



Aspectos Tafonômicos de Testudines da Formação Santana (Cretáceo Inferior), Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil

Taphonomical Aspects of Testudines from Santana Formation (Lower Cretaceous),
Araripe Basin, Northeastern Brazil

Gustavo Ribeiro de Oliveira

Museu Nacional / UFRJ, Setor de Paleovertebrados, Departamento de Geologia e Paleontologia. Quinta da Boa Vista, s/n°, São Cristóvão, 20940-040, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

E-mail: gustavoliveira@gmail.com - Bolsista CNPq

Recebido em: 30/03/2007 Aprovado em: 27/07/2007

Resumo

A Formação Santana é mundialmente famosa pela enorme concentração de fósseis e o excelente estado de preservação destes. Esta unidade é subdividida em três membros: Crato, Ipubi e Romualdo. Até a presente data seis espécies de tartarugas são conhecidas: *Araripemys barretoii* Price, 1973; *Santanachelys gaffneyi*, Hirayama, 1998; *Brasilemys josai* Lapparent de Broin, 2000; *Cearachelys placidoi* Gaffney, Campos & Hirayama, 2001, *Euraxemys essweini* Gaffney, Tong & Meylan, 2006 e *Caririemys violeatae* Oliveira & Kellner, 2007. Aqui são apresentados aspectos tafonômicos de tartarugas dos membros Crato e Romualdo. No Crato *lagerstätte* apenas um exemplar foi examinado (MN 4893-V) *Araripemys* sp. (crânio fragmentado, esqueleto axial e apendicular). Este se encontra preservado nos calcários finamente laminados de coloração bege, característicos do Membro Crato. No Romualdo *lagerstätte* três exemplares foram analisados (MN 6743-V, MN 6744-V e MN 6760-V). Os dois primeiros são espécimes pertencentes a *Araripemys barretoii* (casco e vértebras cervicais) e o último é um espécime de *Cearachelys placidoi* (casco fragmentado). Estes estão preservados em concreções calcárias típicas do Membro Romualdo. Nenhum dado de coleta desses exemplares encontra-se disponível, entretanto é possível inferir sobre aspectos de preservação desses exemplares, uma vez que estes se encontram preservados na matriz sedimentar original. Todos os espécimes analisados apresentaram a superfície dos ossos íntegra, sem indícios de abrasão, o que permite inferir que estes exemplares são autóctones.

Palavras-chave: Testudines; Tafonomia; Formação Santana; Crato *lagerstätte*; Romualdo *lagerstätte*

Abstract

Araripe Basin is worldwide famous by diverse and exquisitely well preserved fossil assemblages in Santana Formation. This lithostratigraphic unit is subdivided into three members: Crato, Ipubi and Romualdo. Up to date six species of turtles are known: *Araripemys barretoii* Price, 1973; *Santanachelys gaffneyi*, Hirayama, 1998; *Brasilemys josai* Lapparent de Broin, 2000; *Cearachelys placidoi* Gaffney, Campos & Hirayama, 2001, *Euraxemys essweini* Gaffney, Tong & Meylan, 2006 and *Caririemys violeatae* Oliveira & Kellner, 2007. Taphonomical features of turtles from Crato and Romualdo members are presents here. One specimen was examined in the Crato *lagerstätte*, (MN 4893-V) *Araripemys* sp. (partial skull, axial and apendicular skeleton). This exemplar is preserved in light-beige colored laminated limestone from the Crato Member. Three specimens were analyzed (MN 6743-V, MN 6744-V and MN 6760-V) in the Romualdo *lagerstätte*, the two first are *Araripemys barretoii* specimens (shell and cervical vertebrae) and the later is a *Cearachelys placidoi* specimen (fragmented shell). They are preserved in calcareous nodules. No data of collection of these specimens are available, however are possible to infer on aspects of preservation of these exemplares, since that these are preserved in the original sedimentary matrix. All specimens have shown the surface of bones without abrasion, what it allows to infer these turtles as autochthonous.

Keywords: Testudines; Taphonomy; Santana Formation; Crato *lagerstätte*; Romualdo *lagerstätte*

1 Introdução

A Bacia do Araripe localiza-se na região nordeste do Brasil entre os estados do Ceará, Pernambuco e Piauí. Sua área de ocorrência não se limita à Chapada do Araripe, estendendo-se também pelo Vale do Cariri em um total de aproximadamente 9.000 km² (Neumann & Cabrera, 1999). A feição geomorfológica principal desta área é a Chapada do Araripe, que se encontra posicionada entre as coordenadas 7°00' e 7°45'S e entre 39°00' e 41°00'W e estendendo-se de Brejo Santo (Ceará) a leste, até Simões (Piauí) a oeste, ocupando aproximadamente 160 km (Leste-Oeste) e 30 a 50 km (Norte-Sul).

A Bacia do Araripe engloba um dos mais importantes, se não o mais importante, depósitos fossilíferos noticiado no Brasil, a Formação Santana. Esta unidade litoestratigráfica é mundialmente famosa pela enorme concentração de fósseis e o excelente estado de preservação destes. Diversas propostas foram apresentadas para a estratigrafia desta bacia (p. ex. Beurlen, 1971), sendo utilizada neste trabalho as propostas elaboradas por Ponte & Appi, (1990) e Ponte & Ponte-Filho (1996).

Neste trabalho são realizadas observações tafonômicas sobre a ocorrência de tartarugas fósseis (Reptilia: Testudines) encontrados na Formação Santana. São estudados exemplares encontrados nos membros Crato e Romualdo, visando apresentar dados que reflitam as condições de preservação destes tetrápodes.

A Formação Santana apresenta uma grande diversidade paleoerpetológica, incluindo diversos restos de pterossauros, crocodilomorfos, dinossauros, lagartos, anuros e tartarugas. (Maisey, 1991; Kellner, 1998; Oliveira & Kellner, 2005a,b).

Em termos de répteis fósseis, as rochas do Membro Crato são relativamente pobres, constituindo-se de restos de pterossauros, lagartos fósseis contendo impressão de tecido mole, crocodilomorfos de pequenas dimensões (Salisbury *et al.*, 2003) e tartarugas (Kellner, 1998; Viana & Neumann, 2002). Fielding *et al.* (2005) e Oliveira & Kellner (2005a, 2006) mencionam a presença de Araripemydidae nas rochas do Membro Crato, respectivamente: *Araripemys arturi*, cf. *Araripemys* e *Araripemys* sp.

Comparativamente, a fauna de répteis fósseis do Membro Romualdo é mais rica, reunindo, além de tartarugas, inúmeros exemplares de pterossauros, alguns dinossauros e, mais raramente, crocodilomorfos (Kellner, 1998). Existem pelo menos seis formas distintas de tartarugas, cronologicamente denominadas: *Araripemys barretoii* Price, 1973 (Meylan, 1996), *Santanachelys gaffneyi* Hirayama, 1998, *Brasilemys josai* Lapparent de Broin, 2000, *Cearachelys placidoi* Gaffney, Campos & Hirayama, 2001, *Euraxemys es-sweini* Gaffney, Tong & Meylan, 2006 e *Caririemys violeetae* Oliveira & Kellner, 2007.

2 Material e Métodos

O exemplar procedente do Membro Crato (MN 4893-V) foi preparado mecanicamente, com o uso de martelos pneumáticos, pequenas ponteiras e agulhas, utilizando as técnicas apresentadas por May *et al.* (1994). Os fósseis provenientes do Membro Romualdo (MN 6743-V, MN 6744-V, MN 6760-V), foram preparados quimicamente, com o uso de ácido fórmico, com concentrações de 2 a 5%, segundo a metodologia apresentada por Kellner (1995) e Silva & Kellner (2006).

Os espécimes analisados encontram-se na coleção do Setor de Paleovertebrados do Departamento de Geologia e Paleontologia do Museu Nacional - UFRJ, não apresentando informações precisas, como: coleta, localidades, associação a outros organismos, orientação, posição estratigráfica. No entanto, os exemplares analisados encontram-se preservados dentro da matriz sedimentar original, permitindo a observação da relação fóssil-sedimento.

3 Geologia

A Bacia do Araripe é estratigraficamente dividida em, da base para o topo: Formação Mauriti; o Grupo Vale do Cariri, constituído pela Formação Brejo Santo, Formação Missão Velha e Formação Abaiara; e o Grupo Araripe, que engloba a Formação Rio da Batateira, Formação Santana, Formação Arajara e Formação Exu (Ponte & Appi, 1990; Ponte & Ponte-Filho 1996). Desde os primeiros trabalhos geológicos realizados na Bacia esta tem sido revisada por diversos autores (p. ex. Small, 1913; Beurlen, 1971; Ponte & Appi, 1990; Ponte & Ponte Filho, 1996).

Por conveniência, não será apresentado um contexto geológico de toda a bacia, pois o foco principal desse trabalho encontra-se restrito a exemplares provenientes da Formação Santana, mais especificamente, espécimes procedentes dos membros Crato e Romualdo, logo, será fornecido apenas o contexto geológico da referida unidade litoestratigráfica (Ponte & Appi, 1990; Ponte & Ponte Filho, 1996).

A Formação Santana é constituída na base por um folhelho betuminoso fossilífero, seguindo-se um siltito argiloso, tendo acima um calcário laminado. Ocorre ainda gipsita, cujas jazidas representam um grande valor econômico e acima um calcário margoso com concreções calcárias fossilíferas. É também a leste da chapada que esta formação tem a maior espessura, cerca de 250 metros, na região do Crato, faltando apenas em alguns municípios de Pernambuco. A Formação Santana é subdividida em 3 membros, que da base para o topo constituem: os calcários laminados do Membro Crato, os folhelhos betuminosos e a gipsita do Membro Ipubi e os nódulos calcários e as margas do Membro Romualdo (Beurlen, 1971), que também apresenta extensas camadas de arenito (Fara *et al.*, 2005). A idade das rochas da Formação Santana abrange o Aptiano/Albiano (Cretáceo Inferior), o que foi determinado a partir de dados palinológicos (Pons *et al.*, 1990).

Esta unidade litoestratigráfica apresenta fósseis mundialmente famosos, que se encontram preservados em dois depósitos fossilíferos (Lagerstätten) distintos. O primeiro reúne as rochas sedimentares do Membro Crato, onde os fósseis tendem a serem preservados compactados. O segundo depósito reúne as rochas do Membro Romualdo e possui, normalmente, fósseis preservados em três dimensões, sendo comum a preservação de tecido mole (Martill, 1988; Kellner & Campos, 1998).

A estratificação regular, muito fina e paralela do Membro Crato indica ambientes calmos de sedimentação. A associação fossilífera de conchostráceos, ostracodes, insetos e peixes relativamente pequenos (p. ex. *Dastilbe* Jordan, 1910) indicam um depósito em um corpo de água doce (Silva-Santos, 1991). A região de Nova Olinda representa provavelmente as bordas de uma grande lagoa, que recebia contribuição do continente (Assine, 1992).

O Membro Ipubi é formado principalmente por gipsita e anidrita, com leitos de folhelhos escu-

ros intercalados (Ponte & Appi, 1990). Com espessura máxima de 30 metros, as camadas de gipsita são bastante comuns na área de Santana do Cariri, mas concentram-se, sobretudo na porção oeste da bacia, de Ipubi a Araripina (Assine, 1992). Segundo Silva (1983) esta camada evaporítica representa o clímax de uma seqüência sedimentar em um lago interior, cujas águas progressivamente se tornaram salinas devido à crescente evaporação. Nos estratos do Membro Ipubi são encontrados restos de ostracodes, peixes, partes de râmulos e fragmentos de folhas de *Ginkgo* sp., além de registros de Charophyta (Saraiva *et al.*, 2001).

Nas concreções do Membro Romualdo, a fossilização preservou os restos orgânicos em três dimensões. Martill (1988) registrou a fosfatização de tecidos moles com a presença de fibras musculares de pele e escamas, de ovário de *Rhacolepis* com ovos no seu interior. Além destes também são encontrados parede estomacal e o aparelho branquial com vasos sanguíneos fosfatizados em muitos espécimes de peixes. O topo do Membro Romualdo é coberto por uma camada de cerca de 12 m de margas com bancos de conchas, gastrópodes e bivalves e mais equinóides (Beurlen, 1966), que evidencia a sedimentação marinha. Restos de peixes como escamas, opérculos e outras partes desarticuladas foram encontrados junto aos bancos de conchas que também se apresentam muito fragmentadas sugerindo o transporte do material.

Silva (1983) propôs que a Formação Santana se depositou totalmente em um ambiente lacustre. Um confinamento da bacia seria responsável por uma alta taxa de evaporação, maior do que o aporte de águas fluviais, resultando na precipitação dos evaporitos, sob forma de gesso e anidrita. A evaporação teria continuado até que o lago secasse totalmente, deixando a camada de evaporitos totalmente exposta ao ar, havendo a formação de calcrete e "karst". Em seguida, houve a formação de um novo lago nesta bacia, havendo a deposição de rochas calcárias.

Martill (1988) sugeriu um modelo geoquímico para explicar a mortalidade em massa dos organismos depositados no Membro Romualdo a partir de mudanças na composição química da água (hipersalinidade) e também para explicar a formação das concreções fossilíferas iniciadas por trocas gasosas dos indivíduos mortos com o meio, no fundo do corpo aquoso em zona suboxidante. Esta hipótese,

de que o Membro Romualdo teria se depositado em ambiente de água salgada já tinha sido proposta anteriormente (Beurlen, 1971).

4 Descrição

4.1 MN 4893-V

O exemplar MN 4893-V está parcialmente preservado, apresentando crânio fragmentado; vértebras cervicais e impressões de vértebras cervicais; uma provável vértebra sacral; 12 vértebras caudais e impressão de outras sete vértebras caudais; impressão do úmero direito; fragmentos da porção distal do membro anterior direito; impressão de rádio e ulna esquerdos; fragmentos da porção distal do membro anterior esquerdo, constituído por metacarpal I, impressão dos metacarpais II, III e IV, ungueal I e falanges; fragmentos da porção distal do membro posterior direito, constituído pelos metatarsais II, III e IV; falanges e ungueais III e IV fragmentada; impressão da porção distal do membro posterior esquerdo (Figura 1).

MN 4893-V é um típico exemplo de fósseis preservados nos calcários laminados do Membro Crato. De coloração amarronzada, preservado acha-

tado, bastante fragmentado e sem preservação de tecido mole, porém de grande importância, uma vez que trata-se de *Araripemys* sp. em estágio ontogenético pouco avançado.

MN 4893-V mede cerca de cinco centímetros e é tido com um indivíduo juvenil por apresentar estruturas ósseas bastante frágeis, e tamanho reduzido. Alguns elementos ósseos podem não ter se preservado em virtude dessa fragilidade.

4.2 MN 6743-V

Este espécime encontra-se com o casco parcialmente preservado (Figura 2). MN 6743-V é um típico exemplo de adulteração de materiais, o que frequentemente ocorre na região do Araripe. O exemplar estava parcialmente sob matriz rochosa no início da preparação química, após quatro semanas apareceu uma camada de resina epóxi (material utilizado na adulteração) e então o material teve que ser preparado mecanicamente. Abaixo da resina encontrava-se parcialmente fragmentado o plastrão do referido espécime. Com exceção do epiplastrão, todos os ossos do plastrão estão preservados. MN 6743-V está fixado a uma base de resina.

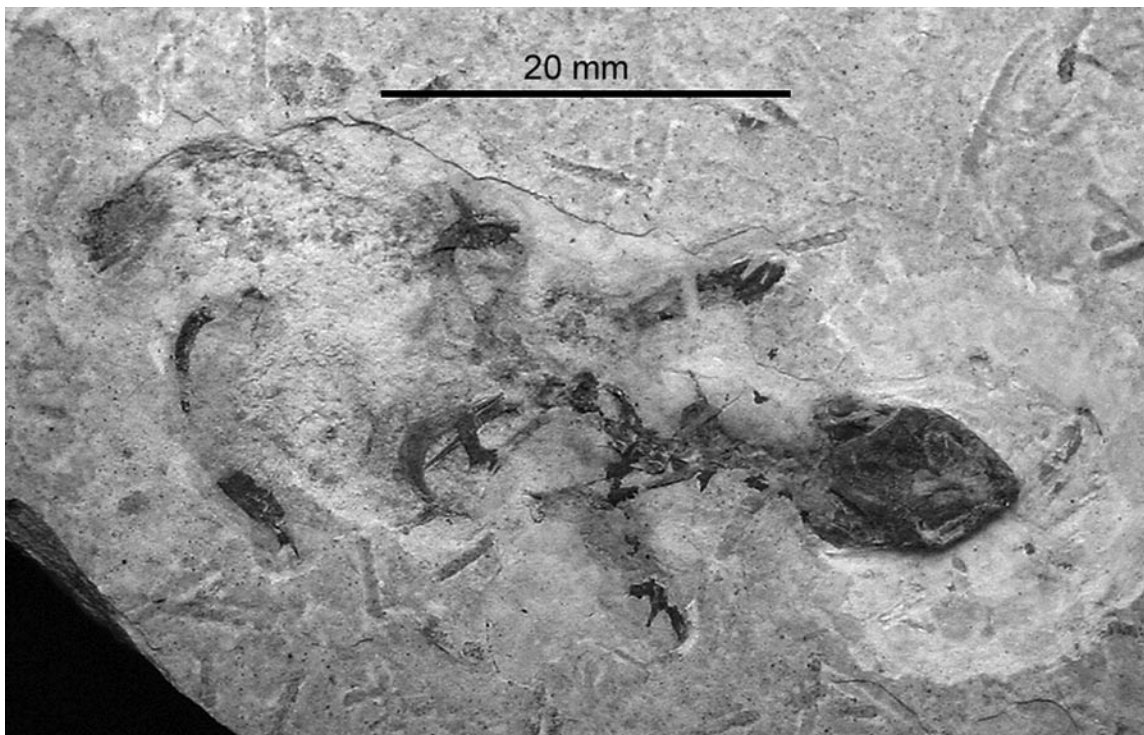


Figura 1 Vista dorsal de MN 4893-V (*Araripemys* sp.).

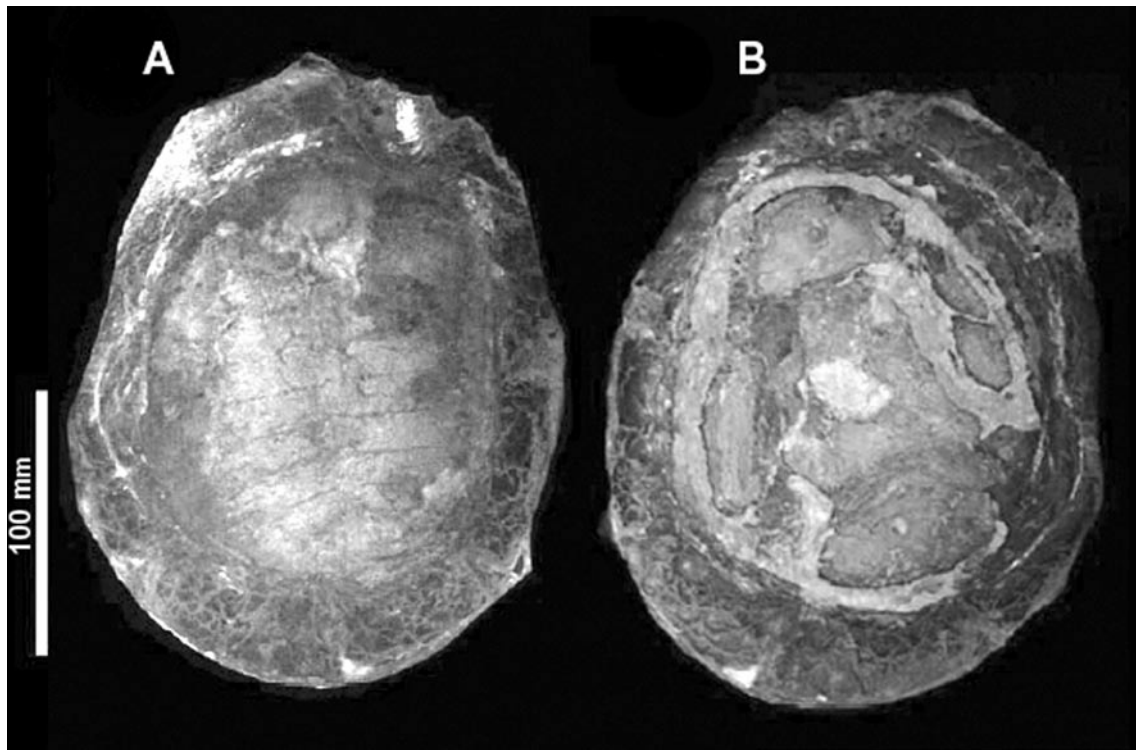


Figura 2 *Araripemys barretoii* exemplar MN 6743-V. (A) Vista dorsal; (B) Vista ventral.

Carapaça: A carapaça de MN 6743-V está fragmentada, apresentando preservadas sete placas neurais e algumas placas costais. Provavelmente esse exemplar possuía nove placas neurais, pois após a sétima neural apresenta-se vestígios de duas outras vértebras e a impressão do suprapigal. Existem fontanelas no contato entre a porção distal das placas costais e a porção proximal das placas periferais, as quais são de fácil visualização na porção posterior esquerda do espécime.

Plastrão: O plastrão de MN 6743-V está fragmentado e é representado por um pequeno fragmento da porção posterior direita do entoplastrão, o qual encontra-se articulado profundamente a um fragmento de hioplastrão direito. O hioplastrão esquerdo está fragmentado na porção que se articularia com o entoplastrão e em sua porção mais distal. O hipoplastrão direito é representado apenas por um fragmento de sua porção proximal, enquanto que o hipoplastrão esquerdo está quase completo, fragmentado apenas em sua porção distal, estando articulado profundamente com a porção anterior do xifiplastrão esquerdo, que se encontra fragmentada. O hioplastrão e o hipoplastrão esquerdos estão fortemente suturados. MN 6743-V apresenta três fon-

tanelas (entre o entoplastrão e o hioplastrão; entre o hioplastrão e o hipoplastrão; e entre o hipoplastrão e o xifiplastrão) na linha média do plastrão. Em MN 6743-V o mesoplastrão ausente.

Baseado nas características citadas acima, MN 6743-V pode ser considerado um exemplar pertencente à espécie *Araripemys barretoii*.

4.3 MN 6744-V

Material mostrando típica preservação do Membro Romualdo, se encontra preservado em nódulo calcário, constituindo-se de molde e contra molde, bem preservado e apresenta-se em três dimensões, sem registro de preservação de tecido mole.

Este exemplar é representado por três vértebras cervicais fragmentadas (sexta, sétima e oitava), um osso nucal fragmentado, nove placas neurais, um largo suprapigal, oito pares de placas costais, onze pares de placas periferais, um pigal fragmentado, úmero esquerdo e úmero direito (Figura 3).

Vértebras Cervicais: Estão preservadas três vértebras cervicais, as quais encontram-se apenas

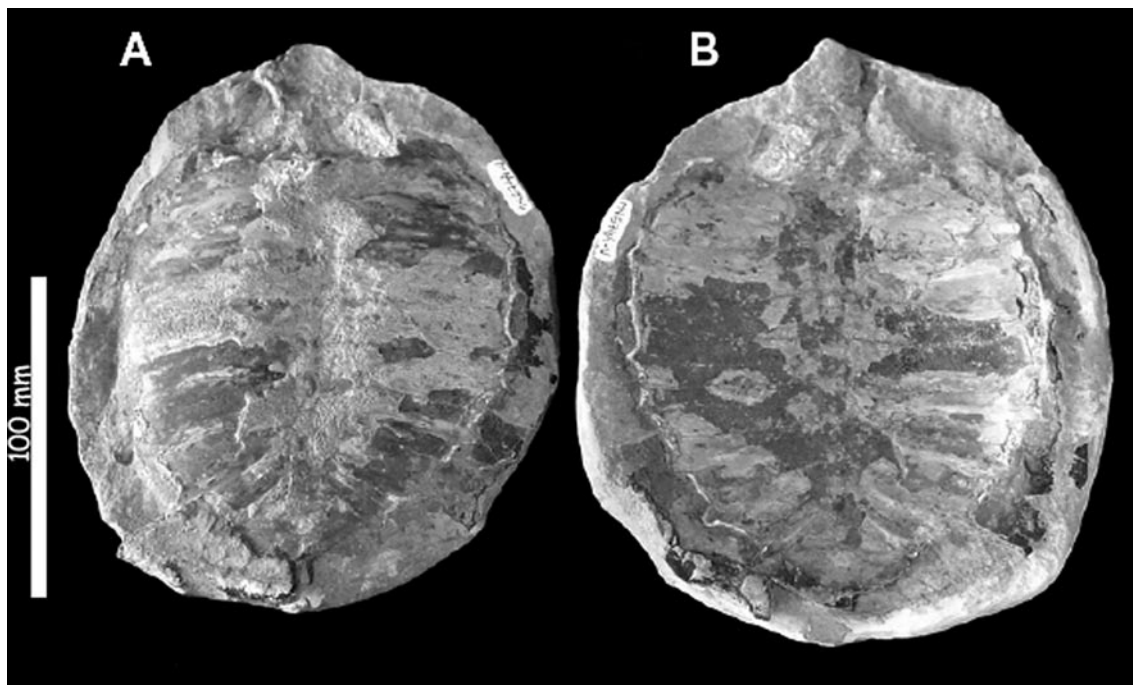


Figura 3 *Araripemys barretoei* exemplar MN 6744-V. (A) Vista dorsal; (B) Impressão da carapaça deixada no contra molde.

com sua porção dorsal visível, uma vez que estas ainda se encontram fixadas a matriz rochosa original. A sexta vértebra cervical está fragmentada transversalmente, sendo possível notar um longo corpo vertebral. A sétima vértebra cervical é a que apresenta melhor estado de preservação. Esta vértebra possui um longo corpo vertebral, apresenta o processo transversal bem desenvolvido. A oitava vértebra cervical está bastante fragmentada, sendo possível visualizar apenas um longo corpo vertebral e processo transversal bem desenvolvido, que se apresenta bastante fragmentado também.

Carapaça: A carapaça de MN 6744-V é arredondada, achatada dorsoventralmente, apresenta série neural completa até o suprapigal, sem que as oitavas costais obstruam o contato entre a última neural e o suprapigal. Esse exemplar possui fontanelas na carapaça, encontra-se preservado em sua porção dorsal, não sendo possível à visualização de sua porção ventral, pois essa porção está sob a matriz rochosa original.

MN 6744-V foi comparado com os demais táxons descritos para Formação Santana e apesar de não ter sido preparado em sua porção ventral, o que torna impossível a visualização do plastrão, pode ser

diagnosticado que este exemplar é um representante da espécie, já bem conhecida, *Araripemys barretoei*, por apresentar as seguintes características: (1) Carapaça arredondada e achatada dorsoventralmente; (2) Série neural completa até o suprapigal com nove neurais; (3) Presença de fontanelas na carapaça; (4) Corpo vertebral das vértebras cervicais alongado com processo transversal bem desenvolvido.

4.4 MN 6760-V

O referido espécime já havia sido anteriormente reportado na literatura, e estava depositado temporariamente no DNPM / RJ, sob o número de tombo DGM 645-LE (“Lote de entrada” número temporário algumas vezes dado aos fósseis antes que eles sejam catalogados). Atualmente esse exemplar encontra-se depositado permanentemente na coleção do Setor de Paleovertebrados do Museu Nacional - Universidade Federal do Rio de Janeiro (MN 6760-V). Lapparent de Broin (2000) menciona esse exemplar e o associa ao espécime descrito e não nomeado na época FR 4922 (Gaffney & Meylan, 1991), atualmente *Euraxemys essweini* (Gaffney *et al.*, 2006). Oliveira & Kellner (2005b) relatam esse exemplar como um novo espécime de Podocnemidoidea proveniente dos estratos do Membro Romualdo da Formação Santa-

na. Análises posteriores mostraram que MN 6760-V possui diferenças, relacionadas a carapaça, que não permitem associá-lo a *Euraxemys essweini* e nem a *Caririemys violetae* (Oliveira & Kellner, 2007).

Este espécime encontra-se preservado em nódulo calcário típico do Membro Romualdo, em três dimensões, e é constituído por um casco quase completo, com plastrão bastante fragmentado e por ambos os fêmures (Figura 4).

Carapaça: A carapaça de MN 6760-V está quase completa, possui forma de domo (*domed shaped*), tendo sua porção posterior um pouco fragmentada. É constituído por uma nucal, oito placas neurais, um suprapigal fragmentado, um pigal representado pela sua porção mais anterior, oito pares de costais, onze pares de placas periferais, sendo os dois últimos pares bastante fragmentados. MN 6760-V possui série neural completa até o suprapigal, característica que é tida como não típica de Pelomedusoides, normalmente nas espécies que constituem esse grupo as costais mais posteriores intervêm entre a sétima ou oitava neural e o suprapigal (Gaffney *et al.*, 2001). Em MN 6760-V ocorre ausência de escudo cervical, característica de Pelomedusoides (Gaffney *et al.*, 2001).

A placa nucal está completa e contata-se com as primeiras placas periferais, com as primeiras placas costais e com primeira placa neural. A placa neural 1 tem seis lados, é alongada e contata-se anteriormente a placa nucal e posteriormente a primeira placa costal e a segunda placa neural. A placa neural 2 tem quatro lados, não se contata a nenhuma placa costal, apresentando contato com a primeira placa neural e com a terceira placa neural. As placas neurais 3, 4, 5 e 6 possuem seis lados, não apresentando diferenças entre elas. Essas placas neurais contatam-se anterior e posteriormente com placas neurais e respectivamente com as placas costais 3, 4, 5 e 6. A sétima e oitava placa neural ocupam a área entre as placas costais 7 e 8. A placa neural 7 tem seis lados e apresenta contato com as placas costais 7 e 8, enquanto a placa neural 8 tem quatro lados, contata-se com a placa neural 7 anteriormente e posteriormente com o suprapigal. O triangular suprapigal contata-se com a oitava placa neural e com o fragmentado pigal, além de se contatar com as placas periferais 11.

Plastrão: O plastrão de MN 6760-V está bastante fragmentado, apresentando praticamente a linha externa (contorno) do plastrão. A porção mediana do

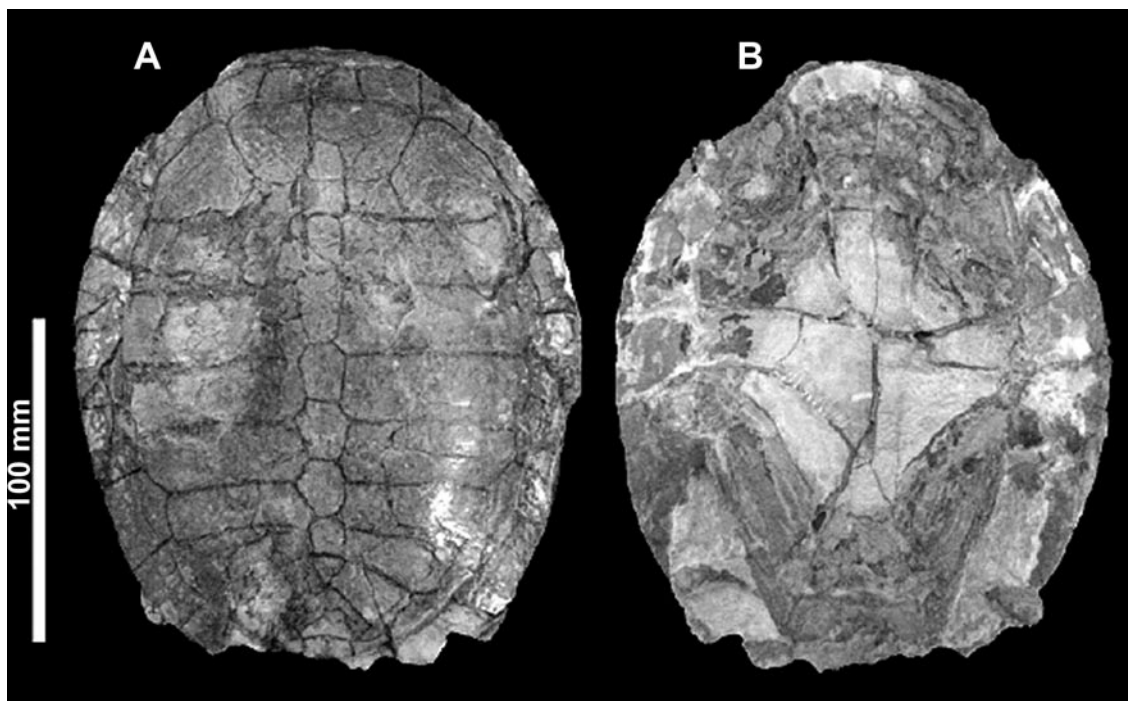


Figura 4 *Cearachelys placidoi*, espécime MN 6760-V. (A) Vista dorsal; (B) Vista ventral. Marcações dos ossos da carapaça feitos a lápis.

plastrão de MN 6760-V está afundada. É possível identificar um epiplastrão bastante fragmentado; hioplastrão bastante fragmentado também; fragmentos de hipoplastrão; fragmentos do xifiplastrão, com sua parte posterior bem preservada; e fragmentos de mesoplastrão. Comparado com exemplares descritos na Formação Santana MN 6760-V difere de *Araripemys barretoii*, uma vez que *A. barretoii* possui série neural completa com nove placas neurais e MN 6760-V também possui série neural completa, entretanto possui oito placas neurais. *Brasilemys josai* apresenta série neural incompleta até o suprapigal e possui sete placas neurais diferindo também de MN 6760-V. *Cearachelys placidoi*, *Euraxemys essweini* e *Caririemys violeatae* apresentam série neural completa até o suprapigal e possuem oito placas neurais, como MN 6760-V. Entretanto *Euraxemys essweini* e *Caririemys violeatae* apresentam contato entre a oitava placa costal e a oitava placa neural, o que é ausente em MN 6760-V, que apresenta contato da oitava placa costal com a sétima placa neural (a oitava placa neural não se contata a costais). *Euraxemys essweini* e *Caririemys violeatae* possuem seis lados na oitava placa neural, enquanto MN 6760-V apresenta quatro lados. Em *Cearachelys placidoi* a oitava placa costal não contata a oitava placa neural (a oitava placa neural não se contata a costais) e a oitava placa neural apresenta quatro lados. Baseado nas características mencionadas acima e na ausência de feições anatômicas distintas MN 6760-V é alocado na espécie *Cearachelys placidoi*.

5 Discussão e Conclusão

Neumann *et al.* (2002), inferem que a sedimentação que ocorre em grandes lagos é semelhante a que ocorre nos mares, sendo ambas diferentes da sedimentação desenvolvida em pequenos lagos. Geralmente as sucessões lacustres apresentam-se finamente laminadas no centro do lago, enquanto que nas margens depende da deposição. O paleolago do Araripe, que segundo Neumann *et al.*, (2002) é representado pela parte superior da Formação Rio da Batateira e pelas rochas do Membro Crato (individualizada pelos citados autores como formação), apresenta uma expansão areal de aproximadamente 7500 quilômetros quadrados (50 km x 150 km), indicando que o mesmo teve comportamento de um grande lago. Este registro lacustre da Bacia do Araripe representa um paleolago com um depocen-

tro carbonático constante, e que a partir deste depocentro se expandiu alcançando amplas regiões. Esta grande expansão lacustre teve início com a sedimentação das associações de fácies lacustres deltaicas e terminou com a sedimentação dos evaporitos do Membro Ipubi.

Segundo Neumann & Cabrera (1999) e Neuman *et al.* (2002), o Membro Crato é constituído principalmente por seis unidades carbonáticas, que representam uma sedimentação lacustre interna, com baixa salinidade (i.e., água doce). Contrário a esta proposta, Martill (1993) e Davis & Martill (1999) sugeriram um tipo de deposição em um sistema lagunar hipersalino anóxico para as rochas do Membro Crato.

Analisando o conteúdo fóssilífero desta unidade litoestratigráfica pode ser observado que o único registro de organismos supostamente marinhos é o peixe *Calamopleurus* encontrado tanto no Membro Crato como no Membro Romualdo (Martill & Brito, 2000), no entanto o conteúdo paleontológico deste depósito predomina uma rica e variada fauna de insetos, com representantes tipicamente continentais de diferentes ordens, (Grimaldi, 1990). Neste mesmo depósito encontram-se preservados exemplares de anuros (Maisey, 1991), que são vertebrados que habitam regiões tipicamente de água doce. Sendo assim, há um grande predomínio de formas tipicamente de água doce, favorecendo a hipótese apresentada pela maior parte dos pesquisadores (p. ex. Neuman *et al.*, 2002). É possível que formas como *Calamopleurus*, do qual foram encontrados pouquíssimos exemplares, tinham uma tolerância maior para condições de salinidade distintas, tendo chegado ao paleolago do Membro Crato em casos excepcionais.

O Membro Romualdo da Formação Santana é composto por argilitos e margas calcárias, contendo nódulos calcários. Estas rochas sedimentares foram depositadas em um grande corpo de água salgada, que não formava um mar aberto, mas onde a deposição se dava sob influência marinha (Beurlen, 1971). Esta influência marinha aparentemente aumentou gradativamente em direção ao topo desta seqüência sedimentar (Kellner, 1994), onde há inclusive a ocorrência de equinóides (Beurlen, 1966). Os fósseis desta unidade litoestratigráfica tendem a ser preservados em três dimensões, havendo comumente a fossilização de tecido mole, por meio de substituição da matéria orgânica por fosfatização (Martill, 1988).

Segundo Silva-Santos (1991), a deposição dos estratos do Membro Romualdo, onde ocorrem as concreções parece ter ocorrido em um ambiente de relativa calma. No entanto, este autor observou que as concreções sofreram algum processo de desgaste mecânico ou químico alterando o seu contorno original, destruindo às vezes, as partes mais salientes de peixes. O material de testudines estudado não apresenta esta característica. De um modo geral, as carapaças e plastrões estão completos, não sendo observados desgastes naturais.

MN 4893-V está bastante fragmentado, achatado e possui impressão de alguns ossos. Trata-se de um indivíduo juvenil (*Araripemys* sp.) que provavelmente foi soterrado próximo ao local de morte, tendo em vista o seu estágio ontogenético e fragilidade, o que não permitiria que a carapaça sofresse um processo longo de transporte sem que seus elementos ósseos desarticulassem e se fragmentassem. Além disso a superfície dos ossos não apresenta desgaste abrasivo. Esse espécime apresenta vértebras caudais e alguns ossos dos membros, anterior e posterior, articulados, o que corrobora com a idéia de autoctonia.

A presença de *Araripemys* nas rochas dos membros Crato e Romualdo é de grande importância. Uma vez que *Araripemys barretoii* provavelmente era capaz de realizar incursões marinhas, o que pode ser corroborado pelo número de exemplares encontrados no Membro Romualdo, que é interpretado como uma laguna. Quanto ao ambiente deposicional das rochas do Membro Crato não existe consenso, alguns autores sugerem que essas rochas se formaram em sob condições de água doce (e.g. Beurlen, 1971; Maisey, 1991; Kellner, 1994) enquanto outros são a favor de um sistema lagonal hipersalino (Martill, 1993). A ocorrência de *Araripemys* e de peixes marinhos, que também ocorrem no Membro Romualdo (Martill & Brito, 2000) permitem inferir que estes organismos provavelmente entrariam no paleo-lago aptiano durante esporádicas ingressões marinhas locais (Oliveira & Kellner, 2005c). A presença de Anura no Membro Crato também reforça a hipótese de que o ambiente deposicional dessas rochas se deu sob água doce, o que até a presente data é melhor suportado.

MN 6743-V está preservado em três dimensões nas rochas do Membro Romualdo, não apresentando alterações diagenéticas. É um espécime de *Araripemys barretoii* que sofrera adulteração, prova-

velmente por membros da população da região do Cariri. Este exemplar está bastante fragmentado, sendo essa fragmentação atribuída à coleta do indivíduo. A maioria das informações que poderiam ser extraídas desse exemplar se perdeu junto à adulteração, não permitindo a realização de inferências tafonômicas.

Araripemys barretoii (MN 6744-V) não apresenta distorções, possui a oitava, sétima e sexta vértebras cervicais articuladas, pouco fragmentadas, o que foi ocasionado durante a coleta. Por essas características acredita-se que este exemplar não tenha sofrido transporte prolongado, e que este tenha sido depositado próximo ao local de morte, dado o grau de articulação das vértebras cervicais, a integridade na superfície dos ossos e a ausência de fraturas.

MN 6760-V indivíduo associado à espécie *Cearachelys placidoi* que apresenta a carapaça bem preservada. O plastrão desse exemplar está bastante fragmentado, sendo essa fragmentação ocasionada por fatores diagenéticos, uma vez que esse espécime apresenta o plastrão todo fragmentado por veios de calcita. Os fêmures MN 6760-V estão bem preservados e encontram-se associados a pélvis, a carapaça não apresenta indícios de abrasão e não apresenta fraturas. Essas características indicam que o exemplar não sofreu transporte prolongado e que foi depositado próximo ao local de morte.

Quanto ao ambiente deposicional do Membro Romualdo existe um grande consenso entre os autores, os quais interpretam como uma laguna (e.g. Kellner, 2002). Quanto ao tipo de fossilização os exemplares apresentados aqui não diferem dos demais relatos reportados para as rochas do Membro Romualdo.

6 Agradecimentos

Gostaria de agradecer a Comissão organizadora da III Jornada Fluminense de Paleontologia (Universidade Federal do Rio de Janeiro) pelo incentivo à publicação de trabalhos apresentados no evento. Agradecimentos a Felipe Simbras (Museu Nacional/UFRJ) pela leitura e sugestões em versões preliminares do manuscrito. Este trabalho foi parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e pelo Conselho Nacional Científico e Tecnológico (CNPq).

7 Referências

- Aslan, A. & Behrensmeyer, A.K. 1996. Taphonomy and time resolution of bone assemblages in a contemporary fluvial system: the East Fork River Wyoming. *Palaios*, 11: 411-421.
- Assine, M.L. 1992. Análise Estratigráfica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 22(3): 289-300.
- Beurlen, K. 1966. Novos equinóides no Cretáceo do Nordeste do Brasil. *Anais da Academia Brasileira Ciências*, 38(3/4): 455-464.
- Beurlen, K. 1971. As condições ecológicas e fisiológicas da Formação Santana na Chapada do Araripe (Nordeste do Brasil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 43: 411-415.
- Brito, P.M.; Bertini, R.J.; Martill, D.M. & Salles, L.O. 1994. Vertebrate Fauna from the Missão Velha Formation (Lower Cretaceous, N.E. Brazil). In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 3, Rio Claro, 1994. *Resumos expandidos*, Rio Claro, UNESP, p.139-140.
- Broin, F. & Campos, D.A. 1985. *Araripemys barretoii*, uma tartaruga Pleurodira do Cretáceo Inferior da Chapada do Araripe, Nordeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 9, Fortaleza. p. 14.
- Campos, D.A. & Broin, F.de. 1981. Tartarugas Fósseis do Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 53(1): 210-211.
- Davis, S. & Martill, D. M. 1999. The gonorynchi-form fish *Dastilbe* from the Lower Cretaceous of Brazil. *Palaeontology*, 42: 715-740.
- Fara, E.; Saraiva, A.A.F.; Campos, D.A.; Moreira, J.K.R.; Siebra, D.C. & Kellner, A.W.A. 2005. Controlled excavations in the Romualdo Member of the Santana Formation (Early Cretaceous, Araripe Basin, northeastern Brazil): stratigraphic, palaeoenvironmental and palaeoecological implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 218: 145-160.
- Fielding, S.; Martill, D. M. & Naish, D. 2005. Solnhofen-style soft-tissue preservation in a new species of turtle from the Crato Formation (Early Cretaceous, Aptian) of North-east Brazil. *Palaeontology*, 48: 1301-1310.
- Gaffney, E.S.; Campos, D. A. & Hirayama, R. 2001. *Cearachelys*, a New Side-Necked Turtle (Pelomedusoides: Bothremydidae) from the Early Cretaceous of Brazil. *American Museum Novitates*, 3319: 1-20.
- Gaffney, E.S.; Tong, H. & Meylan, P.A. 2006. Evolution of the Side-Necked Turtles: The Families Bothremydidae, Euraxemydidae, and Araripemydidae. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 300: 1-698.
- Gaffney, E.S. & Meylan, P.A. 1991. Primitive Pelomedusid Turtle. In: MAISEY, J.G. (ed). *Santana Fossils: An Illustrated Atlas*. Neptune City: T.F.H. Publications, p. 335-339.
- Grimaldi, D.A. (ed). 1990. Insects from the Santana Formation, Lower Cretaceous, of Brazil. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 195: 1-191.
- Hirayama, R. 1998. Oldest known sea turtle. *Nature*, 392: 705-708.
- Kellner, A.W. A. 1994. Remarks on pterosaur taphonomy and paleoecology. *Acta Geologica Leopoldensia*, 39 (1): 175-189.
- Kellner, A.W.A. 1995. Técnicas de preparação para tetrápodes fósseis preservados em rochas calcárias. *A Terra em Revista*, 1(0): 24-31.
- Kellner, A.W.A. 1998. Panorama e Perspectiva do Estudo de Répteis Fósseis no Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 70(3): 647-676.
- Kellner, A.W.A. 2002. Membro Romualdo da Formação Santana, Chapada do Araripe, CE. Um dos mais importantes depósitos fossilíferos do Cretáceo brasileiro. In: SIGEP, Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos. *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Brasília, p. 121-130.
- Kellner A.W.A. & Campos, D.A. 1998. Archosaur soft tissue from the Cretaceous of the Araripe Basin, Northeastern Brazil. *Boletim do Museu Nacional*, nova série, Geologia, 42: 1-22.
- Kischlat, E.E. & Campos, D.A. 1990. Some osteological aspects of *Araripemys barretoii* Price, 1973 (Chelonii, Pleurodira, Araripemydidae). In: ATAS DO SIMPÓSIO SOBRE A BACIA DO ARARIPE E BACIAS INTERIORES DO NORDESTE, Crato, 1990. Departamento Nacional de Produção Mineral, Universidade Regional do Cariri, Sociedade Brasileira de Paleontologia, Crato, p.387-400.
- Lapparent de Broin, F. 2000. The oldest pre-Podocnemidid turtle (Chelonii, Pleurodira), from the early Cretaceous, Ceará state, Brazil, and its environment. *Treballs del Museu de Geologia de Barcelona*, 9: 43-95.
- Maisey, J.G. 1991. *Santana Fossils: An Illustrated Atlas*. T. F. H. Publications, Neptune, New Jersey, 459p.
- Martill, D.M. 1988. Preservation of Fish in the Cretaceous Santana Formation of Brazil. *Paleontology*, 31(1): 1-18.

- Martill, D.M. 1993. Fossils of Santana and Crato Formations, Brazil. *Palaentological Association Field Guides to Fossils*, 5: 1-158.
- Martill, D.M. & Brito, P.M. 2000. First record of *Calamopleurus* (Actinopterygii: Halecomorphi: Amiidae) from the Crato Formation (Lower Cretaceous) of North-East Brazil. *Oryctos*, 3: 3-8.
- May, P.; Reser, P. & Leiggi, P. 1994. *Macrovertebrate preparation*. Vertebrate Paleontological Techniques. Vol I. Cambridge University Press, p.113-129.
- Meylan, P.A. 1996. Skeletal Morphology and Relationships of the Early Cretaceous Side-Necked Turtle, *Araripemys barretoii* (Testudines: Pelomedusoides: Araripemydidae), from the Santana Formation of Brazil. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 16(1): 20-33.
- Neumann, V.H. & Cabrera, L. 1999. Una Nueva Propuesta Estratigráfica para la Tectonosecuencia Post-Rifte de la Cuenca de Araripe, Nordeste de Brasil. In: SIMPOSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 5, Serra Negra. 279-285.
- Neumann, V.H.; Cabrera, L.; Mabesoone, J.M.; Valença, L.M.M. & Silva, A.L. 2002. Ambiente Sedimentar e Fácies da Sequência Lacustre Aptiana-Albiana da Bacia do Araripe, NE do Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 6, Boletim, p.37-41.
- Oliveira, G.R. & Kellner, A.W.A. 2005a. Note on a Plastron (Testudines, Pleurodira) from the Lower Cretaceous Crato Member, Santana Formation, Brazil. *Arquivos do Museu Nacional*, 63(3): 523-528.
- Oliveira, G.R. & Kellner, A.W.A. 2005b. Preliminary report on a new Podocnemidoidea from the Santana Formation (Early Cretaceous), Araripe Basin. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE PALEONTOLOGIA DE VERTEBRADOS, 2, Rio de Janeiro. p 194.
- Oliveira, G.R. & Kellner, A.W.A. 2006. Informações preliminares sobre um Quelônio fóssil juvenil do Membro Crato (Formação Santana), Cretáceo da Bacia do Araripe. *Paleontologia em Destaque*, 53:38.
- Oliveira, G.R. & Kellner, A.W.A. 2007. A new side-necked turtle (Pleurodira, Pelomedusoides) from the Santana Formation (Early Cretaceous), Araripe Basin, Northeastern Brazil. *Zootaxa*, 1425: 53-61.
- Pons, D.; Berthou, P.Y. & Campos, D.A. 1990. Quelques observations sur la palynologie de l'Aptien supérieur et de l'Albien do bassin d'Araripe (N-E du Brasil). In : SIMPÓSIO SOBRE A BACIA DO ARARIPE E DAS BACIAS INTERIORES DO NORDESTE, 1, Crato, p.142-252.
- Ponte, F.C. & Appi, C.J. 1990. Proposta de Revisão da Coluna Litoestratigráfica da Bacia do Araripe. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. *Anais*, 1, p 211-226.
- Ponte, F.C. & Ponte-Filho, F.C. 1996. Evolução Tectônica e Classificação da Bacia do Araripe. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 4, Rio Claro, p.123-133.
- Price, L.I. 1973. Quelônio Amphichelydia no Cretáceo Inferior do Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 3(2): 84-95.
- Salisbury, S.W.; Frey, E.; Martill, D.M. & Buchy, M.C. 2003. A new crocodylian from the Lower Cretaceous Crato Formation of north-eastern Brazil: *Palaeontographica*, 270:3-47.
- Saraiva, A.A.F.; Kellner, A.W.A.; Sayão, J.M. & Silva, H.P. 2001. Ocorrência de *Charophyta* (Macroalga) na mina Pedra Branca, Membro Ipubi (Formação Santana), Bacia do Araripe, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 17, Rio Branco, Acre, *Resumos*, p 65.
- Silva, M.A.M. 1983. *The Araripe Basin, Northeastern Brazil: Regional Geology and facies analysis of a lower Cretaceous evaporitic depositional complex*. Columbia University, Tese de Doutorado, 270p.
- Silva, H.P. & Kellner, A.W.A. 2006. A combinação de técnicas na preparação de vertebrados fósseis: o exemplo de *Thalassodromeus sethi* (Pterosauria, Tapejaridae). In: GALLO, V.; BRITO, P.M.; SILVA, H.M.A. & FIGUEIREDO, F.J. (eds.) *Paleontologia de Vertebrados Grandes Temas e Contribuições Científicas*. Rio de Janeiro: Interciência, p. 293-301.
- Silva-Santos, R. 1991. *Fósseis do nordeste do Brasil, Paleoictiofauna da Chapada do Araripe*. Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro, 64p.
- Small, H. L. 1913. *Geologia e suprimento de água subterrânea no Piauí e parte do Ceará*. Recife. Obras contra secas. 80p. (publicações).
- 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: SIGEP, Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos. *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. Brasília*, p.113-120.