 - Amostra CD-6-1-2 Amostra de superfície (9900231A).
- Lâmina 10 - Amostra CD-40 Amostra de superfície (9900342A).
- Lâmina 11 - Amostra CD-130 Amostra de superfície (9900234).
- Lâmina 12 - Amostra CD-130 Amostra de superfície (9900234A).
- Lâmina 13 - Amostra CD-131 Amostra de superfície (9900235).
- Lâmina 14 - Amostra CD-171 Amostra de superfície (9902826).
- Lâmina 15 - Amostra CD-181 Amostra de superfície (9902828).
- Lâmina 16 - Amostra CD-204 Amostra de superfície (9902831-0 ou 8).
- Lâmina 17 - Amostra CD-204 Amostra de superfície (9902831A).
- Lâmina 18 - Amostra CD-214 Amostra de superfície (9902833).
- Lâmina 19 - Amostra CD-214 Amostra de superfície (9902833A).
- Lâmina 20 - Amostra CD-218 Amostra de superfície (9902834).
- Lâmina 21 - Amostra CD-218 Amostra de superfície (9902834A).
- Lâmina 22 - Amostra CD- 328 Ponto A do afloramento (0101122).
- Lâmina 23 - Amostra CD-332 Ponto B do afloramento (0101125).
- Lâmina 24 - Amostra CD-332 Ponto D do afloramento (0101121).
- Lâmina 25 - Amostra CD-336 Amostra de superfície (0101126).
- Lâmina 26 - Amostra CD-340 Ponto A do afloramento (0101127).

Bacia do Paraná - Grupo Bauru – Coniaciano/Santoniano

- Lâmina 27 - Amostra UNESP-6 (0101120).

Bacia de Almada - Formação Urucutuca - Maastrichtiano

- Lâmina 28 - Amostra Ponto-2, concreção (200302043).
- Lâmina 29 - Amostra Ponto-2, clasto de folhelho (200302044).
- Lâmina 30 - Amostra Ponto-3, folhelho intercalado (2003302046).
- Lâmina 31 - Amostra Ponto-3, folhelho caído (200302047).
- Lâmina 32 - Amostra Ponto-3, base do folhelho (200302048).
- Lâmina 33 - Amostra Ponto-4, debris (2003020049).
- Lâmina 34 - Amostra Ponto-4, clasto (200302050).
- Lâmina 35 - Amostra Ponto-6, camada inferior do afloramento (200302051).
- Lâmina 36 - Amostra Ponto-6, nível com *Condrites* (200302052).
- Lâmina 37 - Amostra Ponto-6, nível superior do afloramento (200302053).
- Lâmina 38 - Amostra Ponto-8, sinclinal- 1 (200302055).

Bacia de Pernambuco-Paraíba - Formação Gramame - Maastrichtiano

- Lâmina 39 - Amostra Pedreira Poty, ponto-I, IGCP (9701204).
- Lâmina 40 - Amostra Pedreira Poty, ponto-I, IGCP (9701204A).
- Lâmina 41 - Amostra Pedreira Poty, ponto-I, IGCP-60 (9701204).

- Lâmina 42 - Amostra Pedreira Poty, IGCP-2, lâmina 1 (9701205).
- Lâmina 43 - Amostra Pedreira Poty, IGCP-2, lâmina 2 (9701205).
- Lâmina 44 - Amostra Pedreira Poty, IGCP-60 (9701207).
- Lâmina 45 - Amostra Pedreira Poty, ponto-II, IGCP-60 (9701207).
- Lâmina 46 - Amostra Pedreira Poty, ponto-II. 1c (9501777).
- Lâmina 47 - Amostra Pedreira Poty, ponto-II. 2 (9501778k).
- Lâmina 48 - Amostra Pedreira Poty, ponto - V.1 (9501781).
- Lâmina 49 - Amostra Pedreira Nassau, 5 m abaixo da camada de calcário, ponto-2, amostra de superfície (9200686).
- Lâmina 50 - Amostra Pedreira Nassau, Ponto-3 (9200687).
- Lâmina 51 - Amostra Pedreira Nassau, Ponto-3, lâmina A (9200687).
- Lâmina 52 - Amostra 6-PF, amostra de superfície (9100261).
- Lâmina 53 - Amostra P-14, 5-CP-2, amostra de superfície, lâmina A (9200698).