

REGISTROS PALEONTOLÓGICOS DO CRETÁCEO MARINHO NA BACIA DO ARARIPE

Ana Paula dos Santos Bruno

Maria Helena Hessel

apsbruno@yahoo.com.br

helenahessel@ufpe.br

Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE

RESUMO: Este trabalho apresenta uma análise crítica da fauna e flora possivelmente marinha já registrada nos depósitos cretáceos da Bacia do Araripe, objetivando oferecer uma visão integrada da ocorrência de organismos indubitavelmente marinhos na bacia, como subsídio para direcionar futuras investigações paleontológicas. De todas as unidades estratigráficas desta seqüência, apenas nas formações Crato e Romualdo há citações de formas marinhas. Nos calcários laminados da Formação Crato são conhecidos *Dastilbe crandalli*, um peixe aparentemente eurihalino, *Cladocyclus gardneri* e celacantos tidos como de águas salinas, *Araripemys barretoii*, um quelônio considerado dulceaquícola, e bivalvíos que habitavam águas não-marinhas. Nos folhelhos desta formação, ocorrem conchostráceos, bivalvíos e algas dulceaquícolas, sendo a presença de ostracodes marinhos ainda duvidosa. Deste modo, pelo registro na literatura, não fica comprovado que organismos tipicamente marinhos viviam no ambiente de deposição da Formação Crato. Nas concreções calcárias da Formação Romualdo ocorrem peixes osteícties marinhos, como *Vinctifer comptoni*, *Tharrhias araripis* e *Rhacolepis buccalis*. Os raros celacantos e o tubarão *Tribodus limae* são aparentemente não-marinhas; a raia *Iansan beurleni* é marinha sublitorânea; e os quelônios são na maioria de ambiente dulcícola. Dentre os invertebrados bentônicos tipicamente marinhos, há os equinóides irregulares *Pygurus tinocoi* e *P. araripensis*, e os gastrópodos *Gymnentome romualdoi*, *Craginia araripensis* e *Cerithium* cf. *austinense*. Os bivalvíos já identificados taxonomicamente (*Aguileria* sp.) são de ambiente transicional. O caranguejo *Araripecarcinus ferreirai* é tido como de águas doces, e o camarão *Paleomattea deliciosa*, marinho. A presença de foraminíferos na Formação Romualdo, como *Rhodonascia bontei*, *Quinqueloculina* sp., outros miliolídeos e rotaliídeos indeterminados, indica uma origem marinha, assim como os dinoflagelados *Subtilisphaera* sp. e *Spiriferites* sp. Observa-se, deste modo, que há organismos comprovadamente marinhos registrados na Formação Romualdo. Entretanto, a diversidade paleobiológica cretácea da Bacia do Araripe parece refletir uma diversidade paleoambiental no tempo e no espaço associada a uma grande dinâmica aquática, que ainda exige estudos detalhados para uma interpretação integrada dos eventos ocorridos.

Palavras chave: Bacia do Araripe, Formação Crato, Formação Romualdo, organismos marinhos.

ABSTRACT: The work presents a critical analysis of the possible marine fauna and flora already registered in the Cretaceous deposits of the Araripe Basin, with the objective to furnish an integrated vision of the occurrence of unequivocal marine organisms in the basin, and direct future paleontological inquiries. Among all the stratigraphic units in the Basin, only the Crato and Romualdo formations are mentioned to have marine organisms. In the laminate calcareous of the Crato Formation, *Dastilbe crandalli*, apparently a eurihaline fish, *Cladocycclus gardneri* and coelacanths from saline waters, *Araripemys barreto*, considered a fresh water turtle, and bivalves that inhabited non-marine waters are known. In the shales of this unit, occur freshwater conchostracans, bivalves, and seaweed, but the presence of marine ostracodes is still doubtful. Thus, is not confirmed that typically marine organisms living in the deposition environmental of the Crato Formation. In the calcareous concretions of the Romualdo Formation there are marine osteichthyan fishes, as *Vinctifer comptoni*, *Tharrhias araripis*, and *Rhacolepis buccalis*. The coelacanths and the shark *Tribodus limae* apparently are non-marine; the ray *Iansan beurleni* is marine sublittoral; and the turtles are mainly from freshwater environments. Amongst the typically marine benthic invertebrates, there are irregular echinoids *Pygurus tinocoi* and *P. araripensis*, and gastropods *Gymnentome romualdoi*, *Craginia araripensis* and *Cerithium* cf. *austinense*. The bivalves previously taxonomically identified (*Aguileria* sp.) are of transitional environment. The crab *Araripecarcinus ferreirai* inhabited in freshwaters and the shrimp *Paleomattea deliciosa*, in marine environment. The presence of foraminifera in the Romualdo Formation, such as *Rhodonascia bontei*, *Quinqueloculina* sp., indeterminate miliolids and rovaliids, indicate a marine origin, as well as the dinoflagellates *Subtilisphaera* sp. e *Spiriferites* sp. Thus, there are marine organisms recorded in the Romualdo Formation. However, the Cretaceous paleobiological diversity of the Araripe Basin seems to reflect the palaeoenvironmental diversity in time and space, associated with a great aquatic dynamics, which needs still demands detailed studies for an integrated interpretation of the occurred events.

Keywords: Araripe Basin, Crato Formation, Romualdo Formation, marine organisms.

INTRODUÇÃO

No interior do nordeste brasileiro, existem diversas pequenas bacias sedimentares com depósitos mesozóicos, cujo paleoambiente de deposição ainda foi pouco estudado (bacias de Quintaús, Sitiá e Rio dos Bastiões no Ceará; Rio Nazaré e Pau dos Ferros no Rio Grande do Norte; Afogados da Ingazeira, Betânia, Serra Talhada e Tupanaci em Pernambuco, por exemplo) ou ainda é controvertido (Bacia do Araripe), pelo menos em algumas de suas unidades. Outras bacias, como a do Barro, Lima Campos, Malhada Vermelha, Lavras de Mangabeira e Icó no Estado do Ceará; Serra Vermelha, Padre Marcos e Riacho do Padre no Piauí; e Rio do Peixe, Vertentes, Pombal e Uiraúna no Estado da Paraíba, são em geral aceitas como formadas em condições não-marinhas. De qualquer modo, afora a Bacia do Araripe, não há nenhuma referência de organismo tipicamente marinho nestas bacias.

Atualmente, a Bacia do Araripe ocupa cerca de 8000km², sendo sua principal área delimitada ao norte pelo lineamento de Patos e ao sul pela falha de Farias Brito (Neves, 1990). Sua seqüência sedimentar cretácea foi depositada ao longo de quase 50 milhões de anos, compreendendo sete unidades estratigráficas (Neumann & Cabrera, 1999). A Formação Abaiara representa a mais antiga sedimentação deste período geológico, sendo formada predominantemente por folhelhos e siltitos com intercalações de arenitos finos e margas, de idade berriasiana? a hauteriviana? (Arai *et al.*, 2001). Discordantemente acima (Medeiros *et al.*, 2001), estão os arenitos médios com intercalações de siltitos argilosos e arenitos mais finos da Formação Rio da Batateira, em cuja porção mais superior há folhelhos escuros, depositados provavelmente durante o Aptiano. Mais acima, encontram-se os calcários laminados de mesma idade (Coimbra *et al.*, 2002) da Formação Crato e os depósitos de gipsita e anidrita intercalados por folhelhos escuros da

Formação Ipubi. Após uma discordância com superfície erosional (Viana & Cavalcanti, 1991), estão as margas e arenitos finos com concreções calcárias da Formação Romualdo (neo-aptiana, segundo Regali, 2001), recobertas pela Formação Arajara, composta por uma seqüência de siltitos avermelhados eo-albianos (Arai *et al.*, 2004). Após outra lacuna estratigráfica, há os depósitos de arenitos de granulação de média a grossa com bancos conglomeráticos da Formação Exu, até hoje tidos como afossilíferos.

Os fósseis mais conhecidos da Bacia do Araripe são indubitavelmente os peixes que ocorrem em incontáveis nódulos calcários da Formação Romualdo (Carvalho & Santos, 2005). Plummer (1948) menciona que os peixes desta formação, identificados por Jordan, “comumente indicam água doce ou salobra”, mostrando “que ela foi depositada numa série de lagos ou, pelo menos, numa série de baías interiores. O elevado número de ostracodes indica abundância de suprimento de alimentos para os peixes e a grande quantidade de restos de peixes encontrados em uma seção de vários metros faz supor que a massa d’água secava periodicamente, causando a morte de muitos peixes”. Para Price (1959) e Martill (1988, 1989a, 1989b, 1990), estes eventos de mortalidade em massa eram devidos provavelmente ao brusco aumento de salinidade no ambiente onde os peixes viviam, o que deixaria as águas hipersalinas e facilitaria sua rápida fossilização e excepcional preservação.

Martill (1990b) observa que há algumas evidências de que as águas eram marinhas antes da deposição dos peixes preservados em concreções, mas os organismos bentônicos associados não revelam pertencer a uma biota de águas marinhas, como atesta a presença de ostracodes darwinuláceos, cipridáceos e cisteráceos (Arai & Coimbra, 1990), de conchostráceos (Carvalho & Viana, 1993) e de carófitas (Silva, 1975; Saraiva *et al.*, 2003). Ponte (1992) ad-

mite que a presença de equinóides e moluscos marinhos nos calcários da Formação Romualdo registram “uma efêmera incursão marinha naquela bacia”, talvez “através da Bacia da Parnaíba, como postulado originalmente por Beurlen (1963)”.

Silva-Santos & Valença (1968) mostram uma reconstrução paleoambiental da deposição do Grupo Santana, na qual incluem representantes de todos os gêneros de peixes até então descritos nas formações Crato e Romualdo no mesmo ambiente (Fig.6), ainda que no texto afirmem “que viviam provavelmente em diferentes zonas de um mar”. Estes autores, assim como Mabesoone & Tinoco (1973) e Viana (1990a), admitem que esta ictiofauna é indistintamente marinha, resultante de uma extensa transgressão, o que seria confirmado pela presença de equinóides nas camadas mais superiores da Formação Romualdo. Silva-Santos & Valença (1968) mencionam ainda que os “restos de plantas e de animais de hábitos terrestre e dulceaquícola, como o crocodilídeo e um quelônio nessas camadas comprovam o afluxo de águas fluviais ou pluviais nesse ambiente, formado por um largo golfo”. Wenz & P.M. Brito (1990) resumiam as idéias expressas por Bate (1972), que considera a associação de peixes e ostracodes do Grupo Santana como de águas doces, e de Martill (1988), que considera o ambiente francamente marinho, concluindo que, para interpretar perfeitamente o ambiente deposicional da Formação Romualdo, é preciso considerar as associações faunísticas e florísticas como um todo ao longo do tempo de deposição.

Ponte (1992) admite que, com exceção da Formação Romualdo, que é de origem marinha litorânea, todas as demais formações mesozóicas da Bacia do Araripe “são de origem essencialmente continental”. Neste contexto, as formações Abaiara, Rio da Batateira, Crato, Ipubi, Arajara e Exu seriam não-marinhas, ainda que nelas, por vezes, tenham sido registrados fósseis de

diferentes ambientes, alguns possivelmente marinhos (Cavalcanti & Viana, 1990; Arai, 1999; Barbosa *et al.*, 2004).

Na Formação Abaiara ocorrem ostracodes cipridáceos e citeráceos (Coimbra *et al.*, 2002), além de palinomorfos (Arai *et al.*, 2004). Os folhelhos escuros da Formação Rio da Batateira são bastante fossilíferos, neles ocorrendo fragmentos de peixes, conchostráceos, palinomorfos (Ponte & Appi, 1990) e coprólitos (Souto *et al.*, 2001). Pequenos peixes, restos de vegetais e algas são extremamente comuns em alguns níveis da Formação Crato (Neumann *et al.*, 2003; P.M. Brito *et al.*, 2005), assim como insetos e outros artrópodos (Martins Neto & Mesquita, 1991). Nesta unidade, também foi registrada a presença menos freqüente de bivalvíos (Barbosa *et al.*, 2004), de gastrópodos e conchostráceos (Viana, 1992), de anuros, aves e pterossauros (Maisey, 1991; Kellner, 2006), de quelônios (Oliveira & Kellner, 2005) e de ostracodes darwinuláceos e bairdiáceos (Silva, 1976). Na Formação Ipubi ocorrem ostracodes darwinuláceos, cipridáceos e citeráceos (Coimbra *et al.*, 2002), conchostráceos, fragmentos de conchas de moluscos, restos de vegetais superiores, estromatólitos (Arai *et al.*, 2004) e coprólitos (Souto *et al.*, 2001). E na Formação Arajara são encontrados os icnofósseis *Diplocraterion* sp., *Skolithos* sp. e *Taenidium* sp. (Arai, 1999), tanto de origem continental como marinha.

Apesar destas informações e interpretações contraditórias, persiste uma idéia de que a seqüência mesozóica da Bacia do Araripe foi depositada sob influência marinha, talvez por causa da abundante ictiofauna, com tubarões e raias (em geral considerados marinhos), e da presença de equinodermas, dinoflagelados e foraminíferos, ainda que geográfica e/ou temporalmente restrita. Desta forma, no presente estudo é apresentada uma análise da fauna e flora possivelmente marinha já registrada nos

depósitos cretáceos da Bacia do Araripe, objetivando oferecer uma visão integrada da ocorrência estratigráfica e geográfica de organismos indubitavelmente marinhos na bacia, como subsídio para direcionar futuras investigações paleontológicas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a elaboração do presente trabalho, foi efetuada uma exaustiva consulta da bibliografia relacionada à paleontologia da Bacia do Araripe e demais bacias interiores do nordeste brasileiro, visando listar todos os registros de organismos possivelmente marinhos já citados na literatura, de modo a proceder, posteriormente, a análise crítica destas citações. Foi realizada uma atualização estratigráfica, com base na proposta de Neumann & Cabrera (1999), e taxonômica, com base em Wenz & P.M. Brito (1990), Silva-Santos (1991) e Maisey (1991; 2001), para possibilitar uma síntese do conhecimento por unidade estratigráfica. Foram selecionadas as informações relevantes, descartando-se as citações generalizadas por grupo de organismo ou as listagens de fósseis baseadas em autores precedentes.

PEIXES E RÉPTEIS

A ictiofauna cretácea da Bacia do Araripe é uma das mais estudadas, com mais de 20 gêneros conhecidos, provenientes das formações Crato e Romualdo (Wenz & P.M. Brito, 1990; Silva-Santos, 1991; Maisey, 1991; 2001). Ainda é desconhecida a salinidade das águas onde viviam alguns destes peixes, ou por serem extintos ou por não possuírem correlatos atuais, como é o caso dos gêneros ocorrentes na Formação Romualdo e de procedência geográfica incerta: *Araripichthys* Silva-Santos 1985; *Iemanjá* Wenz 1989; *Placidichthys* P.M. Brito 2000; *Oshunia* Wenz & Kellner 1986; e *Beurlenichthys* Figueiredo & Gallo 2004, este também ocorrente na Formação Crato (Figueiredo & Gallo, 2004). Na Formação Romualdo ainda há re-

ferências a gêneros de peixes possivelmente eurihalinos, que toleram grandes variações de salinidade, vivendo em mares, estuários, deltas de rios, regiões de intermarés e de baixa salinidade, não sendo diagnósticos de ambiente marinhos. Entre eles, estão *Araripelepidotes* Silva-Santos 1985, *Brannerion* Jordan 1919, *Calamopleurus* Agassiz 1841, *Notelops* Woodward 1901 e *Paraelops* Silva-Santos 1971.

Nos calcários laminados da Formação Crato são conhecidos abundantes restos de *Dastilbe crandalli* Jordan 1910, um gênero eurihalino (Davis & Martill, 1999) que possui formas marinhas (Oliveira, 1978), de ambiente litorâneo (Silva-Santos & Valença, 1968) ou lacustre (Maisey, 2001). Ainda nos calcários desta formação, próximo à localidade de Crato, são encontrados raros restos de *Cladocyclus gardneri* Agassiz 1841, um gênero é tido como marinho litorâneo por Silva-Santos & Valença (1968) e Oliveira (1978), ainda que Maisey (2001) admita que seja também lacustre. Destas mesmas camadas, P.M. Brito & Martill (1999) descreveram restos de um jovem exemplar de celanto, que atualmente é um grupo marinho, ainda que no Cretáceo apresentasse formas não-marinhas (Maisey, 2001). Ocorrem ainda na Formação Crato, porém sem registro de litologia associada e bem mais raramente, *Vinctifer longirostris* P.M. Brito, Martill & Wenz 1998, pertencente a um gênero considerado marinho (P.M. Brito *et al.*, 2005) e *Beurlenichthys diasii* (Silva-Santos 1958), este vivendo em águas cuja salinidade ainda é desconhecida (Silva-Santos, 1995).

Na Formação Romualdo, onde os peixes osteíteis são mais conhecidos e estudados, em geral ocorrendo em concreções calcárias, são reconhecidamente marinhos os gêneros *Vinctifer* e *Tharrhias* (Oliveira, 1978; Maisey, 2001). *Vinctifer comptoni* (Agassiz 1841) é o segundo táxon de peixe mais abundante nos ictiólitos desta formação (Fig. 1b), sendo encontrado com frequência nos mu-

nicípios de Jardim e Missão Velha. Também são abundantes *Tharrhias araripis* Jordan & Branner 1908 (incluindo o sinônimo junior *T. rochae* (Jordan & Branner, 1908), cf. Maisey, 1991), especialmente em Santana do Cariri, sendo mais raro em Jardim. Silva-Santos & Valença (1968) sugerem que viveriam em ambiente marinho litorâneo. *Rhacolepis*

buccalis Agassiz 1841 é o peixe mais abundante na Formação Romualdo (Fig.1a), sendo muito freqüente em Pedra Branca, Jardim e Missão Velha. Parece também ter sido de águas marinhas (Maisey, 2001), ainda que Silva-Santos & Valença (1968) o reconheça como um possível habitante de estuários e lagunas litorâneas.

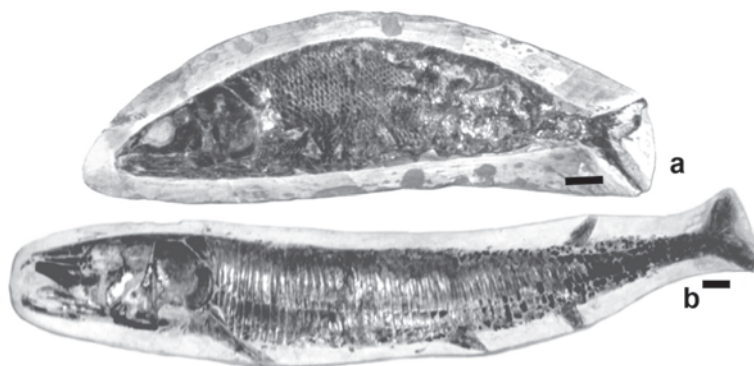


Figura 1 – Concreções calcárias da Formação Romualdo com espécimes de: *Rhacolepis buccalis* (a) e *Vinctifer comptoni* (b). Fotografias de Maria Helena Hessel; barra indica 1cm.

Na Formação Romualdo também ocorrem fósseis de celacantos, como *Axelrodichthys araripensis* Maisey 1986 e *Mawsonia gigas* Woodward 1907, que é o maior peixe até hoje encontrado nesta unidade estratigráfica da Bacia do Araripe, ambos provenientes da região de Jardim. Ainda que os celacantos atuais sejam marinhos de águas profundas, Maisey (2001) menciona que o gênero *Mawsonia* é não-marinho.

Dentre os peixes condrícties que foram registrados na literatura como provenientes da Formação Romualdo, há uma raia do gênero *Iansan* e um tubarão do gênero *Tribodus*. Ainda de ocorrência rara, pois foi encontrada apenas em Lagoa de Dentro (Pernambuco) e no norte cearense da chapada, *Iansan beurleni* (Silva-Santos 1968) é tida como uma forma marinha que viveu provavelmente na parte mais interna de zonas sublitorâneas (Silva-Santos & Valença, 1968), podendo eventualmente entrar em

águas doces. O outro condrícte presente nesta unidade é o seláquio *Tribodus limae* P.M. Brito & Ferreira 1989, coletado em local desconhecido, que, segundo Maisey ou é uma forma marinha que eventualmente entra em águas doces (1996) ou é de ambientes não-marinhos (2001), como o mesozóico gênero *Hybodus*.

Os répteis aquáticos fósseis ocorrentes na Bacia do Araripe são encontrados nas formações Crato e Romualdo, pertencentes a dois grupos taxonômicos: quelônios e crocodilianos, estes últimos considerados todos de águas doces. Os quelônios são mais conhecidos na Formação Romualdo, de onde foi descrito o primeiro exemplar, proveniente de uma mina a 2km de Santana do Cariri: *Araripemys barretoei* Price 1973, que também foi registrado na Formação Crato (Oliveira & Kellner, 2005). Posteriormente foram descritas, da Formação Romualdo, as espécies *Santanachelys gaffneyi* Hirayama 1998; *Bra-*

silemys josai Broin 2000 e *Cearachelys placidoi* Gaffney, Campos & Hirayama 2001 (Oliveira & Kellner, 2005), além de uma espécie indeterminada do gênero *Teneremys* (Broin & Campos, 1985). Price (1973) considerou a espécie por ele descrita como marinha, e Santos (1982) enfatizou seu caráter alóctone. Oliveira & Kellner (2005) sugerem que *Araripemys barretoii*, na Formação Crato, por estar associada a restos de anuros, seria de ambiente dulcícola. Broin & Campos (1985) e Broin (2000) mencionam que representantes dos gêneros *Araripemys*, *Teneremys* e *Brasilemys* na Bacia do Araripe pertencem a “uma rica fáunula não-marinha de peixes”. Gaffney *et al.* (2001) admitem que *Cearachelys placidoi* tanto pode ser uma tartaruga marinha costeira como dulceaquícola, tendo sido coletada em local incerto. E a espécie de *Santanachelys* é considerada por Hirayama (1998) como marinha.

INVERTEBRADOS

Dentre os invertebrados tipicamente marinhos relatados como ocorrentes na Bacia do Araripe, há equinodermas, moluscos e artrópodos, relacionados tanto à Formação Crato como à Formação Romualdo.

A presença de equinóides é registrada desde a década de '60, em bancos calcários na região de Ipubi – Araripina, inicialmente através dos trabalhos de K. Beurlen (1962a, 1962b, 1963, 1966) e de seus alunos: Albuquerque (1963), Anjos (1963) e Costa (1963). Apenas duas espécies são descritas, ambas de equinóides irregulares (Manso & Hessel, 2005; Fig.2): *Pygurus tinocoi* K. Beurlen 1966, e *P. araripensis* (K. Beurlen 1966), ambas associadas a uma pequena fauna composta por gastrópodos, bivalvíos, anelídeos e ostracodes, além de raros fragmentos de peixes indeterminados (Berthou *et al.*, 1990).



Figura 2 – Exemplar do equinóide *Pygurus araripensis* da Formação Romualdo (barra indica 1cm; fotografias de Cleide Regina Moura).

Duas classes de moluscos estão representadas na Bacia do Araripe: a dos bivalvíos e a dos gastrópodos. Enquanto os bivalvíos foram mencionados nas formações Crato e Romualdo, os gastrópodos foram identificados apenas em níveis estratigráficos acima dos ictiólitos da Formação Romualdo, em bancos calcários (K. Beurlen, 1963).

Na Formação Crato, a maioria das formas de bivalvíos conhecidos pertence a gê-

neros atualmente marinhos: *Yoldia*, *Barbatia* e *Malletia* (Barbosa *et al.*, 2004; Fig.3). Entretanto, ocorrem nas mesmas camadas que os abundantes espécimes do gênero tipicamente dulceaquícola, *Pseudohyria*, indicando que possivelmente as formas fósseis viviam em águas menos salgadas do que as atuais. São encontrados em folhelhos aflorantes no rio da Batateira e na região de Nova Olinda, Barbalha e Santana do Cariri, porção leste da Bacia de Araripe.

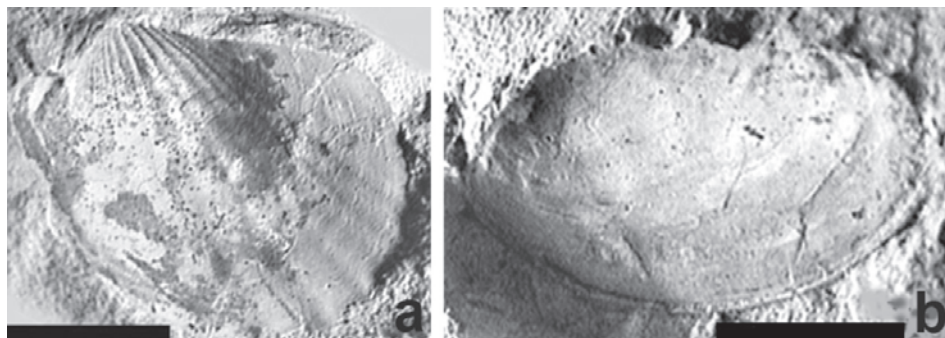


Figura 3: Exemplares dos bivalvíos *Barbatia* sp. (a) e *Malletia* sp. (b) da Formação Crato (barra indica 1cm; fotografias de José Antonio Barbosa).

Os bivalvíos ocorrentes nos depósitos calcários da Formação Romualdo estão representados por espécimes que provém da região de Lagoa de Dentro e Araripina: *Aguilera* sp., *Crassatella*? sp., *Anomia*? sp. e *Brachidontes*? sp., estes dois últimos também presentes nos municípios de Santana do Cariri, Ipubi e Exu, onde ocorrem representantes de *Corbula*? sp. (K. Beurlen, 1963). Santos (1982) cita a ocorrência de *Plicatula* sp. no município de Caldeirão Grande, Piauí, e Sales *et al.* (2001) registram a

presença de um mitilídeo na região de Jardim. Estas formas nunca foram descritas e ilustradas, de modo que sequer sua identificação taxonômica é conhecida. A maioria dos gêneros mencionados é eurihalina de ampla distribuição geográfica, com exceção de *Aguilera*, que é um bivalvío que vive em ambientes transicionais, sob águas de mais baixa salinidade (Hessel & Filizola, 1991). Os mitilídeos também vivem em ambientes marinhos e salobros, e *Plicatula* sp. é de uma família aparentemente marinha.



Figura 4 – Banco calcário com gastrópodos da Formação Romualdo aflorante próximo a Araripina (fotografia de Antonio de Souza Leal).

Todos os gastrópodos fósseis identificados da Bacia do Araripe provêm da Formação Romualdo, ocorrendo de modo geral em bancos calcários (Fig.4) das regiões de Ipubi e Araripina (K. Beurlen, 1963, 1964; Mabesoone & Tinoco, 1973): *Gymnentome romualdoi* K. Beurlen 1964 (Fig.5) e *Craginia araripensis* K. Beurlen 1964 (que aparentemente também é encontrada no Crato e Exu), e formas preliminarmente relacionadas a gastrópodos turriteliformes e neritíodes, que foram registrados ainda

em Porteiras e Barbalha. Santos (1982) e Sales *et al.* (2001) registraram a presença de *Cerithium* cf. *austinense* na região de Caldeirão Grande, Piauí. K. Beurlen (1964) observou que *G. romualdoi* e *C. araripensis* são formas marinhas, ocorrendo em bancos calcários junto com equinóides, restritos ao sudoeste da bacia. *Cerithium* é um gênero tido como marinho, e os demais gastrópodos necessitam uma identificação taxonômica precisa para serem utilizados como referenciais paleoambientais.

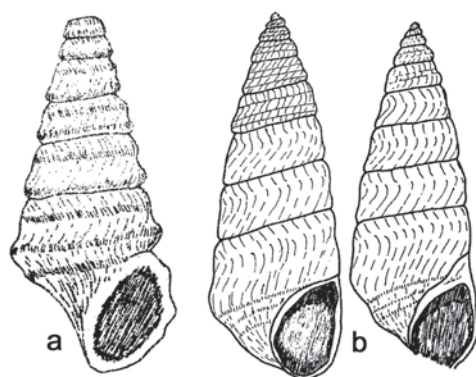


Figura 5 – Os gastrópodos *Gymnentome romualdoi* (a) e *Craginia araripensis* (b) da Formação Romualdo, como ilustrados por K. Beurlen (1964).

Dentre os artrópodos aquáticos, possivelmente marinhos, já registrados na Bacia do Araripe (exceto ostracodes), na Formação Romualdo, há uma espécie de caranguejo descrita por Martins Neto (1987): *Araripecarcinus ferreirai*. Esta forma foi encontrada na mesma concreção onde ocorre um espécime de *Vinctifer comptoni*, provindo de uma pedreira localizada próximo a Porteiras, Ceará. As formas atuais da superfamília Portunidae, a qual pertence *A. ferreirai*, são marinhas, mas isto não significa que este gênero também tenha sido marinho, de modo que o autor considerou provisoriamente este caranguejo como um habitante de águas doces. O outro táxon de artrópodo com possibilidade de ser de origem marinha é um camarão da espécie

Paleomattea deliciosa Maisey & Carvalho, 1995, encontrado em nódulos calcários (K. Beurlen, 1963), em folhelhos aflorantes em Santana do Cariri (Viana & Agostinho, 1995) e também no conteúdo estomacal de *Rhacolepis* (Maisey & Carvalho, 1995). Viana & Agostinho (1995) o consideram de origem marinha.

Há ainda o registro de copépodos parasitas do grupo Dichelesthioidea, que foram reconhecidos nas brânquias de um exemplar de *Cladocyclus gardneri* (Cressey & Patterson, 1973), encontrado dentro de um ictiólito com ostracodes dulcícolas (Lima, 1979). Maisey (2001) admite que esta espécie de peixe é eurihalina, vivendo tanto em ambientes marinhos como lacustres. Martins Neto (1987) salienta, citando Cressey &

Patterson (1973), que “os copépodos são tão abundantes nas comunidades de ambiente marinho como nas de água doce, embora os autores afirmassem que os copépodos de Araripe fossem marinhos e que *Cladocylus*, ao invés de forma marinha, fosse uma forma altamente tolerante a variações de salinidade, podendo contaminar-se com parasitas marinhos e perecer em água doce”.

MICROFÓSSEIS

Dentre os microfósseis possivelmente marinhos relatados como ocorrentes na Bacia do Araripe há os foraminíferos, ostracodes e dinoflagelados.

Branner (1915) foi o primeiro a mencionar a presença de foraminíferos na Bacia do Araripe, citando que ela “contém quantidades enormes de foraminíferos fósseis, mostrando claramente que estas formações são depósitos marinhos”. Carvalho & Carvalho (1974) citam a ocorrência de foraminíferos bentônicos numa tabela-síntese, ao analisar amostras da perfuração GSB-1 em Serra Branca, próximo a Ipubi. Lima (1978, 1979) reconhece um foraminífero quitinoso ocorrente na Formação Romualdo como sendo da espécie *Rhodonascia bontei* Deak 1964, tido pelo autor como marinho não costeiro. Berthou *et al.* (1990) assinalam e ilustram foraminíferos miliolídeos, entre os quais *Quinqueloculina* sp., e formas hiálinas indeterminadas provenientes de estratos da Formação Romualdo na região de Pedra Branca, considerando-os como de

origem marinha. Arai & Coimbra (1990) mencionam a presença de foraminíferos quitinosos e rotaliídeos indeterminados ao estudarem amostras do poço 2-AP-1-CE, ao sudeste da cidade de Araripe, Ceará,

Os ostracodes cretáceos são fósseis muito comuns e bastante estudados na Bacia do Araripe, onde ocorrem ao longo de toda a seqüência, com exceção talvez das formações Rio da Batateira, Arajara e Exu. Predominam os cipridáceos, mas darwinuláceos e ceteráceos são também comuns (Hessel *et al.*, 2006), todos habitantes de ambientes de águas doces ou salobras. Ostracodes tipicamente marinhos, os bairdiáceos, foram descritos e ilustrados por Silva (1976; Fig.6a-b) nos folhelhos aflorantes da Formação Crato, porém não mais confirmados em estudos posteriores.

Dinoflagelados provenientes da Formação Romualdo (na argila cinza-escuro logo acima da gipsita da Formação Ipubi) foram ilustrados por Lima (1971; Fig.6c), que estudou amostras da perfuração GSB-1, município de Ipubi. Arai & Coimbra (1990) observaram inúmeras espécies de dinoflagelados em amostras do poço 2-AP-1-CE, na porção oeste da Bacia do Araripe, ilustrando com exemplares dos gêneros *Subtilisphaera* e *Spiriferites*. Os autores mencionam que esta associação sugere uma indubitável influência marinha. Dino & Viana (2001) acrescentaram que estas ocorrências observadas por Arai & Coimbra (1990) correspondem a ambientes marinhos distais e de baixa energia,

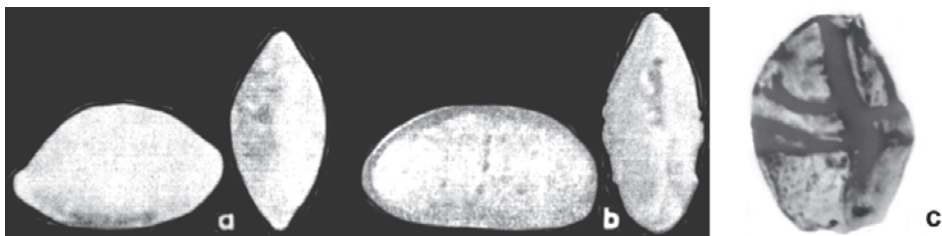


Figura 6 – Microfósseis da Bacia do Araripe: Bairdia? sp. (a) e Bythocypris sp. (b), ostracodes da Formação Crato (ilustrações de Silva, 1975); dinoflagelado da Formação Romualdo (c; ilustração de Lima, 1971).

por sua associação com grande quantidade de matéria orgânica amorfa. Pons *et al.* (1990) relataram a presença de dinocistos na Formação Rio da Batateira, que Arai (2002) provou serem resultantes de retrabalhamento de espécies de acritarcos marinhos devonianos, que ocorrem nas formações Abaiara e Rio da Batateira.

CONSIDERAÇÕES SOBRE SALINIDADE

A aptiana Formação Crato é considerada por K. Beurlen (1971) e Ponte (1992) como depositada em um ambiente lacustre de águas doces em uma bacia relativamente restrita. Mabesoone & Tinoco (1973) sugerem que deve ter sido depositada em águas calmas, pelo baixo percentual de fósseis fragmentados, além de indícios de ordem sedimentar (laminação dos calcários e dos folhelhos). Mabesoone *et al.* (2000) admitem que esta unidade representa a deposição de um lago de águas doces e rasas, com peixes do gênero eurihalino *Dastilbe* e anfíbios anuros (Leal & Brito, 2006), aos quais Barbosa *et al.* (2004) acrescentaram a ocorrência de bivalvíos. Moura *et al.* (2006) consideram o ambiente de deposição da Formação Crato como “lacustre interno com pouca ou quase nenhuma energia”.

Nos calcários da Formação Crato ocorrem abundantes restos de pequenos *Dastilbe*, um peixe eurihalino, e raros representantes de *Cladocyclus gardneri* e de celacantos, tidos como de ambientes salinos. Um quelônio procedente destes calcários laminados, *Araripemys barretoii*, tem sido considerado como dulceaquícola, por sua associação a anuros. Nesta litologia, ainda ocorrem *Yoldia*, *Barbatia* e *Malletia*, gêneros de bivalvíos atualmente marinhos, associados à *Pseudohyria*, tipicamente dulceaquícola, sendo assim considerados como possivelmente tolerantes a variações de salinidade.

Nos folhelhos da Formação Crato ocorrem conchostráceos, representantes

do bivalvío *Pseudohyria* e algas do gênero *Botryococcus*, todos tipicamente dulceaquícolas. E ainda existe o registro de ostracodites bairdiáceos, que são marinhos, mas cuja presença não foi confirmada em estudos posteriores, sendo este dado aqui não considerado. Ainda na Formação Crato, mas sem registro em qual litologia ocorrem, há raros espécimes dos peixes *Beurlenichthys diasii*, cujas características do ambiente de vida são desconhecidas, e *Vinctifer longirostris*, cujo gênero é considerado marinho.

Neumann *et al.* (2001, 2003) postularam que a Formação Crato foi depositada em um sistema lacustre salino com certa influência de águas doces (pântanos e planícies de inundação). Esta hipótese pode ser confirmada pela predominância de calcários sobre os folhelhos nesta unidade, estes contendo organismos tolerantes a variações de salinidade: *Dastilbe crandalli*, *Yoldia* sp., *Barbatia* sp. e *Malletia* sp. Periodicamente, por ocorrência de tormentas e enchentes fluviais, as águas desta bacia lacustre relativamente restrita (K. Beurlen, 1971) tornavam-se estratificadamente menos salinas, o que é registrado pela deposição de folhelhos com bivalvíos do gênero *Pseudohyria* e conchostráceos. Nestas ocasiões, também ocorreriam explosões bióticas das algas verde-amarelas *Botryococcus* sp., que viveriam em águas calmas e rasas (Mabesoone & Tinoco, 1973; Mabesoone *et al.*, 2000). Aparentemente *Cladocyclus gardneri* vivia no ambiente lacustre salino e, por ser estenohalino, morria quando as águas tornavam-se doces e havia a explosão algálica (o que reduzia a disponibilidade de oxigênio no ambiente), fossilizando então no folhelho. *Vinctifer longirostris*, ainda que marinho, poderia ingressar em águas menos salinas em tempos de reprodução, como sugerido por P.M. Brito *et al.* (2005).

Assim sendo, pelo registro na literatura, não fica comprovado que organismos

tipicamente marinhos viviam no ambiente de deposição da Formação Crato, que aflora na porção leste da Bacia do Araripe (região de Santana do Cariri, Crato, Barbalha e Nova Olinda).

Na Formação Romualdo, peixes osteícties considerados de ambiente marinho ocorrem com frequência em ictiólitos da região de Santana do Cariri, Pedra Branca, Jardim e Missão Velha (Fig.7): *Vinctifer comptoni*, *Tharrhias araripis*, este gênero talvez sendo litorâneo (Silva-Santos & Valença, 1968). O peixe mais abundante nesta unidade é *Rhacolepis buccalis*, que Maissey (2001) considera marinho e Silva-Santos & Valença (1968) como de estuários e de lagunas litorâneas. Ainda nesta formação, na área de Jardim, ocorrem raros peixes celacantos, como o *Axelrodichthys araripensis* e *Mawsonia gigas*, este tido como não-marinho. Dentre os peixes condrícties, há o registro da raia *Iansan beurleni*, que Silva-Santos & Valença (1968) sugerem ter vivido em zonas sublitorâneas. O outro condrícte presente é o tubarão *Tribodus limae* que é não-marinho. Os peixes da Formação Romualdo parecem indicar que viviam em ambientes de diferentes salinidades, pois também há várias formas eurihalinas: *Araripelepidotes*, *Brannerion*, *Calamopleurus*, *Notelops* e *Paraelops*. Esta diversidade provavel-

mente reflete não somente diferentes condições paleoambientais em distintas áreas geográficas e no tempo geológico, como também uma dinâmica aquática relacionada a eventuais incursões marinhas e/ou ao estabelecimento de uma estratificação halina das águas.

Já entre os répteis possivelmente marinhos ocorrentes nas concreções calcárias da Formação Romualdo, há os quelônios, em geral de procedência desconhecida: *Araripemys barretoii*, que seria de ambiente dulcícola, assim como *Teneremys* sp. e *Brasilemys josai*. *Cearachelys placidoi* era aparentemente uma espécie eurihalina, vivendo tanto em ambientes marinhos costeiros como dulcícolas, e *Santanachelys gaffneyi* é considerada marinha. Estes registros sugerem que o único exemplar de quelônio da Formação Romualdo tido como de origem marinha deve ter fossilizado de forma alóctone.

Dentre os invertebrados marinhos ocorrentes na Formação Romualdo (Fig.7), em bancos calcários, há duas espécies de equinóides irregulares: *Pygurus tinocoi* e *P. araripensis*, ambas associadas a uma fauna de gastrópodos ainda pouco estudados: *Gymnentome romualdoi*, *Craginia araripensis*, *Cerithium* cf. *austinense* e formas turríteliformes e neritóides. Estes organismos ocorrem frequentemente na porção oes-

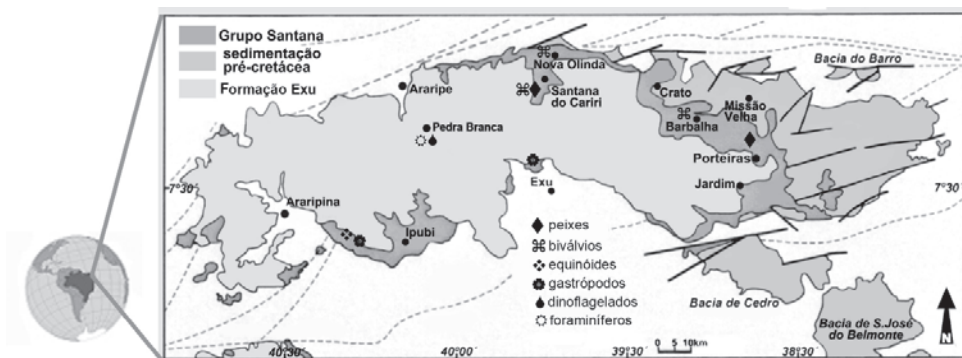


Figura 7 – Mapa geológico simplificado da Bacia do Araripe, com as indicações aproximadas da ocorrência de organismos tipicamente marinhos da Formação Romualdo (modificado de Arai et al., 2004).

te da bacia, como em Porteiras, Caldeirão Grande, Missão Velha, Ipubi e Araripina, mas foram também observados a leste, no Crato, em Santana do Cariri e Barbalha. K. Beurlen (1964) observa que *G. romualdoi* e *C. arari-pensis* são formas marinhas. Os bivalvíos da Formação Romualdo ocorrem na mesma área dos gastrópodos e permanecem até hoje classificados preliminarmente, com exceção de *Aguileria* sp., que é uma forma que vive em ambientes transicionais, sob águas de baixa salinidade. Ainda nesta unidade estratigráfica, encontram-se restos de artrópodos aquáticos que poderiam ser de origem marinha: o caranguejo *Araripecarcinus ferreirai*, provavelmente de águas doces, e o camarão *Paleomattea deliciosa*, encontrado em nódulos calcários, dentro de peixes e em margas, tido como marinho.

A literatura assim nos fornece uma visão novamente variada do paleoambiente indicado pelos invertebrados ocorrentes na Formação Romualdo da Bacia do Araripe: enquanto os bancos calcários e ricamente fossilíferos do oeste da bacia parecem ter sido depositados em ambiente de franca influência marinha, com equinóides e gastrópodos, os bivalvíos e artrópodos parecem ser de ambientes menos salinos e de uma distribuição geográfica mais ampla.

No registro de microfósseis da Formação Romualdo há foraminíferos, como *Rhodonascia bonteii*, *Quinqueloculina* sp. e outros miliolídeos e rotaliídeos indeterminados, todos considerados como de origem marinha, habitando provavelmente ambientes rasos e costeiros. Há também inúmeras espécies de dinoflagelados provenientes desta formação, como os gêneros *Subtilisphaera* e *Spiriferites*, sugerindo novamente uma indubitável influência marinha no ambiente de deposição, representando provavelmente áreas mais distais e de baixa energia (Dino & Viana, 2001). Ainda que copépodos parasitas sejam geralmente marinhos, o fato de serem encontrados alguns

de seus exemplares nas brânquias de um *Cladocycclus gardneri* pode simplesmente refletir uma ocasional contaminação deste indivíduo.

Assim sendo, os microfósseis (foraminíferos e dinoflagelados), ainda que de forma geograficamente restrita, indicam que houve influência marinha em algum tempo de deposição da Formação Romualdo, corroborando os dados obtidos com os invertebrados (equinóides e gastrópodos) e os peixes (*Vinctifer*, *Tharrhias* e *Rhacolepis*).

Silva-Santos & Valença (1968) apresentaram a hipótese de que durante o tempo de deposição da Formação Romualdo haveria na região da Bacia do Araripe um largo golfo com afluo de águas fluviais. Esta feição geomorfológica poderia ter sido a natural evolução de uma laguna costeira existente no início da sedimentação desta unidade, quando as águas marinhas que então depositavam parte da Formação Codó na vizinha Bacia da Parnaíba (Campos, 1964) ingressaram temporariamente na Bacia do Araripe. As águas deste possível golfo teriam variações de salinidade tanto vertical quanto horizontalmente, proporcionando uma variedade de microhabitats para a diversidade biótica hoje encontrada nos estratos da Formação Romualdo. Mabesoone & Tinoco (1973) sugeriram que durante a deposição da Formação Romualdo já não havia mais condições estáveis e um ambiente calmo, pois há bancos com grande número de conchas de moluscos quebradas, como pode ocorrer em áreas restritas de um golfo.

Della Fávera (1987) sugeriu que nesta época grandes tempestades ocorreram na Bacia do Araripe, formando ondas capazes de revolver seu fundo lodoso, rico em matéria orgânica em decomposição, provocando um envenenamento local das águas e conseqüente mortalidade da fauna, similarmente ao que hoje ocorre na lagoa Rodrigo de Freitas (Rio de Janeiro), como já aventa-

ra K. Beurlen (1963). Della Fávera acrescenta que nestas ocasiões, eventuais barreiras poderiam ser rompidas, havendo aumento de salinidade pelo ingresso de maior volume de águas marinhas (no golfo), que poderiam trazer também organismos que viviam normalmente em mar aberto. Cavalcanti & Viana (1990) sugerem que ingressões marinhas iniciaram-se somente quando houve a formação de bancos carbonáticos, nos quais foram preservados equinóides, moluscos e peixes, na porção mais superior da Formação Romualdo, o que parece corresponder à paleofauna encontrada, pois, em camadas desta unidade, logo acima da Formação Ipubi, ocorrem organismos típicos de águas doces, como as algas carófitas (Silva, 1975; Saraiva *et al.*, 2003). Mesmo assim, parece que uma influência claramente marinha na Bacia do Araripe veio do oeste, onde ocorrem fósseis de organismos bentônicos tipicamente marinhos, como já havia postulado K. Beurlen (1963), Campos (1964) e Ponte (1992). Foraminíferos e dinoflagelados, planctônicos, assim como os peixes nectônicos, alcançaram naturalmente maior distribuição geográfica, dispersando-se também a leste da bacia.

Pela análise do registro de organismos cretáceos na Bacia do Araripe, disponível na literatura, observa-se que ocorrem formas marinhas bentônicas na porção oeste da bacia, e espécies planctônicas e nectônicas em mais ampla distribuição, ainda que somente nos depósitos sedimentares não basais da Formação Romualdo (Neo-aptiano). Entretanto, para interpretar mais adequadamente os paleoambientes então existentes é preciso considerar as associações faunísticas e florísticas como um todo, como já afirmaram Wenz & P.M. Brito (1990), muitas delas ainda carentes de estudo. A diversidade paleoictiológica, de microorganismos e de invertebrados, parece refletir não somente diferentes nichos paleoecológicos no tempo e no espaço,

como também uma dinâmica aquática relacionada a eventuais incursões marinhas e/ou ao estabelecimento de estratificações halinas das águas, ocorrida durante quase 50 milhões de anos.

CONCLUSÕES

Com a revisão bibliográfica realizada sobre o registro de organismos fósseis possivelmente marinhos ocorrentes na Bacia do Araripe, é possível listar diversas conclusões, como é a seguir relacionado.

- a. Nos calcários laminados da Formação Crato é conhecido *Dastilbe crandalli*, um peixe aparentemente eurihalino, tido ora como lacustre não-marinho ora como marinho litorâneo, *Cladocyclus gardneri* e celantos de águas salinas, *Araripe-mys barretoii*, um quelônio considerado dulceaquícola, e bivalvíos dos gêneros *Yoldia*, *Barbatia* e *Malletia* associados à *Pseudohyria*, sugerindo que estes moluscos eram eurihalinos.
- b. Nos folhelhos da Formação Crato são encontrados bivalvíos do gênero *Pseudohyria*, conchostráceos e algas verde-amarelas *Botryococcus*, todos estes de ambiente dulcícola, sendo a presença de ostracodes bairdiáceos marinhos ainda duvidosa.
- c. De litologia incerta da Formação Crato foram registrados raros espécimes de *Beurlenichthys diasii*, cujas características do ambiente de vida são desconhecidas, e *Vinctifer longirostris*, cujo gênero é considerado marinho, podendo ter ingressado em águas menos salinas em períodos de reprodução.
- d. Não é comprovado que organismos tipicamente marinhos viviam no ambiente de deposição da Formação Crato, que aparentemente foi depositada em um sistema lacustre salino com eventual influência de águas doces, quando haveria formas dulceaquícolas e ocorreriam explosões algálicas, estas responsáveis

- pela morte de peixes estenohalinos, como *Cladocyclus gardneri*.
- e. Nas concreções calcárias da Formação Romualdo encontram-se peixes osteícties marinhos, como *Vinctifer comptoni*, *Tharrhias araripis* e o abundante *Rhacolepis buccalis*, este também vivendo em estuários e lagunas litorâneas.
 - f. No mesmo nível dos ictiólitos da Formação Romualdo ocorrem raros peixes celacantos (*Axelrodichthys araripensis* e *Mawsonia gigas*), não-marinhos, e condrícties, como o tubarão *Tribodus limae* e a raia *Iansan beurleni*, aparentemente marinhos sublitorâneos.
 - g. Nas concreções calcárias da Formação Romualdo há quelônios como *Araripemys barreto*, *Brasilemys josai* e *Teneremys* sp., dulceaquícolas, *Cearachelys placidoi* de ambiente dulcícola e marinho costeiro, e *Santanachelys gaffneyi*, marinho e possivelmente alóctone.
 - h. Dentre os invertebrados bentônicos tipicamente marinhos ocorrentes na Formação Romualdo, há duas espécies de equinóides irregulares: *Pygurus tinocoi* e *P. araripensis*, encontradas em bancos calcários na porção oeste da bacia.
 - i. Os gastrópodos identificados na Formação Romualdo (*Gymnentome romualdoi*, *Craginia araripensis* e *Cerithium* cf. *austinense*) indicam um ambiente marinho, enquanto os bivalvíos reconhecidos taxonomicamente (*Aguileria* sp.) sugerem um ambiente transicional, ainda que a maior parte da malacofauna necessite ser corretamente identificada.
 - j. Na Formação Romualdo encontram-se restos de artrópodos aquáticos, como o caranguejo *Araripecarcinus ferreirai*, considerado preliminarmente de águas doces, o camarão *Paleomattea deliciosa*, tido de origem marinha, e copépodos marinhos encontrados parasitando as brânquias de um *Cladocyclus gardneri*, refletindo uma ocasional contaminação.
 - k. Na Formação Romualdo ocorrem foraminíferos, como *Rhodonascia bonte*, *Quinqueloculina* sp., outros miliolídeos e rotaliídeos indeterminados, todos de origem marinha, habitando provavelmente ambientes rasos e costeiros.
 - l. Inúmeras formas de dinoflagelados provenientes da Formação Romualdo foram reconhecidas, como os gêneros *Subtilisphaera* e *Spiriferites*, sugerindo influência marinha em seu ambiente de deposição.
 - m. A Formação Romualdo aparentemente foi depositada em um sistema ecológico ecótono, onde eventuais barreiras de ligação oceânica poderiam ser removidas, com aumento de salinidade nas águas, influência esta provavelmente vinda do oeste, onde ocorre o registro de organismos bentônicos tipicamente marinhos.
 - n. A paleobiota cretácea da Bacia do Araripe parece refletir uma diversidade paleoambiental no tempo e no espaço associada a uma grande dinâmica aquática, que ainda exige estudos faunísticos e florísticos detalhados para uma interpretação integrada dos eventos ocorridos.

Agradecimentos: Nossos melhores agradecimentos aos professores Dra. Valéria Gallo (UERJ), M.Sc. Antônio Álamo Feitosa Saraiva (URCA), Dra. Maria Somália Sales Viana (UVA), Dr. Gorki Mariano (UFPE), Dra. Sonia Agostinho (UFPE) e Dr. Mário Lima Filho (UFPE) por diversas colaborações que enriqueceram e melhoraram o texto. Também somos gratas a Antonio de Souza Leal, Cleide Regina Moura e José Antonio Barbosa, pelas fotografias cedidas.

REFERÊNCIAS

- Albuquerque, J.P.T. 1963. Geologia da área sudeste de Rancharia, sul de Araripina, Estado de Pernambuco. *Boletim de Geologia* (UFPE), Recife, 3: 46-48.

- Anjos, N.F.R. 1963. Conteúdo fóssil e idade da série Araripe. *Symposium*, Recife, 5(1-2): 175-178.
- Arai, M. 1999. Transgressão marinha mesocretácea: sua implicação no paradigma da reconstituição paleogeográfica do Cretáceo no Brasil. *Simpósio do Cretáceo no Brasil*, 5, Rio Claro, *Resumos Expandidos*, UNESP: 577-582.
- Arai, M. 2002. Ocorrência de palinóforos devonianos retrabalhados na Bacia do Araripe (Nordeste do Brasil): sua relação com a evolução tectono-sedimentar policíclica. *Paleontologia em Destaque*, Porto Alegre, 17(40): 10-11.
- Arai, M. & Coimbra, J.C. 1990. Análise paleoecológica do registro das primeiras ingressões marinhas na Formação Santana (Cretáceo Inferior da chapada do Araripe). *Simpósio sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste*, 1, Crato, *Atas*, URCA: 225-239.
- Arai, M., Coimbra, J.C. & Telles Jr, A.C.S. 2001. Síntese bioestratigráfica da Bacia do Araripe (nordeste do Brasil). *Simpósio sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste* [1997], 2, Crato, *Comunicações*, DNPM/URCA/SBP: 109-117.
- Arai, M., Carvalho, I.S. & Cassab, R.C.T. 2004. Bacia do Araripe. *Phoenix*, Aracaju, 6(72): 1-6.
- Barbosa, J.A., Hessel, M.H. & Neumann, V.H. 2004. Bivalves da Formação Crato, Bacia do Araripe. *Paleontologia em Destaque*, Porto Alegre, 20(49): 41-42.
- Bate, R.H. 1972. Phosphatized ostracods with appendages from the Lower Cretaceous of Brazil. *Palaeontology*, London, 15(3): 379-393.
- Berthou, P.Y., Viana, M.S.S. & Campos, D.A. 1990. Coupe de la Formation Santana dans le secteur de Pedra Branca (Santana do Cariri; Bassin d'Araripe, NE du Brésil): contribution a l'étude de la sédimentologie et des paleoenvironnements. *Simpósio sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste*, 1, Crato, *Atas*, URCA: 173-191.
- Beurlen, K. 1962a. Posição estratigráfica e paleogeográfica da chapada do Araripe. *Congresso Brasileiro de Geologia*, 16, Porto Alegre, *Resumos*, SBG: 2.
- Beurlen, K. 1962b. A geologia da chapada do Araripe. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, 34(3): 365-370.
- Beurlen, K. 1963. Geologia e estratigrafia da chapada do Araripe. *Congresso Nacional de Geologia*, 17, Recife, *Anais*, SBG: 1-47.
- Beurlen, K. 1964. As espécies dos Cassiopinae, nova subfamília dos Turritellidae, no Cretáceo do Brasil. *Arquivos de Geologia da UFPE*, Recife, 5: 1-43.
- Beurlen, K. 1966. Novos equinóides no Cretáceo do nordeste do Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, 38(3/4): 455-464.
- Beurlen, K. 1971. As condições ecológicas e faciológicas da Formação Santana na chapada do Araripe (nordeste do Brasil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, 43 (Suplemento): 411-415.
- Branner, J.C. 1915. *Geologia elementar*. Rio de Janeiro, Francisco Alves & Cia, 396p.
- Brito, P.M. & Martill, D.M. 1999. Discovery of a juvenile coelacanth in the Lower Cretaceous, Crato Formation, Northeastern Brazil. *Cybium*, Paris, 23(3): 209-211.
- Brito, P.M., Mayrinck, D., Leal, M.E.C. & Martill, D.M. 2005. An overview of the Crato Formation ichthyofauna. *International Meeting on Mesozoic Fishes*, 4, Madrid, *Extended Abstracts*, Universidad Autónoma de Madrid: 47-49.
- Brito, P.M. & Séret, B. 1996. The new genus *Iansan* (Chondrichthyes, Rhinobatoidae) from the Early Cretaceous of Brazil and its phylogenetic relationships. In G. Arratia & G. Viohl (eds) *Mesozoic Fishes: Systematics and Paleoecology*. München, Friedrich Pfeil: 47-62.

- Broin, F.L. 2000. The oldest prepodocnemid turtle (Chelonii, Pleurodira), from the Early Cretaceous, Ceará State, Brazil, and its environment. *Treballs del Museu de Geologia de Barcelona*, Barcelona, 9: 43-95.
- Broin, F.L. & Campos, D.A. 1985. *Araripe-mys barretoii*, uma tartaruga pleurodira do Cretáceo Inferior da Chapada do Araripe, Nordeste do Brasil. *Congresso Brasileiro de Paleontologia*, Fortaleza, Resumos: 14.
- Campos, C.W.M. 1964. Estratigrafia das bacias paleozóica e cretácea do Maranhão. *Boletim Técnico de Petrobras*, Rio de Janeiro, 7(2): 137-164.
- Carvalho, I.S. & Viana, M.S.S. 1993. Os conchostráceos da Bacia do Araripe. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, 65(2): 181-188.
- Carvalho, M.S.S. & Santos, M.E.C.M. 2005. Histórico das pesquisas paleontológicas na Bacia do Araripe, nordeste do Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências da UFRJ*, Rio de Janeiro, 28(1): 15-34.
- Carvalho, S.G. & Carvalho, M.F. 1974. Microfácies sedimentares do furo GSB-1, Serra Branca, chapada do Araripe, Pernambuco. *Estudos Sedimentológicos [UFRN]*, Natal, 3/4: 49-63.
- Cavalcanti, V.M.M. & Viana, M.S.S. 1990. Faciologia dos sedimentos não-lacustres da Formação Santana (Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe, nordeste do Brasil). *Simpósio sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste*, 1, Crato, Atas, SBP/URCA: 193-207.
- Coimbra, J.C., Arai, M. & Carreño, A.L. 2002. Biostratigraphy of Lower Cretaceous microfossils from the Araripe Basin, northeastern Brazil. *Geobios*, Amsterdam, 35: 687-698.
- Costa, M.J. 1963. Geologia da região oeste de Rancharia, município de Arapipina, PE. *Boletim de Geologia [UFPE]*, Recife, 3: 49-51.
- Cressey, R. & Patterson, C. 1973. Fossil parasitic copepods from a Lower Cretaceous fish. *Science*, New York, 180: 1238-1285.
- Davis, S.P. & Martill, D.M. 1999. The gonorynchiform fish *Dastilbe* from Lower Cretaceous of Brazil. *Palaeontology*, London, 2(4): 715-740.
- Della Fávera, J.C. 1987. Tempestades como agentes de poluição ambiental e mortandade em massa no passado geológico: caso das formações Santana (Bacia do Araripe) e Irati (Bacia do Paraná). *Boletim de Geociências da Petrobras*, Rio de Janeiro, 1(2): 239-240.
- Dino, R. & Viana, M.S.S. 2001. Palinomorfos da parte superior da Formação Santana (Albiano da Bacia do Araripe). *Revista Brasileira de Paleontologia*, Porto Alegre, 2: 92-93.
- Figueiredo, F.J. & Gallo, V. 2004. A new teleost fish from the Early Cretaceous of Northeastern Brazil. *Boletim do Museu Nacional*, Rio de Janeiro, 73: 1-23.
- 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*, New York, 3319: 1-20.
- Hessel, M.H. & Filizola, N.P. 1991. Algumas espécies de *Aguileria* (Bivalvia) do Albiano Inferior de Sergipe. *Congresso Brasileiro de Paleontologia*, Curitiba, 11, Anais 1: 301-316.
- Hessel, M.H., Tomé, M.E. & Moura, C.R. 2006. Ostracodes mesozóicos das bacias do interior nordestino: estado da arte. *Simpósio do Cretáceo do Brasil*, 7, São Pedro, *Boletim*: 66.
- Hirayama, R. 1998. Oldest known sea turtle. *Nature*, London, 392: 705-708.
- Kellner, A.W.A. 2006. *Pterossauros: os senhores do céu do Brasil*. Rio de Janeiro, Vieira & Lent, 176p.
- Leal, M.E.C. & Brito, P.M. 2006. Anura do Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe,

- nordeste do Brasil. In V. Gallo, P.M. Brito, H.M.A. Silva & F.J. Figueiredo *Palaeontologia de vertebrados: grandes temas e contribuições científicas*. Rio de Janeiro, Interciência: 145-152.
- Lima, M.R. 1971. Contribuição palinológica à estratigrafia do Cretáceo do nordeste do Brasil: análise da perfuração GSB-1, Serra Branca, Pernambuco. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 88p.
- Lima, M.R. 1978. Palinologia da Formação Santana (Cretáceo do nordeste do Brasil). Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 335p.
- Lima, M.R. 1979. Paleontologia da Formação Santana (Cretáceo do nordeste do Brasil): estágio atual do conhecimento. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, (51)3: 545-546.
- Mabesoone, J.M. & Tinoco, I.M. 1973. Palaeoecology of the Aptian Santana Formation (Northeastern Brazil). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Amsterdam, 14: 97-118.
- Mabesoone, J.M., Viana, M.S.S. & Neumann, V.H. 2000. Late Jurassic to Mid-Cretaceous lacustrine sequences in the Araripe-Potiguar depression of Northeastern Brazil. *AAPG Studies in Geology*, Tulsa, 46: 197-208.
- Maisey, J.G. (ed.) 1991. *Santana fossils: An illustrated atlas*. Neptune City, TFH, 459p.
- Maisey, J.G. 2001. Distribution patterns among Early Cretaceous fishes of Western Gondwana. *Simpósio sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste*, 2 [1997], Crato, Comunicações, DNPM/URCA/SBP: 227-237.
- Maisey, J.G. & Carvalho, M.G.P. 1995. First records of fossil Sergestid decapods and fossil brachyuran crab larvae (Arthropoda, Crustacea), with remarks on some Palaemonid fossils from Santana Formation (Aptian-Albian, NE Brazil). *American Museum Novitates*, New York, 3132: 1-20.
- Manso, C.L.C. & Hessel, M.H. 2005. Revisão sistemática de *Pygidiolampas araripensis* (K. Beurlen 1966), Echinodermata Cassiduloida do Albiano da Bacia do Araripe, Brasil. *PALEO 2005*, Ilhéus, Resumos: 12.
- Martill, D.M. 1988. Preservation of fish in the Cretaceous Santana Formation of Brazil. *Palaeontology*, London, 31(1): 1-18.
- Martill, D.M. 1989a. Fast fossilization. *QUGS Journal*, Milton Keynes, 10(1): 4-10.
- Martill, D.M. 1989b. The Medusa effect: Instantaneous fossilization. *Geology Today*, London, 5(6): 201-205.
- Martill, D.M. 1990. The significance of the Santana biota. *Simpósio sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste*, 1, Crato, Atas, SBP/URCA: 253-264.
- Martins Neto, R.G. 1987. Primeiro registro de decápode na Formação Santana, Bacia do Araripe (Cretáceo Inferior), nordeste do Brasil. *Ciência & Cultura*, Rio de Janeiro, 39(4): 406-410.
- Martins Neto, R.G. & Mesquita, M.V. 1991. A paleoentomofauna do nordeste brasileiro: estado da arte. *Simpósio de Geologia do Nordeste*, 14, Recife, Atas, SBG: 59-62.
- Medeiros, R.A., Ponte, F.C. & Ponte Fº, F.C. 2001. Análise estratigráfica da chapada do Araripe, parte 2: análise de fácies. *Simpósio sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste*, 2, Crato, Atas, SBP/URCA: 93-100.
- Moura, G.J.B., Barreto, A.M.F. & Baéz, A.M. 2006. A biota da Formação Crato, Eocretáceo da Bacia do Araripe, nordeste do Brasil, Olinda, Edição dos autores [Livro Rápido], 101p.
- Neumann, V.H. & Cabrera, L. 1999. Una nueva propuesta estratigráfica para la tectonosecuencia post-rifte de la Cuenca de Araripe, noreste de Brasil. *Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil*, 5, Serra Negra, Boletim, UNESP: 279-285.
- Neumann, V.H., Dino, R. & Cabrera, L. 2001. Compartimentação paleoambiental e

- significado paleoclimático da paleoflora reconhecida na sequência lacustre aptiana da Bacia do Araripe. *Revista Brasileira de Paleontologia*, Rio de Janeiro, 2: 99-100.
- Neumann, V.H., Borrego, A.G., Cabrera, L. & Dino, R. 2003. The Aptian-Albian lacustrine system of the Araripe Basin, northeastern Brazil: Paleoambiental and paleoclimatic significance of the recognized paleoflora. *Latin-American Congress of Sedimentology*, 3, Belém, *Abstract Book*, IAS: 131-133.
- Neves, B.B.B. 1990. A Bacia do Araripe no contexto geotectônico regional. *Simpósio sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste*, 1, Crato, *Atas*, URCA: 21-33.
- Oliveira, A.F. 1978. O gênero *Tharrhias* no Cretáceo da chapada do Araripe. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, 52(3): 569-590.
- Oliveira, G.R. & Kellner, A.W.A. 2005. Note on a plastron (Testudines, Pleurodira) from the Lower Cretaceous Crato Member, Santana Formation, Brazil. *Arquivos do Museu Nacional*, Rio de Janeiro, 3(63): 523-528.
- Plummer, F.B. 1948. Estados do Maranhão e Piauí. In Brasil, *Relatório de 1946*. Conselho Nacional do Petróleo, Rio de Janeiro, 87-134.
- Pons, D., Berthou, P.Y. & Campos, D.A. 1990. Quelques observations sur la palynologie de l'Aptien Supérieur et l'Albien du Bassin d'Araripe (NE du Brésil). *Simpósio sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste*, 1, Crato, *Atas*, URCA: 241-252.
- Ponte, F.C. 1992. Sistemas deposicionais na Bacia do Araripe, nordeste do Brasil. *Simpósio sobre as Bacias Cretáceas Brasileiras*, 2, Rio Claro, *Resumos*, UNESP: 81-84.
- Ponte, F.C. & Appi, C.J. 1990. Proposta de revisão da coluna litoestratigráfica da Bacia do Araripe. *Congresso Brasileiro de Geologia*, 36, Natal, *Anais*, 1, SBG: 211-226.
- Price, L.I. 1959. Sobre um crocodilídeo notossúquio do Cretáceo brasileiro. *Boletim da DGM*, Rio de Janeiro, 188: 1-63.
- Price, L.I. 1973. Quelônio Amphichelydia no Cretáceo Inferior do nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, 3(2): 84-96.
- Regali, M.S.P. 2001. Palinoestratigrafia dos sedimentos cretáceos da Bacia do Araripe e das bacias interiores do nordeste, Brasil. *Simpósio sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste*, 2 [1997], Crato, *Comunicações*, DNPM/URCA/SBP: 101-106.
- Sales, A.M.F., Simões, M.G. & Ghilardi, R.P. 2001. Ocorrência de Mytilidae (Bivalvia, Mollusca) nos calcários superiores do Membro Romualdo (Formação Santana, Albiano, Bacia do Araripe): implicações paleoecológicas e paleogeográficas. *Simpósio de Geologia do Nordeste*, 19, Natal, *Resumos*, SBG: 18-19.
- Santos, M.E.C.M. 1982. Ambiente deposicional da Formação Santana, chapada do Araripe (PE/PI/CE). *Congresso Brasileiro de Geologia*, 32, Salvador, *Anais*, 4, SBG: 1413-1426.
- Saraiva, A.A.F., Rodrigues, S.R.G. & Kellner, A.W.A. 2003. Partes vegetativas de carófitas fossilizadas no Membro Romualdo (Albiano, Formação Santana), Bacia do Araripe, nordeste brasileiro. *Boletim do Museu Nacional*, Rio de Janeiro, 70: 5-8.
- Silva, M.D. 1975. Primeira ocorrência de Charophyta na Formação Santana (Cretáceo) do Grupo Araripe, nordeste do Brasil. *Simpósio de Geologia*, 7, Fortaleza, *Atas*, SBG: 67-73.
- Silva, M.D. 1976. Ostracodes não-marinhos da Formação Santana (Cretáceo Inferior) do Grupo Araripe, nordeste do Brasil. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Tese de Livre-docência, 326p.

- Silva-Santos, R. 1991. *Fósseis do nordeste do Brasil: paleoictiofauna da Chapada do Araripe*. Rio de Janeiro, UERJ, 64p.
- Silva-Santos, R. 1995. *Santanichthys*, novo epíteto genérico para *Leptolepis diasii* Silva-Santos, 1958 (Pisces, Teleostei) da Formação Santana (Aptiano), Bacia do Araripe, NE do Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, 67: 249-258.
- Silva-Santos, R. & Valença, J.G. 1968. A Formação Santana e sua paleoictiofauna. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, 40(3): 339-358.
- Souto, P.R.F., Andrade, J.A.F.G. & Freitas, F.I. 2001. Análise e distribuição dos coprólitos da Bacia do Araripe. *Revista Brasileira de Paleontologia*, Rio de Janeiro, 2: 144.
- Viana, M.S.S. 1990. Estratigrafia e paleontologia da Formação Santana, Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe, nordeste do Brasil. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 107p.
- Viana, M.S.S. 1992. Um perfil paleoecológico no Membro Crato da Formação Santana. *Simpósio sobre as Bacias Cretáceas Brasileiras*, 2, Rio Claro, *Resumos*, UNESP: 71-73.
- Viana, M.S.S. & Cavalcanti, V.M.M. 1991. Sobre a estratigrafia da Formação Santana, Bacia do Araripe. *Revista de Geologia*, Fortaleza, 4: 51-60.
- Viana, M.S.S. & Agostinho, S. 1995. Camarões do Membro Romualdo da Formação Santana (Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe). *Simpósio de Geologia do Nordeste*, 16, Recife, *Boletim*, 1, SBG: 239-243.
- Wenz, S. & Brito, P.M. 1990. L'ichthyofaune des nodules fossilifères de la chapada do Araripe (NE du Brésil). *Simpósio sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste*, 1, Crato, *Atas*, DNPM/URCA/SBP: 337-349.