



LA FLORA DEL MIEMBRO CRATO, FORMACIÓN SANTANA, CRETÁCICO TEMPRANO DE LA CUENCA DE ARARIPE, NORESTE DEL BRASIL.

BERNARDES-DE-OLIVEIRA, M. E ^{1,2}, DILCHER, D. ³, FRANCA
BARRETO, A. M. ⁴, RICARDI-BRANCO, F. ⁵, MOHR, B. ⁶, DE
CASTRO-FERNANDES, M. C. ^{1,2}

¹ Universidade de São Paulo-IGc-USP- São Paulo, SP – Brasil - maryeliz@usp.br

² Universidade Guarulhos-Laboratório de Geociências – Guarulhos SP – Brasil- geo@ung.br

³ Florida Museum of Natural History, University of Florida, Gainesville, USA –
dilcher@flmnh.ufl.edu

⁴ Universidade Federal de Pernambuco – IGC – Recife – PE – Brasil - alcina@npd.ufpe.br

⁵ Universidade Estadual Campinas – IGC – Campinas, SP – Brasil - fresia@ige.unicamp.com.br

⁶ Museum für Naturkunde – Berlim – Alemania

INTRODUCCIÓN

El objetivo fundamental de este trabajo fue realizar una síntesis de los conocimientos paleobotánicos obtenidos hasta el presente a partir del estudio de los vegetales fósiles encontrados en el Miembro Crato, parte basal de la Formación Santana, cuenca de Araripe.

El registro de vegetales fósiles del Cretácico Temprano brasileño es relativamente escaso, aunque tienen una enorme importancia por su gran diversidad, abundancia y excelente preservación, como es el caso de los vegetales fósiles encontrados en el Miembro Crato, considerado como uno de los registros de plantas del Cretácico Temprano más importantes del mundo.

La cuenca de Araripe, está situada en el noreste del Brasil (Figura 1), incluyendo dentro de ella una pequeña porción de los estados de Piauí, Pernambuco y Ceará, entre las coordenadas 38°30' y 40°50' de longitud oeste y 7°05' y 7°50' de latitud sur. Esta cuenca posee una forma, aproximadamente, rectangular con el eje longitudinal de dirección E-O (Brito Neves, 1990). La cuenca de Araripe está integrada por secuencias sedimentarias paleozoicas y mesozoicas, que se distribuyen actualmente en una área aproximada de 8.000km².

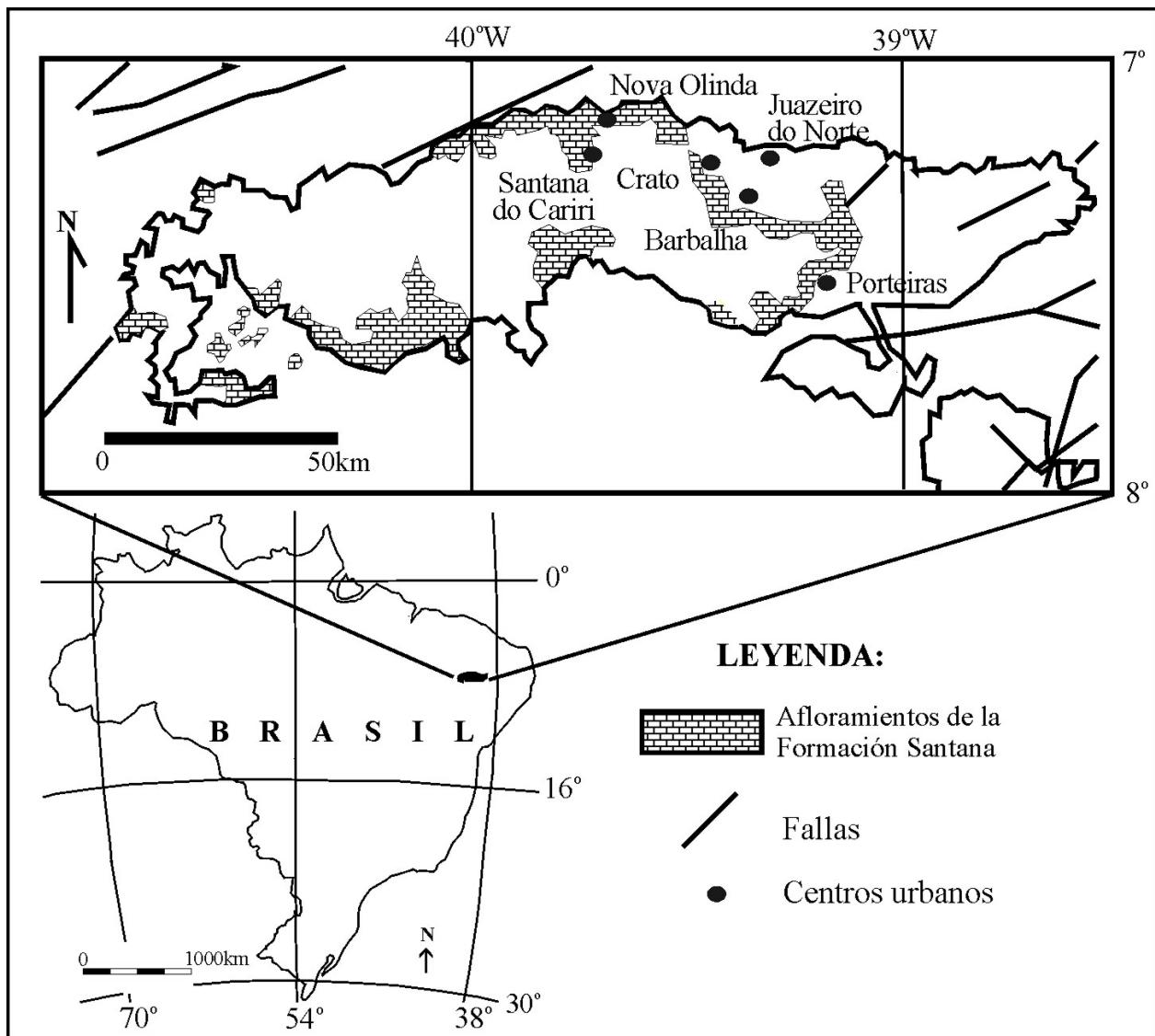


Figura 1: Localización de los afloramientos de la Formación Santana en la Cuenca de Araripe (Modificado de Viana *et al.*, 1999)

La Formación Santana es, sin duda, la unidad litoestratigráfica de la cuenca más rica en fósiles. Dentro de ella se encuentra el yacimiento más grande de gipsita del país, además de enormes depósitos de calizas. Esta formación tiene, en promedio, un registro de 130 m y se divide en tres miembros: Crato, Ipobi y Romualdo (Beurlen, 1971), sobrepuertos en ese orden de la base al tope. Los miembros Crato y Romualdo son los más ricos en fósiles. Esta formación es conocida internacionalmente por la variedad, diversidad y excelente calidad de preservación de sus extraordinarios fósiles. A lo largo de toda su secuencia se encuentran floras y faunas con características faciológicas particulares, que permiten separar varios paleoambientes y que en consecuencia se interpretan como niveles con particularidades tafonómicas y paleoecológicas propias (Vianna, 1999).

La litología del Miembro Crato es caracterizada por calizas laminadas con numerosas intercalaciones de lutitas, margas y calcarenitos. El contacto inferior del Miembro Crato con la Formación Rio Batateira es gradual y discordante con las camadas de la Formación Abaíara, también con rocas precambrianas. Este miembro posee un espesor medio de 50m. El contacto superior con el Miembro Ipubi es normal y gradual. El Miembro Crato (Medeiros *et al.*, 1997) es considerado como representante de un sistema lacustre formado por varios cuerpos de agua extensos y poco profundos, que preservó en sus sedimentos un excelente registro fosilífero en el que se incluyen ostracodes, conchostráceos, insectos, arácnidos, bivalvos, gasterópodos, peces actinopterígeos, anuros, cocodrilos, pterosaurios, coprolitos, estromatolitos, pteridófitas, gimnospermas, angiospermas y sus palinomorfos.

La paleoflora encontrada en el Miembro Crato es de vital importancia para los estudios paleoflorísticos, aunque hasta el presente se encuentre poco estudiada. Su importancia es consecuencia de su excelente preservación con detalles morfológicos y anatómicos, de su abundancia y diversidad, así como de su edad clave (Aptiano) para el estudio de la evolución inicial de las angiospermas. También su localización paleogeográfica es sumamente importante dentro de la provincia Florística Ecuatorial Árida (Vakhrameev, 1984, en. Meyen, 1987), por esas razones su estudio es fundamental, ya que posiblemente allí ocurrió el origen y la dispersión de las primeras angiospermas.

LA PALEOFLORA DEL MIEMBRO CRATO

Como ya se comentó, en el conjunto de fósiles de vegetales del Miembro Crato, se han identificado raíces, caules, frondes estériles y fértiles, ramas, hojas, flores, frutos y semillas de diferentes grupos, con una excelente preservación por calcificación, limonitización y goethitización (Vianna, 1999; Bernardes-de-Oliveira *et al.* 1999 a e b).

Gracias a los estudios palinológicos realizados por Lima (1978a e b, 1980), Pons *et al.* (1990, 1992, 1996), Arai *et al.* (1997) y Neumann (1999) se sabe que allí habitaban especies de Licopsida, Esfenopsida, Filicopsida, Gimnospermopsida, Gnetopsida y Angiospermopsida. Con relación a la edad, Arai *et al.* (1997) apoyados en la presencia de palinomorfos y ostracodermos que también se encuentran en la Zona de Intervalo *Sergipea veriverrucata* (P-270) y en la Ostracozona NRT-011, le dieron al Miembro Crato una edad aptiana tardía.

Quien comenzó a estudiar la paleoflora del Miembro Crato fue Duarte (1965), pero solamente 20 años después Duarte (1985) describe la presencia de: gimnospermas, especialmente ramas de coníferas conocidas como *Brachiphyllum obesum* Heer, *Brachiphyllum castolhoi* sp. n. y *Podozamites lanceolatus* (Lindley and Hutton) Schenk y de angiospermas lacustres *Nymphaeites choffati* (Saporta) Teixeira y *Choffatia francheti* Saporta (Figura 3). Años después Duarte (1993) retoma el estudio de esta tafoflora y describe fósiles de hojas de Araucariaceae conocidas como *Araucaria cartelli* sp. n. y *Araucarites vulcanoi* Duarte.

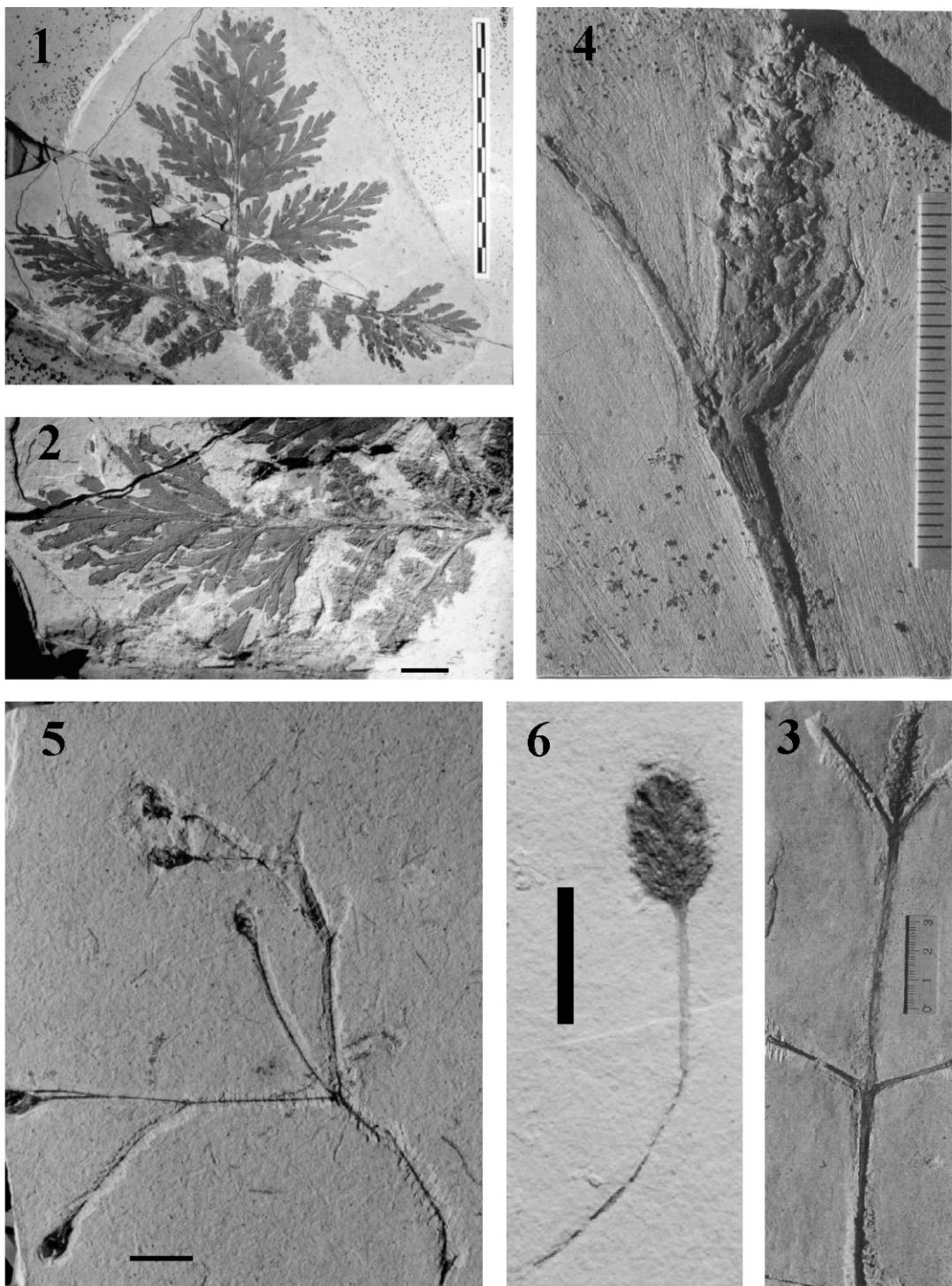


Figura 2: Algunas especies de helechos y gimnospermas encontradas en el Miembro Crato de la Formación Santana.

1- *Anemia* sp. (Schizeaceae) escala en centímetros. 2- Fronde de *Anemia* sp. con esporofilos, escala 1 cm. 3- Ramita de Welwitschiaceae con estrobilo masculino, escala 1 cm. 4- Detalle del estrobilo de Welwitschiaceae, escala en centímetros. 5- Ramitas con frutificaciones de Ephedraceae. 6- Detalle de un estrobilo de Ephedraceae, escala 1cm.

Posteriormente, a partir del estudio de ejemplares depositados en las colecciones científicas del Instituto de Geociencias de la Universidad de São Paulo (USP), del Instituto de Geociencias de la Universidad Federal de Pernambuco (UFPE), del Museo de Paleontología de Santana del Cariri de la Universidad Regional de Crato (URCA) y del Museo de Crato (DNPM) se sugirió dentro de la taifoflora neoaptiana del Miembro Crato la presencia de las siguientes formas:

- hojas de Araucariaceae (Crane & Maisey, 1991; Bernardes-de-Oliveira *et al.*, 1993);
- frondes de helechos de la familia Schizeaceae (Lima & Oliveira-Babinski, 1991) descritas posteriormente como *Anemia* sp. (Figura 2) por Bernardes-de-Oliveira *et al.* (1996);
- ramas con fructificaciones de Ephedraceae por Pons *et al.* (1992) y Bernardes-de-Oliveira (1996);
- plántulas, hojas, estróbilos femeninos y masculinos de Welwitschiaceae por Bernardes-de-Oliveira *et al.* (1999a). Al año siguiente Bernardes-de-Oliveira *et al.* (2000) hacen una síntesis de la presencia de gnetaleanas (Figura 2).

Con relación a las angiospermas, Lima *et al.* (1996) hacen algunas observaciones preliminares, más tarde Mandarin-de-Lacerda *et al.* (2000) discuten la presencia de estructuras reproductivas relacionadas a la Subclase Magnoliidae. Con relación a frutos de Angiospermopsida Barreto *et al.* (2000), describen un fruto monocarpelar (Figura 3) referible a Magnoliales por su semejanza con *Archeanthus linnenbergeri* Dilcher & Crane, encontrado en la Formación Dakota, Cretácico Superior de EUA. También Cristalli *et al.* (1999) citan un fruto de Leguminosae y Barreto *et al.* (2001) estudian un fruto alado.

Además Dilcher *et al.* (2000) realizan una síntesis de los fósiles vegetales encontrados en las colecciones ya mencionadas, agregando las especies del Miembro Crato depositadas en el Museo de Historia Natural de Berlín incluyendo en ellas los siguientes grupos: esfenófitas del morfogénero *Schizoneura*; licópsidas con estructura de bulbo semejante a *Isoetes* con esporofilos preservados; brácteas trilobadas de coníferas, hojas jóvenes y sueltas (Figura 3); semillas aladas y plántulas de Welwitschiaceae; caules tipo *Ephedra* algunos de los cuales con hojas y brácteas con semillas, frutos halados y uno monocarpelar, así como un agrupamiento de pétalos de angiosperma (Figura 3). Mas recientemente Mohr & Friis (2000) publicaron una lista preliminar con los ejemplares de angiospermas depositados en el Museo de Berlín y Mohr & Rydin (2002) escribieron una monocotiledónea denominada *Trifurcatia flabellata* n.gen.,n. sp.

Para finalizar, es interesante agregar que en la paleoflora del Cretácico Temprano de la Formación Santana, tanto desde el punto de vista palinológico como del paleobotánico existe un marcado predominio de las formas de gimnospermas sobre las angiospermas. Ese hecho es característico de las floras del Cretácico Temprano a nivel mundial. Según Lima *et al.* (1996) las angiospermas representan un 25%, existiendo ya una cierta diversificación con varias especies emparentadas con las Magnoliopsida-Magnoliidae, Magnoliopsida-Hamamelidae y Liliopsida. Este cuadro es descrito por Morley (1999) entre otros autores como el comienzo de la instalación de las angiospermas en los ecosistemas terrestres. La presencia de las esquizeaceas, gnetaleanas y coníferas sugieren un clima de seco a árido con algunas angiospermas localizadas en bosques de galería o acuáticas como (*Nymphaeites choffatti* *Choffatia francheti*).

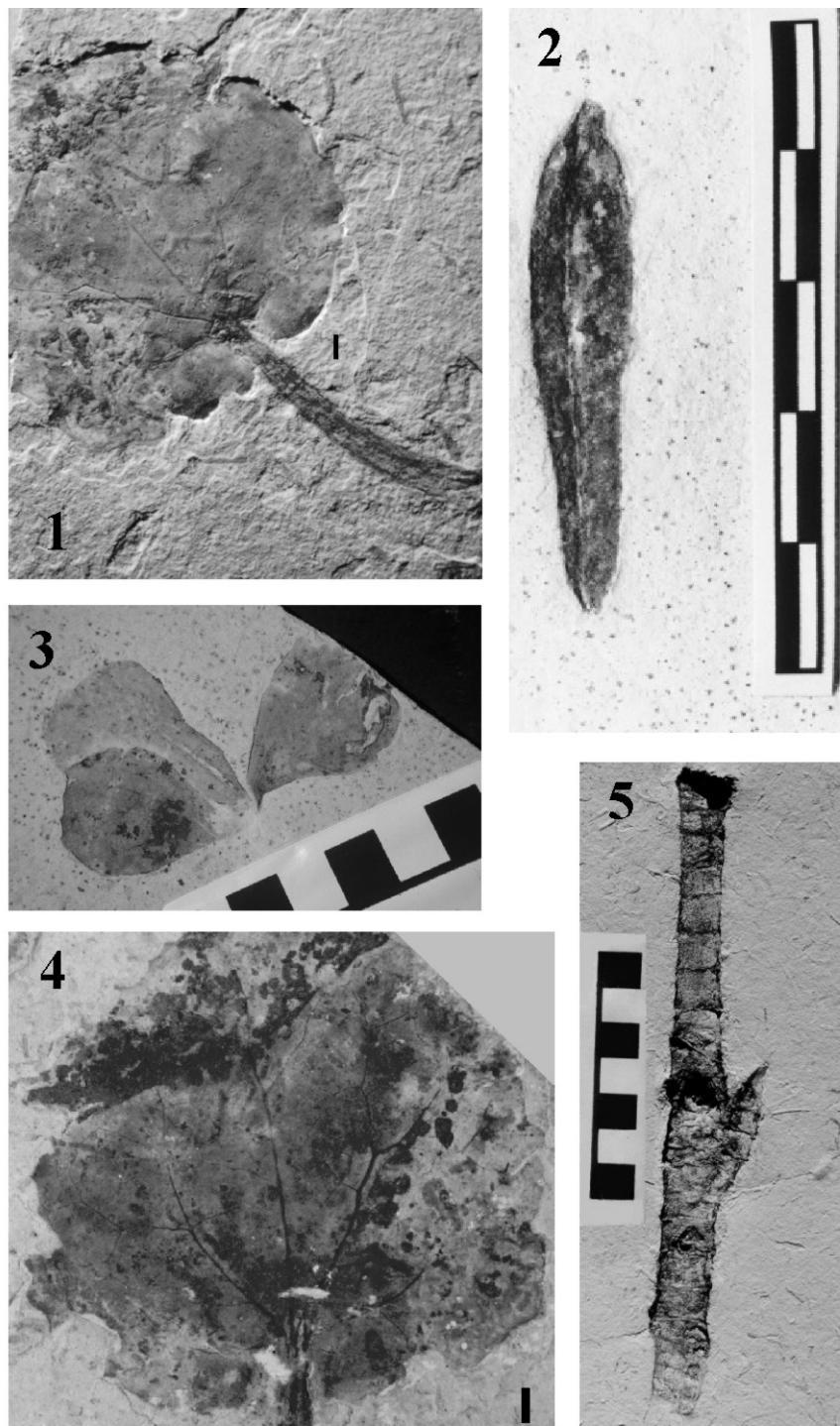


Figura 3: Algunas especies de angiospermas encontradas en el Miembro Crato de la Formación Santana.
1- Hoja de angiosperma, escala 1 cm. 2- Fruto monocarpelar, escala em centímetros. 3- Reunión de petalos, escala em centímetros. 4- Hoja de angiosperma, escala 1 cm. 5- Caule de *Choffatia*, escala en centímetros.

REFENCIAS

- Arai, M., Coimbra, J.C. y Silva-Teles, JR. A.C. 1997. Síntese bioestratigráfica da Bacia do Araripe (Nordeste do Brasil). Simpósio da Bacia do Araripe e bacias interiores do NE, 2º. Crato. Brasil 1993. Resumo das comunicações. P. 21.
- Barreto, A.M.F., Bernardes-de-Oliveira, M.E.C., Dilcher, D., Mandarim-de-Lacerda, A.F. y Viana, M.S.S. 2000. Fruto monocarpelar Eocretáceo do Membro Crato, Formação Santana, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. Revista da Universidade de Guarulhos Geociências. Vol. 5 (número especial). p. 121–124.
- Barreto, A.M.F., Mandarim-de-Lacerda, A.F., Dilcher, D., Bernardes-de-Oliveira, M.E.C. y Viana, M.S.S. 2001. Fruto alado Eocretáceo do Membro Crato, Formação Santana, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 17, Rio Branco, Brasil. 1999. Resumos. p.78.
- Bernardes-de-Oliveira, M.E.C., Lima, M.L. y Pons, D. 1993. Folhas de Araucariaceae da Formação Santana Cretáceo do Nordeste brasileiro. Anais da Academia Brasileira de Ciencias. Vol. 65. p. 329-330.
- Bernardes-de-Oliveira, M.E., Pons, D., Mussa, D. y Mandarim-de-Lacerda, A.F. 1996. Ephedrales eocretáceas da Formação Santana, bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. Congresso nacional de Botânica, 47, Nova Friburgo. Brasil. 1996. Resumos. Nova Friburgo. Brasil. p. 491.
- Bernardes-de-Oliveira, M.E.C., Dilcher, D., Mandarim-de-Lacerda, A.F. y Pons, D. 1999a. Registro Aptiano-Albiano de Welwitschiaceae, na Formação Santana, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. Congresso brasileiro de Paleontologia, 16. Crato. Brasil. 1999. Resumos. p. 26.
- Bernardes-de-Oliveira, M.E., Rabelo-Leite; F.P., Ricardi-Branco, F. y Mandarim-de-Lacerda, A.F. 1999b. Esquizeácea da Formação Santana, Eocretáceo da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. Congresso brasileiro de Paleontologia, 16. Crato, Brasil. Resumos. p. 26-27.
- Bernardes-de-Oliveira, M.E., Ricardi-Branco, Dilcher, D., Pons, D. y Mandarim-de-Lacerda, A.F. 2000. Gnetalean macrofossils of the Crato Member, Santana Formation, late Aptian-early Albian, Chapada do Araripe, Brazil. International Geological Congress, 31. Rio de Janeiro, Brazil. Booth E43. CD-Rom.
- Beurlen, K. 1971. As condições ecológicas e faciológicas da Formação Santana na Chapada do Araripe (Nordeste do Brasil). Anais da Academia Brasileira de Ciencias. Vol. 43 (suplemento). p 411-415.
- Brito Neves, B.B. (1990) A Bacia do Araripe no contexto geotectônico regional. Simpósio sobre a Bacia do Araripe e bacias interiores do Nordeste, 1. Crato. Brasil. 1990. Atas. p. 43-51.
- Crane, P.R. y Maisey, J.G. 1991. Fossil plants. In Santana Fossils: illustrated atlas. Masey, J.G. (Ed.). N.J., T.F.H Neptune City., p. 414–433.
- Cristalli, P.S., Sales, A.M.F. y Albuquerque, P.R.F. 1999. Ocorrência de compressão cárpica de Leguminosae na Formação Santana, Chapa do Araripe, NE do Brasil. Congresso brasileiro de Paleontologia, 16. Crato. Brasil. Resumos. p. 38-39.
- Dilcher, D., Mandarim-de-Lacerda, A.F., Barreto, A.M.F. y Bernardes-de-Oliveira, M.E. 2000. Selected fossils from the Santana Formation, Chapada do Araripe, Brazil. Revista da Universidade de Guarulhos Geociências. Vol. 5 (número especial). p. 249.
- Duarte, L. 1965. Estratigrafia e Paleontologia da Formação Santana. Congresso brasilerio de Geologia, 19. Rio de Janeiro. Brasil. Avulso DNPM/DGM, Vol. 40. p. 60.
- Duarte, L. 1985. Vegetais fósseis da Chapada do Araripe, Brasil. In: Coletânea de Trabalhos Paleontológicos. Campos, D.A., Ferreira, C.S., Brito, I.M. y Viana, C.F. (Ed.). DNPM, Ser. Geol. nº 27, Secção Paleontol. Estratigr. nº 2. p. 557-563.
- Duarte, L. 1993. Restos de Araucariáceas da Formação Santana – Membro Crato (Aptiano), NE Brasil. Anais da. Academia Brasileira de Ciencias. Vol. 65. p. 357-362.
- Lima, M.R. de 1978a. *Palinologia da Formação Santana (Cretáceo do Nordeste do Brasil)*. Tese de Doutoramento. Universidade de São Paulo. Instituto de Geociências. Departamento de Paleontologia e Estratigrafia. São Paulo. Brasil. 334pp.
- Lima, M.R. de 1978b. O paleoambiente deposional da Formação Santana (Grupo Araripe) segundo evidências palinológicas. Congresso brasileiro de Geologia, 30. Recife. Brasil. 1978. Anais. p. 970-974.
- Lima, M.R. de 1980. Palinologia da Formação Santana (Cretáceo do Nordeste do Brasil). III. Descrição sistemática dos polens da Turma Plicates (Subturma Cortates). Ameghiniana. Vol. 17. p. 15-47.
- Lima, M.R. de y Oliveira-Babinski, M.E. 1991. Pterophyte remains from the lower Cretaceous, Santana Formation, Araripe Basin, Northeasten Brazil. Congresso brasileiro de Paleontologia, 12. São Paulo. Brasil. 1991. Resumos. p. 56.

- Lima, M.R. DE, Mandarim-de-Lacerda, A.F., Pons, D., Mussa, D., Bernardes-de-Oliveira, M.E. y Cristalli, P.S. 1996. Angiospermas fósseis da Formação Santana, Albo-Aptiano, Chapada do Araripe, Nordeste do Brasil. Congresso nacional de Botânica, 47. Nova Friburgo. Brasil. 1996. Resumos. p. 491.
- Mandarim-de-Lacerda, A.F., Dicher, D., Barreto, A.M.F, Bernardes-de-Oliveira, M.E.C. y Pons, D. 2000. Floral structures of Anthophytatae-Magnolidae the Santana Formation, Late Aptian/Early Albian, Chapada do Araripe, Brazil. International Geological Congress, 31. Rio de Janeiro. Brazil. 2000. CD Room.
- Medeiros, R. A., Ponte, F.C. y Ponte-Filho, F.C. 1997. Análise Estratigráfica da Bacia do Araripe: parte 2 – Análise de fácies. simpósio sobre a Bacia do Araripe e bacias interiores do Nordeste, 2. Crato. Brasil. 1997. Atas. Revista de Geologia da UFC, edição especial.
- Meyen, S. 1987. *Fundamentals of Paleobotany*. Chapman and Hall. 431p. London.
- Mohr, B.A.R. y FRIIS, E.M. 2000. Early angiosperms from the Lower Cretaceous Crato Formation (Brazil) a preliminary report. International Journal of Plant Science. Vol.61. p. S155-S167.
- Mohr, B. y Rydin, C. 2002. *Trifurcatia flabellata* n. gen. n. sp., a putative monocotyledon angiosperm from the Lower Cretaceous Crato Formation (Brazil). Mitt. Mus. Nat. kd. Berl., Geowiss. Reihe. Vol. 5. p. 335-344.
- Morley, R.J. 1990. *Origin and evolution of tropical rain forest*. John Wiley & Sons, LTD. 450pp. London
- Neumann, V.H.M.L. 1999. Estratigrafía, Sedimentología, Geoquímica y Diagénesis de los Sistemas Lacustres Aptiense-Albiense de la Cuenca de Araripe (Nordeste de Brasil). Tese de doutoramento. Universitat de Brancelona. Departamento d'Estratigrafia y Paleontología. Barcelona. España. 233pp.
- Pons, D., Berthou, P.Y. y Campos, D.A. 1990. Quelques observations sur la palynologie de l'Aptien Supérieur et de l'Albien du Bassin d'Araripe (NE du Brésil). Simpósio sobre a Bacia do Araripe e bacias interiores do Nordeste, 1. Crato. Brasil. Atas. p. 241-252.
- Pons, D., Oliveira-Babinski, M.E.B. y Lima, M.R. de, 1992. Les Ephedrales de la Formation Santana, Crétacé Inférieur du Bassin d'Araripe (Brésil). International organization for Palaeobotany Conference, 4. Paris. France. 1992. Abstracts. p. 125.
- Pons, D., Berthou, P.Y., Filgueira, J.B.M. y Sampaio, J.J.A. 1996. Palynologie des unités lithostratigraphiques "Fundão" , "Crato"et "Ipobi"(Aptien Supérieur à Albien Inférieur Moyen, Bassin d'Araripe, NE du Brésil): Enseignements paléoécologiques, stratigraphiques et climatologiques. Géologie de L'Afrique et de l'Atlantique Sud: Colloques Angers. Pau. France. 1996. Actes. p. 383-401.
- Viana, M.S.S. 1999. Estudo Paleoambiental na parte superior da Formação Santana (Cretáceo da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil): natureza dos sedimentos e tafonômia. Tese de Doutoramento. Universidade Federal de Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Departamento de Paleontologia e Estratigrafia. Porto Alegre. Brasil. 124pp.