

REVISÃO DA PALEOFLORA DAS FORMAÇÕES MISSÃO VELHA, CRATO E ROMUALDO, BACIA DO ARARIPE, NORDESTE DO BRASIL

Flaviana Jorge de Lima¹
Antonio Álamo Feitosa Saraiva²
Juliana Manso Sayão³

¹Programa de Pós-Graduação em Geociências, Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). *flavianajorge@gmail.com*

²Laboratório de Paleontologia da Universidade Regional do Cariri (URCA). *alamocariri@yahoo.com.br*

³Laboratório de Biodiversidade do Nordeste (BIONE), Centro Acadêmico de Vitória (CAV), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). *jmsayao@gmail.com*

RESUMO

A Bacia do Araripe conhecida mundialmente pelos seus fósseis apresenta excelente e bem diversificado registro de fauna e flora. Com a crescente publicação de novos achados paleobotânicos na Bacia do Araripe, apresenta-se aqui, uma síntese de toda a paleoflora descrita, até o momento, fornecendo suas informações diagnósticas. A paleoflora da bacia é abundante, variada e dominada por coníferas, contém também algumas licopsidas, pteridófitas, gnetaleanas e vegetais de afinidade desconhecida, incluindo angiospermas. As gimnospermas, angiospermas, fetos e outros componentes menos abundantes como licófitas e esfenófitas compõem a paleoflora do Araripe, sendo as gimnospermas o grupo mais abundante. De acordo com os registros, a Formação Crato (Cretáceo) possui o maior número de descrições além de ser bem mais diversificada que as Formações Missão Velha (Jurássico) e Romualdo (Cretáceo).

Palavras chave: Registro, paleoflora, Missão Velha, Crato, Romualdo.

ABSTRACT

The Araripe Basin is known worldwide for its excellent and well presented fossil record of diverse flora and fauna. With the increase of the number of publications of new findings in paleobotanical Araripe Basin, it is presented here a summary of all paleoflora described so far, providing their diagnostic information. The paleoflora basin is abundant, varied and dominated by conifers, also contains some lycopsids, ferns, and plants gnetaleanas unknown affinity, including angiosperms. The gymnosperms, angiosperms, ferns and other less abundant components such as lycophyta and sphenophytes compose the paleoflora of the Araripe Basin, with the gymnosperms representing the most abundant group. According to records, the Crato Formation (Cretaceous) has the largest number of descriptions added to a much more diversity than the Missão Velha (Jurassic) and Romualdo (Cretaceous) Formations.

Keywords: Record, paleoflora, Missão Velha, Crato, Romualdo.

INTRODUÇÃO

A Bacia Sedimentar do Araripe, conhecida mundialmente pelos seus fósseis, possui um excelente e bem diversificado registro de fauna e flora, representado por crustáceos, insetos, peixes, quelônios, crocodilomorfos, pterossauros, dinossauros e vegetais (ver Maisey, 1991). A paleoflora do Araripe representa importante registro fossilífero de gimnospermas e angiospermas. O período Mesocretáceo, idade em que parte dos sedimentos da bacia se depositaram, corresponde ao momento em que as angiospermas estavam se diversificando (Mohr & Friis, 2000).

O primeiro registro paleobotânico na Bacia do Araripe relata a ocorrência de troncos silicificados na Formação Missão Velha (Neojurássico). Já foi proposto que corresponderiam a uma exuberante floresta de gimnospermas (Beurlen, 1963; Braun, 1966). Diversos autores vêm relatando novas ocorrências desse material (Viana & Cavalcanti, 1989; 1991; Freitas et al., 2008), inserindo-os no contexto geológico, identificando-os taxonomicamente (Freitas et al., 2008).

As ocorrências eocretácicas de vegetais fósseis estão representadas por ramos folhosos de gimnospermas com duas espécies do gênero *Brachyphyllum* (Brongniart, 1822), *B. obesum* Heer (1881) e *B. castilhoi* Duarte (1985); e folhas destacadas da espécie *Podozamites lanceolatus* (Lindley & Hutton, 1836), referidas como pertencentes à família Podozamitaceae. Além dessas, existem também angiospermas registradas, como *Nymphaeites choffati* (Saporta) Teixeira e *Choffatia francheti* Saporta de posição taxonômica desconhecida (Bernardes de Oliveira et al., 2002). Destas, *P. lanceolatus* e *B. castilhoi* foram

encontradas na Formação Romualdo enquanto as demais foram descritas para a Formação Crato. Diversos macrofósseis de vegetais foram brevemente registrados durante as décadas de 80 e 90 do século passado. Apenas a partir do ano 2000 as descrições se tornaram mais completas (Mohr & Friis, 2000; Mohr & Rydin, 2002; Rydin et al., 2003; Mohr & Eklund, 2003; Mohr & Bernardes de Oliveira, 2004; Dilcher et al., 2005; Fanton et al., 2006a, 2006b; Mohr et al., 2006, 2008; Kunzmann et al., 2004, 2006, 2007, 2009 e 2011).

Com a crescente publicação de novos achados paleobotânicos na Bacia do Araripe, apresenta-se aqui, uma síntese de toda a paleoflora descrita, até o momento, fornecendo suas informações diagnósticas.

CONTEXTO GEOLÓGICO

A Bacia do Araripe localizada entre os estados do Ceará, Piauí e Pernambuco (Fig. 1). É uma das mais importantes bacias interiores do Nordeste do Brasil, principalmente por apresentar um jazigo fossilífero cretácico do tipo *Konservat Lagerstätte* (Vila Nova et al., 2011).

A primeira proposição estratigráfica para esta bacia foi feita por Small (1913) durante os primeiros trabalhos geológicos na região. Porém, nos últimos anos, sua estratigrafia tem sofrido subsequentes mudanças conforme Beurlen (1962, 1971), Mabesoone & Tinoco (1973), Assine (1990, 1994, 2007), Brito Neves (1990), Ponte & Appi (1990), Ponte & Ponte Filho (1996), Neumann & Cabrera (1999), Viana & Neumann (2002), Valença et al. (2003) e Martill et al. (2007). Aqui é utilizada a proposta de Neumann & Cabrera (1999).

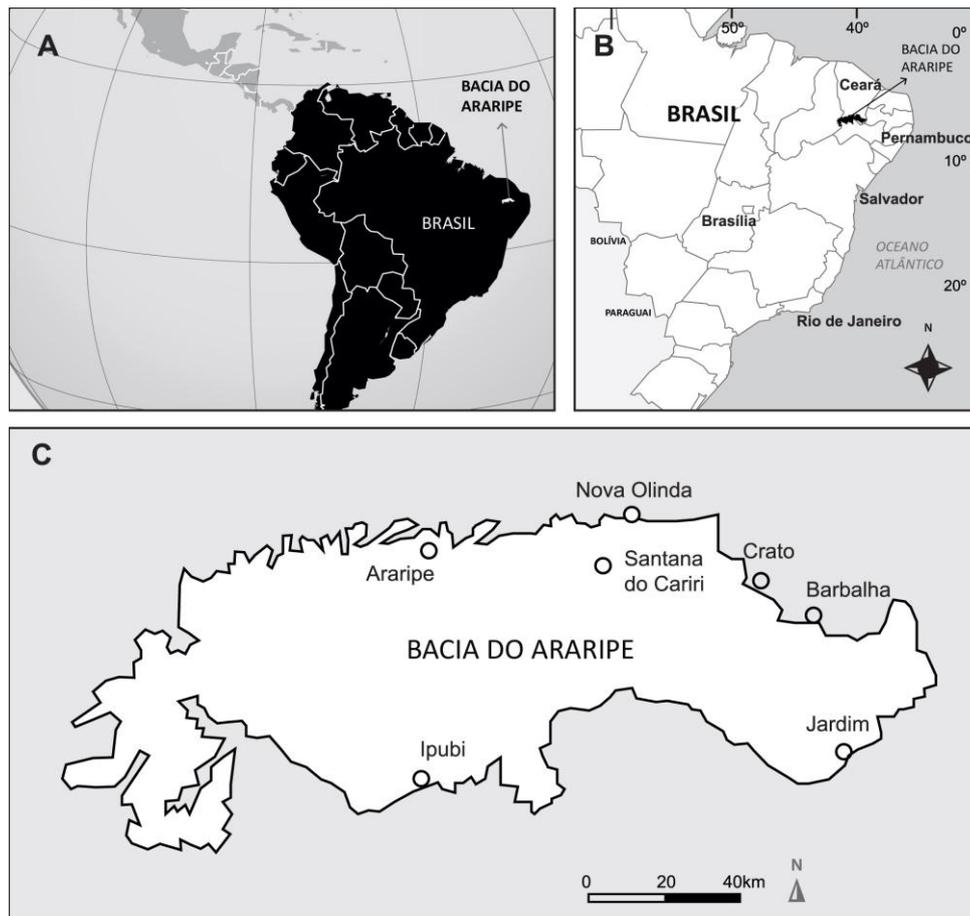


Figura 1 - A. Localização da Bacia do Araripe na América do Sul. B. A Bacia do Araripe na fronteira dos estados do Ceará, Piauí e Pernambuco, no Nordeste do Brasil. C. Mapa da Bacia do Araripe, indicando as principais cidades da Região. (Modificado de Sayão et al., 2011).

MATERIAL E MÉTODOS

As categorias taxonômicas superiores, usadas na classificação dos exemplares aqui citados, foram propostas por Stewart & Rothwell (1993), onde a sequência tem um caráter cronológico e tenta inserir a flora fóssil dentro da sistemática dos grupos vegetais estabelecidos para a flora vivente.

As descrições morfológicas estão baseadas nas publicações, e os exemplares fotografados pertencem ao Laboratório de Paleontologia da URCA – LPU e ao Museu de Paleontologia de Santana do Cariri (MPSC), ambos da Universidade Regional do Cariri (URCA).

A PALEOFLORA DA BACIA DO ARARIPE

As gimnospermas, angiospermas, fetos e outros componentes menos abundantes como licófitas e esfenófitas compõem a macroflora da Bacia do Araripe, sendo as gimnospermas o grupo mais abundante. De acordo com os registros, a Formação Crato (Cretáceo) possui o maior número de descrições, além de ser bem mais diversificada que as Formações Missão Velha (Jurássico) e Romualdo (Cretáceo). A tabela 1 apresenta os táxons descritos para a Bacia do Araripe.

Tabela 1. Ocorrência de vegetais fósseis na Bacia do Araripe. Formações: Missão Velha (●), Crato (▲) e Romualdo (△).

Espécie	Parte preservada	Formação
<i>Schizoneura</i> sp.	Ramos com folhas	▲
<i>Isoetites</i> sp.	Caule contendo micrófilas	▲
<i>Ruffordia goeppertii</i>	Fronde	▲
<i>Araucarites vulcanoi</i>	Megaesporófilos	▲
<i>Araucaria cartellei</i>	Folhas	▲
<i>Araucariostrobus</i> sp.	Cone	▲
<i>Brachyphyllum obesum</i>	Ramos	▲ △
<i>Brachyphyllum castilhoi</i>	Ramos	▲ △
<i>Brachyphyllum insigne</i>	Estróbilo	▲
<i>Tomaxellia biforme</i>	Ramos heterofilos	▲
<i>Lindleycladus</i> sp.	Folhas	▲
<i>Podozamites lanceolatus</i>	Folha isolada	▲ △
<i>Frenelopsis</i> sp.	Galhos com escamas ou folhas	▲
<i>Dadoxylon</i> sp.	Troncos	●
<i>Ephedra</i> sp.	Ramos com frutificações, folhas, brácteas e sementes	▲
<i>Cratonia cotyledon</i>	Dois cotilédones	▲
<i>Welwitschiaprisca austroamericana</i>	Eixo com dois cotilédones laterais	▲
<i>Welwitschiophyllum brasiliense</i>	Folhas alongadas de forma triangular	▲
<i>Welwitschiostrobus murili</i>	Cones reprodutivos com escamas	▲
Gnetales	Caule, folha e raízes	▲
<i>Cearania heterophylla</i>	Folhas	▲
<i>Cariria orbiculiconiformis</i>	Ramos portando folhas	▲
<i>Choffatia francheti</i>	Caule, folhas e radículas	△
<i>Protananas lucenae</i>	Espaço floral recoberto por brácteas	▲
<i>Klitzchophyllites flabellatus</i>	Eixos trifurcados com nós e entrenós	▲ △
<i>Iara iguassu</i>	Caule	▲
<i>Pluricarpellatia peltata</i>	Rizomas, folhas e flores	▲
<i>Endressinia brasiliana</i>	Planta completa	▲
<i>Araripia florifera</i>	Planta completa	▲
Caytoniales	Ramos portando folhas	▲
<i>Novaolindia dubia</i>	Ramos portando folhas e estruturas reprodutivas	▲

Pteridófitas da Formação Crato

As Pteridófitas estão presentes na paleoflora da Formação Crato através de três registros. Dilcher et al. (2000) relataram a presença de um exemplar de pequeno porte, portando ramos, raízes e folhas inseridas de forma similar a algumas espécies do morfogênero

Schizoneura Schimper & Mougeot (Boureau, 1964).

Bernardes de Oliveira et al. (2003) descreveram cinco espécimes constituídos de caules curtos e suculentos (tipo cormo), com micrófilas estéreis e férteis, exibindo uma lígula e a abertura do esporângio, as micrófilas de *Isoetites* (Fig. 2a) apresentam cristais e faixas estomáticas, ambas

longitudinais. Outros autores registraram a presença deste grupo, mas nenhum deles apresenta descrição completa dos espécimes (Dilcher et al., 2000; Bernardes de Oliveira et al., 2002).

Segundo Bernardes de Oliveira et al. (2006), *Ruffordia goeppertii* Dunker (Fig. 2b) é um feto de porte relativamente reduzido, com rizomas rastejantes e hábito ereto, frondes triangulares, dimórficas, parcialmente férteis e estéreis, atingindo

até 60 cm, com pecíolos dísticos estendendo-se aproximadamente de 12 a 15 cm. Possui raques imparipenadas, alternas, estreitando-se da base ao ápice. Quando a lâmina é fértil, os segmentos férteis são proximais em relação ao pecíolo, que inclui até seis folíolos. Este gênero extinto é morfológicamente semelhante à *Anemia*, especificamente com a espécie existente *Anemia adiantifolia* (Linnaeus) Swartz.

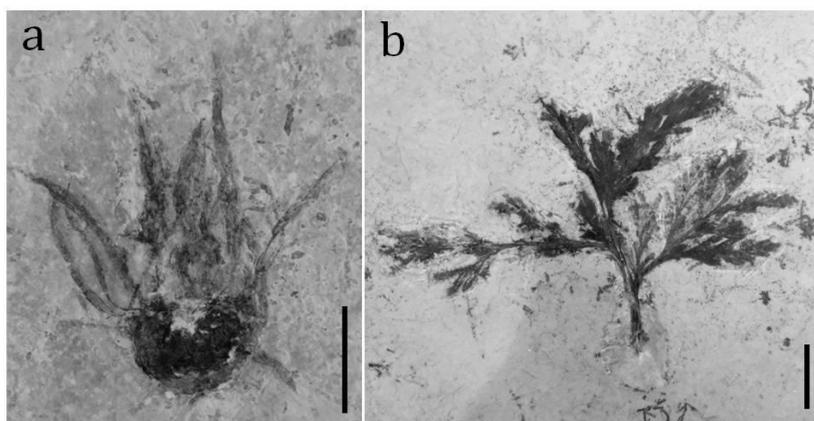


Figura 2 - Pteridófitas da Formação Crato: a) Semelhante à *Isoetites*, LPU PL 513; b) *Ruffordia goeppertii*, MPSC PL 621. Barras de escala: 2 cm.

Coníferas

FORMAÇÃO CRATO

Duarte (1989) registrou escamas destacadas de *Araucarites vulcanoi* (Fig. 3a). Outras coníferas de folhas destacadas são *Araucaria cartellei* (Duarte, 1993) e uma folha completa que pertencia à família Araucariaceae. Kunzmann et al. (2004) descreveram *Araucariostrobus* sp. com base em um cone de forma elíptica, indicando tratar-se de um espécime feminino e juvenil com cerca de 56 pequenas brácteas rômbricas com ápice agudo arranjadas helicoidalmente. A parte aérea é coberta por folhas típicas de *Brachyphyllum*, exceto a parte inferior, onde as folhas são removidas por completo no eixo. Para os cones de coníferas ligadas as Araucariaceae, é utilizado o morfogênero *Araucariostrobus*, proposto originalmente para cones femininos

do Jurássico da Nikolsk-Ussurijsk no Extremo Oriente da Rússia (Krasser, 1921). No entanto, a descrição original não apresenta todos os detalhes diagnósticos e, portanto, o nome *Araucariostrobus* necessita de revisão, segundo os autores.

Brachyphyllum obesum Heer foi descrito pela primeira vez para o Eocretáceo de Portugal, e registrado para a Formação Romualdo por Duarte (1985). Sua presença também foi relatada para a Formação Crato (Fig. 3b) por Kunzmann et al. (2004). Segundo Heer (1881), trata-se de um vegetal de ramos alternos, com numerosos râmulos agregados, espessos e curtos de ápice obtuso; com folhas rômbricas, densamente imbricadas, e dorso brevemente estriado. Duarte (1985) descreveu ainda, a espécie *Brachyphyllum castilhoi* encontrada em ambas as Formações Crato e Romualdo. De acordo com a descrição original, trata-se de um vegetal com ramos largos e cobertos

completamente por escamas foliares, folhas pequenas e densamente imbricadas, com uma superfície lisa e uma carena central; seu ápice é anguloso, voltado ligeiramente para fora e recobrimdo a inserção da posterior. Posteriormente foi relatada a ocorrência de um estróbilo de *Brachyphyllum insigne* Heer até então conhecido apenas para o Jurássico Inferior da Sibéria (Duarte, 1993).

A espécie *Tomaxellia biforme* (Kunzmann et al., 2006) aparece preservada na forma de pequenos ramos heterófilos, de folhas decorrentes (com o limbo unido ao longo da haste) a parcialmente decorrentes, carnosas e arranjadas espiraladamente. As folhas ocorrem de curtas a longas, da base ao topo respectivamente, neste último é visível uma gema apical.

Lindleycladus sp. Harris foi registrada pela primeira vez para o Hemisfério Sul na Formação Crato (Kunzmann et al., 2004). Apresenta folhas hipostomáticas, características das

coníferas, dispostas em hélice simples, densamente dispostas na parte apical (Fig. 3c); estas folhas são achatadas dorsoventralmente, lanceoladas, pouco pecioladas com extremidade distal afinada em direção ao ápice, e porção basal gradualmente curta na direção do pedúnculo; a epiderme foliar, no espécime descrito, está em excelente estado de preservação, evidenciando a distribuição dos estômatos.

De acordo com Kunzmann et al. (2006), a espécie *Frenelopsis* sp. também integra o registro cheirolepidiáceo da Formação Crato. Ocorrem na forma de galhos caducos de ramificação esparsa, com pequenos ramos de até terceira ordem emergindo de forma dicotômica e alinhados num mesmo plano. Os segmentos de galhos portam verticilos de 1-2 folhas escamiformes, lateralmente fundidas, ou ainda folhas livres opostas ou decussadas, evidentemente estriadas, onde as estrias variam de paralelas a curvas.

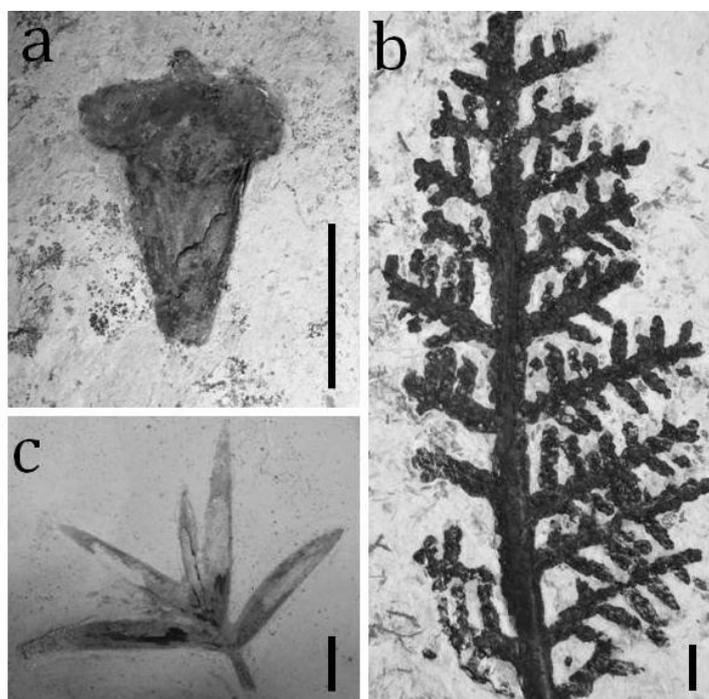


Figura 3 - Coníferas da Formação Crato: a) *Araucarites vulcanoi*, LPU PL 169; b) *Brachyphyllum obesum* LPU PL 747a; c) *Lindleycladus* sp., MPSC PL 1210. Barras de escala: 2 cm.

FORMAÇÃO ROMUALDO

O registro de coníferas na Formação Romualdo apresenta alguns componentes em comum com a Formação Crato, por exemplo, as espécies *Brachyphyllum obesum* e *Brachyphyllum castilhoi* (Fig. 4).

Os fósseis de *B. obesum* encontrados nessa formação possuem um tipo de ramificação monopodial característico das Coniferae. Seus râmulos decrescem à medida que se aproximam do ápice e terminam com uma ponta cilíndrica, estando completamente cobertos por impressões de escamas foliares, estas são numerosas, losangulares

e espiraladas (Duarte, 1985). Duarte (1985) descreveu, também, a espécie *Brachyphyllum castilhoi*. A espécie *Podozamites lanceolatus* (Lindley & Hutton) Schimper, apresenta apenas folhas destacadas referidas como pertencentes à família Podozamitaceae. Duarte (1985) caracterizou uma folha oblonga linear, de base mais constricta, assimétrica, de onde partem nervuras levemente em forma de arcos tornando-se paralelos na região mediana e convergindo no ápice agudo. Exemplos de *Podozamites* com folhas inseridas no caule são escassos, sendo mais comum a ocorrência de folhas isoladas.



Figura 4 - Conífera da Formação Romualdo: *Brachyphyllum castilhoi*, MPSC PL 528cp. Barra de escala: 2 cm.

FORMAÇÃO MISSÃO VELHA

Freitas et al. (2008) afirmam que as madeiras fósseis identificadas genericamente como *Dadoxylon* sp. (Fig. 5) provavelmente pertenciam a taxodiáceas ou pináceas. A maioria dos fragmentos desses troncos tem dimensões que variam entre 5 e 25 cm, e independentemente do tamanho, mostram

apenas o xilema secundário preservado, estando ausentes córtex e medula. Em algumas porções das madeiras é possível visualizar grupos de duas a cinco células de seção um pouco mais circular do que as demais, fora do alinhamento dos traqueídes e com conteúdo amorfo (escuro), que representam canais resinosos, confirmando tratar-se do lenho de uma conífera.

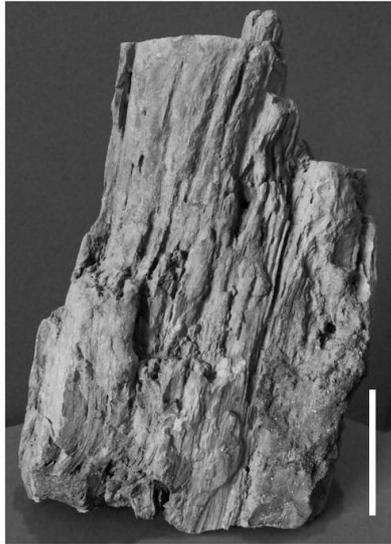


Figura 5 - Conífera da Formação Missão Velha: *Dadoxylon* sp., MPSC PL 691. Barra de escala: 10 cm.

Ordem Gnetales

FORMAÇÃO CRATO

A Ordem Gnetales é representada na Formação Crato sobretudo pela família Ephedraceae, com a presença de ramos estéreis ou com folhas, brácteas e sementes, associados à *Ephedra* sp. (Bernardes de Oliveira et al., 1996, 2000; Mohr et al., 2004; Rydin et al., 2006).

Ocorrem ainda representantes da família Welwitschiaceae, como as espécies *Cratonia cotyledon* (Rydin et al., 2003) e *Welwitschiaprisca austroamericana*, *Welwitschiostrobus murili* (Fig. 6a) e *Welwitschiophyllum brasiliense* (Fig. 6b), estas três registradas por Dilcher et al. (2005).

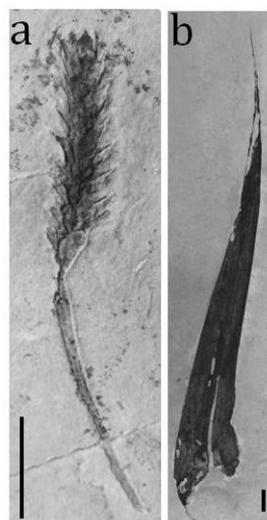


Figura 6 - Gnetales da Formação Crato: a) *Welwitschiophyllum brasiliense*, MPSC PL 1271; b) *Welwitschiostrobus murili*, LPU PL 184. Barras de escala: 2 cm.

C. cotyledon consiste de dois cotilédones ovalados e grandes, com 40 mm de comprimento e até 18 mm de largura, são arredondados na base e convexos no ápice, estão parcialmente sobrepostos e apresentam uma raiz e um canal lateral que serve para absorção de nutrientes. Possui cerca de 20 nervuras principais longitudinais uniformemente distribuídas, que ao contrário das nervuras primárias das monocotiledôneas, parecem se fundir, sucessivamente, com uma veia marginal. A espécie *W. austroamericana* consiste de um eixo principal (redondo a ovóide) de onde partem dois cotilédones laterais. Morfologicamente estes cotilédones diferem do padrão observado nas monocotiledôneas, sendo similar às plântulas atuais de *Welwitschia mirabilis*, com orientação oposta e divergente, redução gradual na sua fixação ao eixo, e base ampliada que reduz quando está ligado ao eixo. *W. brasiliense* está representada por folhas alongadas de formato triangular, espessas e de textura coriácea; estas folhas apresentam simetria isobilateral, e geralmente são dobradas longitudinalmente a partir da base até sua metade; o ápice é agudo ou pode apresentar-se desgastado; sua largura máxima é na base, a qual pode ser semicircular ou curva; as nervuras são formadas por feixes vasculares subparalelos, convergentes próximo ao ápice ou desaparecendo na margem (Dilcher et al., 2005).

Ainda com relação a esta família, Dilcher et al. (2005) descreveram estruturas reprodutivas, como pertencentes a *W. murili*. Constituem cones reprodutivos terminais ou axilares, com um padrão de escamas pareadas e cruzadas, todas com vértice agudo. O espécime descrito tem um eixo de 33 mm de comprimento e 3 mm de largura, terminando em um cone central e dois ramos opostos. As escamas do cone são estriadas. É difícil determinar se os eixos laterais representam folhas ou brácteas, no entanto, os cones descritos são compactos

e bastante semelhantes aos recentes de *Welwitschia*. As escamas de *W. murili* são semelhantes as escamas basais de ápices agudos de cones masculinos de *Welwitschia*.

Outro vegetal pertencente a essa Ordem foi descrito por Fanton et al. (2006a) para a Formação Crato. Trata-se de uma pequena planta arbustiva, de caule cilíndrico, estriado e articulado. Ramos às vezes opostos, articulados, com folhas paralelinérveas opostas inseridas aos nós em pares. As raízes constituem um sistema denso fasciculado e apresentam um sulco central. A morfologia cilíndrica equisetóide e lenhosa do caule e dos ramos, bem como a organização geral (que constitui de uma haste e densas raízes fasciculadas), indicam uma planta lenhosa, enquanto que o tamanho sugere ser de natureza arbustiva (Fanton et al., 2006a).

Cearania heterophylla é uma possível gimnosperma com afinidades gnetaleanas. Possui folhas coriáceas, bifaciais, lanceoladas, de forma ovalar a cuneiforme ou quase circular, com margem inteira variando em tamanho. As nervuras são paralelas ou ligeiramente convergentes no ápice, o estróbilo terminal é cercado por numerosas brácteas. As plantas individuais são solitárias ou crescem em grupos, onde cada indivíduo se afasta através de eixos rastejantes, e os ramos laterais de todas as ordens nascem nas axilas das folhas. Vários espécimes exibem uma transição contínua a partir do eixo principal para a raiz principal. Estas raízes principais geralmente não são ramificadas, exceto em alguns casos, as raízes principais consistem em um feixe vascular central rodeado por tecido cortical, e elas carregam radículas extremamente finas (Kunzmann et al., 2009).

Cariria orbiculiconiformis é uma planta herbácea ou arbustiva, contendo eixos múltiplos e ramificados. Apresenta superfície estriada e nós inchados, folhas megáfilas ligadas a esses nós estão

dispostas pareadas sendo opostas intercruzadas, e as unidades reprodutivas consistem em uma estrutura tripla em vários ramos axilares curtos (Kunzmann et al., 2011).

Angiospermas

FORMAÇÃO CRATO

Protananas lucenae Leme et al. (2005) é uma possível monocotiledônea, preservada na forma de uma inflorescência elipsoidal com escapo floral recoberto por inúmeras brácteas (Fig. 7a). Mohr & Rydin (2002) descreveram a espécie *Klitzschophyllites flabellatus* (Fig. 7b), trata-se de uma monocotiledônea aparentemente estranha, provavelmente uma planta aquática, composta de eixos trifurcados com nós e entrenós evidentes,

cada eixo com uma folha flabelada terminal, de bainha curta, margens serradas e dentículos marginais, adaptada a viver em condições extremas que oscilam entre estiagens a ambientes hipersalinos. Foi descrita outra planta aquática (Fig. 7c), submersa filiforme denominada *Iara iguassu* (Fanton et al., 2006b). Esta espécie é caracterizada por um caule cilíndrico, articulado e sulcado, do qual emergem apicalmente folhas sésseis, arrançadas num verticilo; as longas folhas cilíndricas, sulcadas e flexíveis portam ápice arredondado ou filiforme, além de denteações papilosas marginais; pedúnculos longos, delgados e estriados emergem do nó e terminam numa estrutura fusiforme, também estriada, representando estruturas férteis flutuadoras.

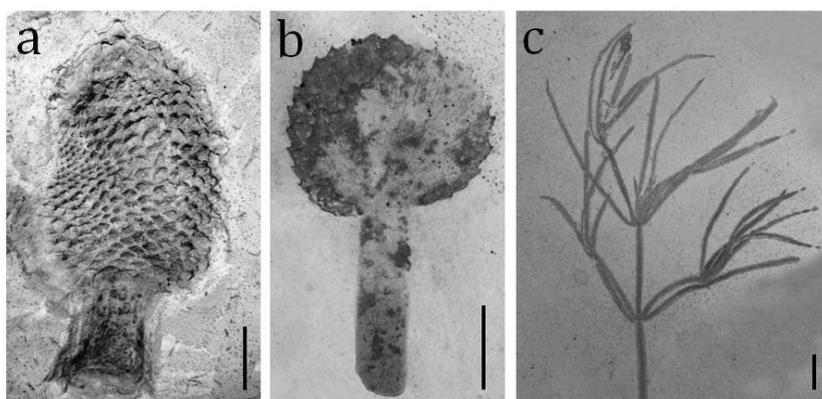


Figura 7 - Angiospermas da Formação Crato: a) *Protananas lucenae*, MPSC PL 808; b) *Klitzschophyllites flabellatus*, MPSC PL 1090; c) *Iara iguassu*, MPSC PL 2319. Barras de escala: 2 cm

Outro vegetal com características semelhantes a plantas aquáticas é a espécie *Pluricarpellatia peltata*. Corresponde a uma planta relativamente pequena com rizomas alongados; tamanho total de aproximadamente 25 cm de comprimento e cerca de 30 cm de altura; angiosperma com gemas, e presença de folhas e flores flutuantes; folhas pecioladas simples, ovaladas e peltadas, com pecíolos de tamanho entre 5 e 3 mm de comprimento e largura,

respectivamente; flores de até 17 cm com longos pedúnculos, e inflorescência relativamente grande (até 2 cm de diâmetro), os carpelos são livres e variam em número de 6 a 12 dependendo da flor (Mohr et al., 2008).

Endressinia brasiliana é uma planta completa com eixo de ramificação com cerca de 8 cm de comprimento, e largura basal de 3 cm, onde podem ser observadas pelo menos três ramificações, flores terminais onde os últimos eixos são finos, e provavelmente lenhosos, apesar de

Endressinia ter sido herbácea. As folhas são dispostas alternadamente, de forma simples, estreitamente ovaladas; folhas completas não foram preservadas, mas o comprimento estimado destas quando maduras é cerca de 4 cm ou mais; pecíolos são curtos ou ausentes; a camada de óxido de ferro, que substituiu a matéria orgânica da folha é um pouco grossa, indicando que as folhas eram duras e coriáceas. Quanto às flores, algumas parecem estar preservadas em um estágio próximo da antese (abertura das flores), enquanto outras parecem ter sido preservadas como gemas; as flores são hipógenas, e aparentemente, bissexuais, com núcleos tridimensionalmente preservados, enquanto as partes externas são preservadas como impressões. As flores parecem ter algumas tépalas grandes e largas (Mohr & Bernardes de Oliveira, 2004).

Araripia florifera trata-se de uma planta completa descrita por Mohr & Eklund (2003) com caracteres vegetativos e reprodutivos. A parte estéril consiste em dois eixos, um dos quais é completo, enquanto o outro tem três folhas presas e de tamanho variável; botões florais são suportados em uma distância de aproximadamente 2 cm da base ao eixo, estão suportados solitários no ápice do pedúnculo alongado; folhas pequenas (2,5 cm de comprimento) e aparentemente ainda jovens e arrançadas de forma oposta; a flor mais madura tem cerca de 10 mm de comprimento. Todos os botões estão ligados a pedicelos bem desenvolvidos e têm numerosas tépalas longas estreitas e helicoidalmente arrançadas, que são visivelmente alongadas distalmente. O arranjo dessas estruturas indica que os botões foram inicialmente mais numerosos. Estas estruturas podem representar estames ou carpelos, mas devido à má conservação, essas informações detalhadas são inexistentes.

FORMAÇÃO ROMUALDO

Quanto ao registro de angiospermas fósseis na Formação Romualdo, Duarte (1985) relatou a presença de *Choffatia francheti* e *Nymphaeites choffati*, essa última, posteriormente foi redescrita por Mohr & Rydin (2002) como *Trifurcatia flabellata*, e mais tarde novamente redescrita como *Klitzschophyllites flabellatus* por Mohr et al. (2006).

Choffatia francheti trata-se de uma planta pequena e flutuante, semelhante a Salveas; caule curto e delicado, radículas filiformes na parte inferior e na superior das folhas suberetas, quase opostas duas a duas, ou duas a três, eminentes, com pecíolo curto e base obtusa; margem sinuosa ou denteada de consistência tênue, penínervia, nervura primária proeminente, e secundárias mais finas que a mediana (Duarte, 1985).

Vegetais com Afinidades desconhecidas da Formação Crato

Fanton et al. (2007) descreveram folhas de Caytoniales, estas são compostas, paripinadas, constituídas de dois pares de folíolos proximamente dispostos. Os folíolos são peciolados, oblanceolados, de margens inteiras, de ápices obtusos-agudos e bases aparentemente cuneadas, são curtos e deles divergem veias centrais longitudinais e paralelas, sem formar uma veia média principal. As veias laterais divergem, em ângulos agudos, do centro para a margem, e de modo dicotômico, terminando livremente na margem foliar. No ramo, as subdivisões partem do eixo central de primeira ordem ramificando-se em até quarta ordem; os ramos de segunda, terceira e quarta ordem são costelados, os de segunda são arrançados alternadamente, enquanto os demais têm arranjo oposto, com possíveis pares de brácteas ensiformes, de inserção axilar.

Uma provável gimnosperma denominada *Novaolindia dubia*, consiste de brotos de folhas onde só o holótipo

apresenta as estruturas reprodutivas, é composto por um grosso eixo principal com galhos finos laterais, sendo que os ramos laterais e as folhas são completamente preservadas. O tecido orgânico dos eixos (substituído por óxido de ferro), mostra uma parte interna com estreitas células alongadas que representam provavelmente traqueídes, uma parte externa com mais células parenquimáticas e uma epiderme com estômatos. Os brotos são densamente cobertos por folhas (Kunzmann et al., 2007).

DISCUSSÃO

A flora da Bacia do Araripe é abundante, variada e dominada por coníferas. Contém também algumas licopsidas, pteridófitas, gnetaleanas e vegetais de afinidade desconhecida, incluindo angiospermas.

Durante o Jurássico reinavam sobre as terras emersas extensas florestas de gimnospermas e isto ocorria de maneira global, inclusive na Bacia do Araripe. A condição de sistema fluvial torrencial, e a presença de uma floresta de coníferas nas proximidades deste sistema, favoreceram a formação dos troncos fósseis silicificados da Formação Missão Velha, que podem atingir até 5 m de comprimento e 3 m de circunferência (Braun, 1966; Viana & Calvacanti, 1989; 1991, Freitas et al., 2008). No entanto, a deposição desses troncos no leito do rio, causado por essas torrentes, impediu que partes mais delicadas de vegetais como folhas e frutos pudessem ser preservadas e os pequenos fragmentos de madeira provavelmente foram produzidos pela desagregação dos troncos maiores. A abundância de troncos silicificados nesta formação, sugere a existência de uma floresta de coníferas na porção norte da Bacia do Araripe (Pires & Guerra Sommer, 2011). Essa área de floresta copiosa do Neojurássico, provavelmente margeava leques aluviais e rios

entrelaçados que foram sugeridos por Assine (2007).

O Cretáceo foi um período de melhora global do clima e uma expansão climática equatorial úmida. As regiões equatoriais quentes e secas permaneceram, mas as latitudes médias tornaram-se mais úmidas. A transformação completa da vegetação ocorreu no início do Albiano e continuou no Neocretáceo (Basinger, 1997).

Na Formação Crato, Eocretáceo da Bacia do Araripe, é possível observar essa transição na vegetação. O ambiente deposicional desta formação representa uma sequência lacustre rasa, com a presença de calcários laminados. Ali o grande número de registros está associado a rápida visualização das partes vegetais preservadas, incluindo partes delicadas como caules, folhas, sementes, frutos, raízes e flores, facilitando seu processo de coleta e identificação. De acordo com Mohr & Friis (2000) a Formação Crato contém uma variedade de restos de angiospermas, o que confirma a suposição de que a diversidade do grupo durante o Neocretáceo era razoavelmente elevada.

A Formação Romualdo apresenta um sistema deposicional interpretado como lagunar costeiro, com periódicas ingressões marinhas, como sugerem os equinóides encontrados acima do nível de concreções calcárias (Neumann, 1999). Essa condição juntamente com o tipo de fossilização, que gera a formação de concreções carbonáticas (ver Saraiva et al., 2007 para uma revisão), pode ser o principal fator da pouca ocorrência de vegetais fósseis nessa formação. Restos de plantas não são comuns, especialmente em suas concreções, quando comparadas com a elevada abundância de outros grupos fósseis como os peixes. Da mesma forma, a diversidade floral nas concreções é consideravelmente menor do que a da Formação Crato (Mohr et al., 2007).

Os fósseis encontrados nas concreções são, na maioria dos casos, muito bem preservados, preservando

râmulos caulinares e lenhos, com ocorrência eventual de cutículas de coníferas. Restos delicados como folhas isoladas não têm sido relatados a partir das concreções, contudo, folhas e sementes foram encontradas nos folhelhos que envolvem as concreções (Martill et al., 2012), material este em fase de estudo.

CONCLUSÕES

A Formação Crato contém alguns componentes florais em comum com as concreções da Formação Romualdo, mas as diferenças provavelmente são uma consequência das formas preservacionais e tafonômicas das plantas.

A extensa ocorrência de fósseis de insetos na Formação Crato, sugere que a biota no entorno do paleolago era rica e formava cadeias alimentares complexas com muitas espécies de plantas sendo base dessa teia. Contudo, pode-se alegar que existem mais espécimes vegetais na Formação Crato pelo fato de ser a fase de deposição com sedimentos finos e, portanto com menos energia. Devemos também levar em consideração que a precipitação de carbonato de cálcio, de forma contínua sobre os restos fósseis, facilitou a preservação praticamente de tudo que era levado para o fundo do lago. Ainda, a exploração contínua e meticulosa em várias frentes de calcário laminado também pode ser um fator que leve a maior frequência destes fósseis.

Observações realizadas ou conduzidas em coleções de laboratórios e museus mostram que a maioria desses fósseis ainda não foram descritos ou identificados, necessitando principalmente de estudos de anatomia e morfologia externa. Com esses estudos e a intensificação de trabalhos de coletas, muitos táxons poderão ser identificados, aumentando o conhecimento sobre a paleoflora desta bacia.

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer ao curador do Museu de Paleontologia de Santana do Cariri João Kerenski R. Moreira pelo acesso aos espécimes fotografados e auxílio durante as sessões de fotos. Agradecemos ao revisor anônimo pelos importantes comentários no manuscrito e ao Prof. Gorki Mariano pela oportunidade de publicação na revista. Paulo Victor de Oliveira e Renan A. M. Bantim pelas sugestões feitas no manuscrito. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), bolsa concedida a F.J. Lima. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, auxílios a A.A.F Saraiva e J.M. Sayão).

REFERÊNCIAS

- Assine, M. L. 1990. *Sedimentação e tectônica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 124p.
- Assine, M. L. 1994. Paleocorrentes e paleogeografia na Bacia do Araripe, nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, 24(4): 223- 232.
- Assine, M. L. 2007. Bacia do Araripe. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 15:371–389.
- Basinger, J. F. 1997. Mesozoic Floras. In: Currie, P. J. & Padian, K. (Eds) *Encyclopedia of Dinosaurs*. San Diego CA, Academic, p.422 – 433.
- Bernardes de Oliveira, M.E.C., Pons, D., Mussa, D., Mandarim Lacerda, A.F. 1996. Ephedrales Eocretáceas da Formação Santana, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. In: *XLVII Congresso Nacional de Botânica, Nova Friburgo. Resumo, 1996. v. único. p. 492.*
- Bernardes de Oliveira, M. E. C., Dilcher, D., Mandarim Lacerda, A. F., Pons, D., Ricardi Branco, F. 2000.

- Gnetalean macrofossils of the Crato Member, Santana Formation, late Aptian - early Albian, Chapada do Araripe, Brazil. In: *31st International Geological Congress, 2000, Rio de Janeiro. Booth E 43.CD.*
- Bernardes de Oliveira, M. E. C., Dilcher, D., Barreto, A.M.F., Ricardi Branco, F., Mohr, B., Fernandes, M.C.C. 2002. O Estado d'arte da Tafoflora do Membro Crato, Formação Santana, Eocretáceo da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. In: *6º Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil e 2º Simpósio sobre el Cretácico de América del Sur, Rio Claro. Anais... Rio Claro, UNESP, p 61-65.*
- Bernardes de Oliveira, M. E. C., Dilcher, D., Barreto, A. M. F., Branco, F. R., Mohr, B., Fernandes, M. C. C. 2003. La Flora del Miembro Crato, Formación Santana, Cretácico Temprano de la Cuenca de Araripe, Noreste del Brasil. In: *10 Congreso Geológico Chileno, Concepción. Actas..., p. s/n-s/n.*
- Bernardes de Oliveira, M. E. C., Mohr, B., Pons, D., Loveridge, R., Ricardi Branco, F., Castro Fernandes, M. C. 2006. Schizaeacean ferns from the Early Cretaceous Crato Formation, Northeast Brazil. In *7th European Palaeobotany-Palynology Conference, Praga, 2006. Program and Abstracts, p. 14.*
- Beurlen, K. 1962. A geologia da Chapada do Araripe. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 34, n. 3, p. 365-370.
- Beurlen, K. 1963. Geologia e estratigrafia da Chapada do Araripe. In: *Congresso Brasileiro de Geologia, 17, Recife, 1963. Anais... Recife, SBG/SUDENE. 47 p. (Suplemento).*
- Beurlen, K. 1971. As condições ecológicas e faciológicas da Formação Santana na Chapada do Araripe (Nordeste do Brasil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 43, p. 411-415.
- Boureau, E. 1964. *Traité de Paléobotanique*, Tome: 3. Masson et cie., Paris, 554 p.
- Braun, O. P. G. 1966. Estratigrafia dos sedimentos da parte inferior da Região Nordeste do Brasil: Bacias do Tucano-Jatobá, Mirandiba e Araripe. *Rio de Janeiro, DNPM/DGM, Boletim 236, 75p.*
- Brito Neves, B. B. 1990. A Bacia do Araripe no contexto geotectônico regional. In: Campos, D. de A., Viana, M. S. S., Brito, P. M., Beurlen, G. (Eds.), *Atas do Simpósio Sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste, Crato, 14e16 de Junho de 1990, pp. 21e33.*
- Brongniart, A. 1822. Sur la classification et la distribution des végétaux fossiles en générau, et sur ceux des terrains de sediment supérieur en particulier. *Mus. Hist. Nat. Paris mém. 8: 203-348.*
- Dilcher, D., Mandarim Lacerda, A. F., Barreto, A. M. F., Bernardes de Oliveira, M. E. C. 2000. Selected fossils from the Santana Formation, Chapada do Araripe, Brazil. In: *X Reunião de Paleobotânicos e Palinólogos, Guarulhos. Revista Universidade Guarulhos - Geociências V, 249-249.*
- Dilcher D. L., Bernardes de Oliveira M. E. C., Pons D., Lott T. A. 2005. Welwitschiaceae from the Lower Cretaceous of Northeastern Brazil. *American Journal of Botany* 92, 1294–1310.
- Duarte, L. 1985. Vegetais fósseis da Chapada do Araripe, Brasil. *Coletânea de Trabalhos Paleontológicos*, DNPM, Brasília, 27: 585-617.
- Duarte, L. 1989. Remains of the Lower Cretaceous plants from Northeast of Brazil. *Congresso Brasileiro de Paleontologia, Curitiba, 11, Anais, SBP: 219-233.*
- Duarte, L. 1993. Restos de Araucariáceas da Formação Santana – Membro

- Crato (Aptiano), NE do Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 65, 357-362.
- Fanton, J. C. M., Branco, F. R., Dilcher, D., Bernardes de Oliveira, M. E. C. 2006a. New gymnosperm related with gnetales from the Crato palaeoflora (Lower Cretaceous, Santana Formation, Araripe Basin, northeastern Brazil): preliminary study São Paulo, UNESP, *Geociências*, v. 25, n. 2, p. 205-210.
- Fanton, J. C. M., Branco, F. R., Dilcher, D., Bernardes de Oliveira, M. E. C. 2006b. Iara, A New Genus of Aquatic Angiosperm from the Crato Paleoflora (Lower Cretaceous, Santana Formation, Araripe Basin, Northeastern Brazil). In: *7 Simpósio do Cretáceo do Brasil / 1 Simpósio do Terciário do Brasil, 2006, Serra Negra. Boletim... Rio Claro: UNESP, 2006. p. 50.*
- Fanton, J. C. M., Ricardi Branco, F. S., Dilcher, D. L., Campos, A. C. A., Tavares, S. A. S. 2007. Macrofossil inédito de Caytoniales na Formação Crato, Cretáceo Inferior, Bacia do Araripe, NE, Brasil: estudo preliminar. *Paleontologia: Cenários de Vida*. Editora Interciência 2007, vol. 1, p.177-188.
- Freitas, I. F., Hessel, M. H., Neto, J. A. N. 2008. Troncos fósseis da Formação Missão Velha na porção leste da Bacia do Araripe, Ceará. *Revista de Geologia*, Vol. 21 (2).
- Heer, O. 1881. Contributions à la Flore fossile du Portugal, Lisboa, 20, est. 17., fig. 1-4.
- Krasser, F. 1921. Die von Ing. Karl Mandl (Wien) bei Nikolsk-Ussurijsk entdeckten Jurapflanzen hat folgenden Inhalt. - Königliche Akademie der Wissenschaften Wien. mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse. *Anzeiger* 58:219-222.
- Kunzmann, L., Mohr, B., Bernardes de Oliveira, M. E. C. 2004. Gymnosperms from the Lower Cretaceous Crato Formation (Brazil). I. Araucariaceae and Lindleycladus (incertae sedis). *Mitteilung aus dem Museum für Naturkunde Berlin, Geowissenschaftliche Reihe*, 7, 155-174.
- Kunzmann, L., Mohr, B., Bernardes de Oliveira, M. E. C., Wilde, V. 2006. Gymnosperms from the Lower Cretaceous Crato Formation (Brazil). II. Cheirolepidiaceae. *Fossil Record* 9(2) (2006), 213-225.
- Kunzmann, L., Mohr, B., Bernardes de Oliveira, M. E. C. 2007. *Novaolindia dubia* gen. et sp. nov., an enigmatic seed plant from the Early Cretaceous of northern Gondwana. *Review of Palaeobotany and Palynology* 147 (2007) 94-105.
- Kunzmann, L., Mohr, B., Bernardes de Oliveira, M. E. C. 2009. *Cearania heterophylla* gen. nov. et sp. nov., a fossil gymnosperm with affinities to the Gnetales from the Early Cretaceous of northern Gondwana. *Review of Palaeobotany and Palynology* 158 (2009) 193-212.
- Kunzmann, L., Mohr, B., Wilde, V., Bernardes de Oliveira, M. E. C. 2011. A putative gnetalean gymnosperm *Cariria orbiculiconiformis* gen. nov. et spec. nov. from the Early Cretaceous of northern Gondwana. *Review of Palaeobotany and Palynology* 165 (2011) 75-95.
- Leme, E. M. C., Brown, G. K., Dilcher, D., Bernardes de Oliveira, M. E. C., Siqueira, J.A., Sales, A.M.F. 2005. Protananaceae, a new fossil monocot family from the Lower Cretaceous, Santana Formation, northeastern Brazil. In: *Botany Conference of Austin, Texas, 13-17/08/ 2005 - CD-ROM*.
- Lindley, J. & Hutton, W. 1831 - 1837. The fossil flora of Great Britain. Vols. I-III. Londres.
- Mabesoone, J. M. & Tinoco, I. M. 1973. Palaeoecology of the Aptian Santana Formation (northeastern Brazil).

- Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 14, 97-118.
- Maisey, J. G. (Ed.), 1991. Santana Fossils: An Illustrated Atlas. Tropical Fish Hobbyist, Neptune City, NJ, 459 pp.
- Martill, D. M. 2007. The geology of the Crato Formation. In: Martill, D.M. et al. (Eds), The Crato fossil beds of Brazil, window to an ancient world, Cambridge University Press, p. 8–24.
- Martill, D. M., Loveridge, R. F., Mohr, B. A. R., Simmonds, E. 2012. A wild fire origin for terrestrial organic debris in the Cretaceous Santana Formation fossil Lagerstätte (Araripe Basin) of North-east Brazil. *Cretaceous Research* 34, 135-141.
- Mohr, B., Bernardes de Oliveira, M. E. C. 2004. *Endressinia brasiliensis*, a Magnolialean angiosperm from the Lower Cretaceous Crato Formation (Brazil). *International Journal of Plant Sciences* 165, 1121–1133.
- Mohr, B., Bernardes de Oliveira, M. E. C., Barreto, A. M. F., Fernandes, M. C. 2004. Gnetophyte preservation and diversity in the Early Cretaceous Crato Formation (Brazil). *Seventh International Organization of Paleobotany Conference (Bariloche, Argentina) Abstracts*, p. 81.
- Mohr, B., Bernardes de Oliveira, M. E. C., Barale, G., Ouaja, M., 2006. Palaeogeographic distribution and ecology of Klitzschophyllites, and early Cretaceous angiosperm in Southern Laurasia and Northern Gondwana. *Cretaceous Research* 27, 464-472.
- Mohr, B., Bernardes de Oliveira, M. E. C., Loveridge, R. F., 2007. The macrophyte flora of the Crato Formation. In: Martill, D.M., Bechly, G., Loveridge, R.F. (Eds.), The Crato Fossil Beds of Brazil: Window into an Ancient World. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 537e565.
- Mohr, B., Bernardes de Oliveira, M. E. C., Taylor, D. W. 2008 *Pluricarpellatia*, a nymphaealean angiosperm from the Lower Cretaceous of northern Gondwana (Crato Formation, Brazil). *TAXON* 57 (4), november 2008: 1147–1158.
- Mohr, B., Eklund, H. 2003. *Araripia florifera*, a magnoliid angiosperm from the Lower Cretaceous Crato Formation (Brazil). *Review of Palaeobotany and Palynology* 126, 279–292.
- Mohr, B., Friis, E. M. 2000. Early Angiosperms from the Lower Cretaceous Crato Formation (Brazil), a preliminary report. *International Journal of Plant Sciences* 161, S155-S167.
- Mohr, B., Kunzmann, L., Bernardes de Oliveira, M. E. C. 2006. Reconstruction of the Crato Flora (Northeastern Brazil), a Lower Cretaceous vegetation from Northern Gondwana. In: *Second Palaeontological Congress, Beijing. Abstracts of the Second Palaeontological Congress, Ancient Life and Modern Approaches*, p. 13-18.
- Mohr, B., Rydin, C. 2002. *Trifurcatia flabellata* n. gen. n. sp., a putative monocotyledon angiosperm from the Lower Cretaceous Crato Formation (Brazil). *Mitteilung aus dem Museum für Naturkunde Berlin, Geowissenschaftliche Reihe* 5, 335-344.
- Neumann, V. H. 1999. *Estratigrafia, sedimentologia, geoquímica y diagénesis de los sistemas lacustres aptiense-albienses de la Cuenca de Araripe (Noreste de Brasil)*. 244 p. Tesis de Doctoral, Universitat de Barcelona, DEP, DGPPG.
- Neumann, V. H., Cabrera, L. 1999. Una nueva propuesta estratigrafica para La tectonosecuencia post-rifte de la cuenca de Araripe, noreste de Brasil. In: *BOLETIM DO 5º SIMPÓSIO*

- SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL*, São Paulo, p. 279–285.
- Pires, E. F., Guerra Sommer, M. 2011. Growth ring analysis of fossil coniferous woods from early cretaceous of Araripe Basin (Brazil). *An. Acad. Bras. Ciênc.* vol. 83, nº 2 Rio de Janeiro June.
- Ponte, F. C., Appi, C. J. 1990. Proposta de revisão da coluna litoestratigráfica da Bacia do Araripe. *Congresso Brasileiro de Geologia*, 36, Natal, *Anais, SBG: 211-226*.
- Ponte, F. C., Ponte Filho, F. C. 1996. Estrutura geológica e evolução tectônica da Bacia do Araripe. *Departamento Nacional da Produção Mineral*, Recife, 68p.
- Rydin, C., Mohr, B., Friis, E. M., 2003. *Cratonia cotyledon* gen. et sp. nov. : a unique Cretaceous seedling related to *Welwitschia*. *Proceedings of the Royal Society Biology Letters* (Supplement) 270, S29-S32.
- Rydin, C., Pedersen, K. R., Crane, P., Friis, E. M. 2006. Former diversity of *Ephedra* (Gnetales): evidence from Early Cretaceous seeds from Portugal and North America. *An. Bot.*, 98:123-140.
- Saraiva, A. A. F.; Hessel, M. H.; Guerra, N. C.; Fara, E. 2007. Concreções Calcárias da Formação Santana, Bacia do Araripe: uma proposta de classificação. *Estudos Geológicos*, 17(1): 40 – 58.
- Sayão, J. M.; Saraiva, A. A. F.; Uejima, A. M. K. 2011. New evidence of feathers in the Crato Formation supporting a reappraisal on the presence of Aves. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* (2011) 83(1): 197-210.
- Small, H. I. 1913. Geologia e Suprimento de Água Subterrânea no Piauí e Parte do Ceará. Recife, Inspetoria de Obras Contra Secas. *Serie Geologia* 25 1-180.
- Stewart, W. N., Rothwell, G. W. 1993. Paleobotany and the Evolution of Plants. Cambridge: Cambridge University Press. 521p., il.
- Valença, L. M. M., Neumann, V. H., Mabesoone, J. M. 2003. An overview on Callovian Cenomanian intracratonic basins of northeast Brazil: onshore stratigraphic record of the opening of the southern Atlantic. *Geological Acta* 1, 261e 275.
- Viana, M. S. S., Cavalcanti, V. M. M. 1989. Faciologia das formações Missão Velha e Brejo Santo na região de Missão Velha, Ceará. *13º Simpósio de Geologia do Nordeste*, Fortaleza, 166-169.
- Viana, M. S. S., Cavalcanti, V. M. M. 1991. Sobre a estratigrafia da Formação Santana, Bacia do Araripe. *Revista de Geologia*, 4: 51-60.
- Viana, M. S. S., Neumann, V. H. L. 2002. Membro Crato da Formação Santana, Chapada do Araripe, CE, riquíssimo registro de fauna e flora do Cretáceo. In: Schobbenhaus, C.; Campos, D. A.; Queiroz, E. T.; Winge, M.; Berbert-Born, M. L. C. (Edit.) 2002. Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP) - Brasília 2002; 554pp.
- Vila Nova, B. C., Saraiva, A. A. F., Moreira, J. K. R., Sayão, J. M. 2011. Controlled excavations in the Romualdo Formation Lagerstätte (Araripe Basin, Brazil) and pterosaur diversity: remarks based on new findings. *Palaios*. 26(3):173–179.