



SÍTIO BAIXA GRANDE – NOVA LOCALIDADE FOSSILÍFERA PARA A FORMAÇÃO ROMUALDO (GRUPO SANTANA), BACIA DO ARARIPE

Antônio Alamo Feitosa Saraiva¹; Flaviana Jorge Lima²; Renan Alfredo Machado Bantim³; Bruno Cavalcanti Vila Nova⁴; Juliana Manso Sayão⁵; Alexander Whilhem Armim Kellner⁶

Resumo

Uma nova localidade fossilífera, Sítio Baixa Grande, é descrita para a Formação Romualdo, Cretáceo Inferior do Nordeste do Brasil. Localizada próxima da área urbana da cidade de Potengi, na porção oeste da Bacia do Araripe, esse sítio foi descoberto em 2010 e apresenta diversidade e grande quantidade de fósseis. As concreções, de coloração bege a avermelhada, com formas regular e irregular, são facilmente encontradas sobre o solo. Apresentam forma ovoide, com textura pouco laminada. Os macrofósseis estão localizados na porção mediana da concreção, podendo apresentar também tridimensionalidade, uma feição comum aos fósseis da Formação Romualdo. Dentre os fósseis coletados estão tetrápodes, representados por ossos isolados de pterossauros e restos de tartarugas. Os peixes encontrados incluem: *Vinctifer comptoni*, *Cladocycclus gardineri*, *Tharrhias araripis*, *Calamopleurus cylindricus* e *Neoprosclinetes penalvai*. Os fósseis aqui apresentados compreendem os únicos com localidade de coleta entre os encontrados na região oeste da Bacia do Araripe, uma área onde os afloramentos fossilíferos do Grupo Santana foram considerados como inexistentes. Dessa forma contribuindo para o conhecimento da distribuição de níveis fossilíferos dessa importante feição tectônica.

Palavras-chave: Cretáceo. Concreções. Albiano. Tetrapoda. Ictiofósseis.

THE BAIXA GRANDE SITE, A NEW FOSSIL LOCALITY OF THE LOWER CRETACEOUS ROMUALDO FORMATION (SANTANA GROUP) ARARIPE PLATEAU

Abstract

The Baixa Grande Site, a new fossil locality of the Lower Cretaceous Romualdo Formation is described from Araripe Basin, northeast Brazil. Located around the urban area of the Potengi town, in the western portion of the Araripe Plateau, this locality was discovered in 2010 and shows a great diversity of fossils. The concretions have a beige to reddish coloration and are easily found laying on the ground. They show an ovoid shape, with low laminated texture. Macrofossils are mostly preserved in the middle

¹.Professor, Doutor, Laboratório de Paleontologia da URCA – LPU, Depto de C. Biológicas, Universidade Regional do Cariri-URCA, (Autor correspondente: alamocariri@yahoo.com.br)

².Professora, Mestre, Laboratório de Paleontologia da URCA-LPU, Depto. de C. Biológicas,URCA

³ Mestre, Programa de Pós-Graduação em Geociências Centro de Tecnologia e Geociências, Depto. de Geociências, Universidade Federal de Pernambuco-UFPE

⁴.Doutor, Programa de Pós-graduação em Biologia Comparada, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo-USP

⁵.Professora, Doutora, Centro Acadêmico de Vitória, Universidade Federal do Pernambuco-CAV-UFPE

⁶.Professor, Doutor, Setor de Paleovertebrados, Departamento de Geologia e Paleontologia, Museu Nacional-UFRJ

portion of the concretion, several in three-dimension, a general feature in the Romualdo fossils. Among the fossil recovered are tetrapods such as isolated pterosaur remains and non-Araripeid turtle. The fishes recovered are: *Vinctifer comptoni*, *Cladocyclus gardineri*, *Tharrhias araripis*, *Calamopleurus cylindricus* and *Neoproscinetes penalvai*. These comprehends the unique fossils with precise collection locations of the western region of the Araripe Basin in an area previously thought to lack fossil outcrops of the Santana Group. Therefore increasing the distribution of the fossiliferous layers of this important tectonic feature.

Keywords: Cretaceous. Concretions. Albian. Tetrapoda. Ictiofossils

Introdução

A Bacia do Araripe encontra-se no Nordeste brasileiro, na divisa dos estados de Ceará, Pernambuco e Piauí, ocupando uma área de 8.000 km² entre as coordenadas 7°02'-7°49'S e 38°30'-40°55' W (COIMBRA et al., 2002). É considerada a maior bacia sedimentar do interior do nordeste brasileiro, sendo composta por duas sub-bacias: Oeste ou Feira Nova e Leste ou Cariri (ASSINE, 2007). Sob a Chapada do Araripe pode ser encontrada a sequência completa das unidades geológicas que compõem a bacia. É delimitada ao Norte pelo lineamento da Paraíba, a noroeste pela falha de Farias Brito, ao Sul pela Falha de Sítio das Moreiras e a leste pela falha de Conceição (CASTRO; CASTELO-BRANCO, 1999). Está intimamente ligada a separação dos continentes, Sul Americano e Africano, e a abertura do oceano Atlântico Sul (VALENÇA; NEUMANN; MABESOONE, 2003). Do ponto de vista paleontológico sua unidade litoestratigráfica mais importante é o Grupo Santana (KELLNER, 2002). Constituindo-se em uma das unidades mais estudadas da Bacia, devido às extensas jazidas de gipsita e pela rica paleoictiofauna preservada em concreções calcárias (MAISEY, 1994). Do ponto de vista Paleambiental é associada a sedimentos lacustres e marinho transicional (VALENÇA; NEUMANN; MABESOONE, 2003; FARA et al., 2005).

Localidades fossilíferas e seus fósseis foram relatados na Bacia do Araripe desde 1800 por João da Silva Feijó (NOBRE, 1969), por von Spix e von Martius (1823; 1828; 1831), Small (1913) e mais recentemente por Kellner (2002), Fara et al. (2005) e Vila Nova et al. (2011). O excelente estado de preservação, a grande quantidade dos fósseis, além de sua diversidade foi observada por diversos autores (e.g. KELLNER; CAMPOS, 1999), que conferiram a algumas unidades desta bacia o status de *Fossilagerstätten*. A exemplo destas está a Formação Romualdo, localizada abaixo dos arenitos da Formação

Arajara (de acordo com VALENÇA; NEUMANN; MABESOONE, 2003). Nesta já foram registrados peixes com tecidos moles (VIANA; RICHTER, 1998; MAISEY, 1994; WILBY; BRIGGS, 1997; MARTILL; BRITO; WASHINGTON-EVANS, 2008), dinossauros terópodes (KELLNER; CAMPOS, 1996; 2000; BITTENCOURT; KELLNER, 2004; MACHADO; KELLNER, 2005), pterossauros (PRICE, 1971; BARRETT et al., 2008; KELLNER et al., 2013; VILA NOVA et al., 2014), crocodylomorfos (PRICE, 1959; KELLNER, 1987; HECHT, 1991) e quelônios (HIRAYAMA, 1998; GAFFNEY; TONG; MEYLAN, 2006; OLIVEIRA; KELLNER, 2007). Restos de invertebrados, como ostracodes, foraminíferos (LIMA, 1979), gastrópodes e bivalves (BEURLIN, 1964), assim como de vegetais superiores (DUARTE, 1985; LIMA; SARAIVA; SAYÃO, 2012; LIMA et al., 2014) e algas (SARAIVA; RODRIGUES; KELLNER, 2003) também ocorrem nesta unidade. Além destes foram registradas mortandades de peixes preservados em vários níveis da assembleia fossilífera (FARA et al., 2005; SARAIVA et al., 2007). Essa assembleia teve o seu perfil finamente descrito por Fara et al. (2005), que observaram sua heterogeneidade litológica e variação na distribuição das espécies ao longo da coluna estratigráfica. Aqui é apresentada a descrição de um novo sítio fossilífero localizado no ainda pouco explorado lado oeste da Bacia do Araripe.

Material e métodos

Foi realizado um mapeamento na porção Leste da Bacia Sedimentar do Araripe, a fim de identificar novas localidades fossilíferas. Nas áreas com níveis da Formação Romualdo aflorantes, foram realizadas atividades de prospecção de superfície na busca de evidências fósseis. As prospecções foram realizadas no período entre junho de 2010 e junho de 2011. Todos os fósseis coletados no período foram depositados na coleção do Laboratório de Paleontologia da Universidade Regional do Cariri (LPU), com alguns em fase de preparação.

Resultados e Discussão

Localização do sítio e contexto geológico

A nova área fossilífera, informalmente denominada Sítio Baixa Grande, é constituída de uma área plana com aproximadamente 10 ha (Fig. 1), utilizada por agricultores para o cultivo de milho. Está localizada no distrito de Baixa Grande, estado do Ceará e embora pertença ao município de Araripe, fica situado mais próximo da área urbana da cidade de Potengi. Na área do estudo ($07^{\circ} 09' 754''\text{S}$; $39^{\circ} 59' 188''\text{W}$), visualiza-se a Chapada do Araripe à direita, com os arenitos da Formação Exu bastante evidentes. Uma faixa de argila escura entre duas faixas de morros baixos tem na sua superfície grandes quantidades de concreções que trazem em seu interior fósseis principalmente de peixes e coprólitos. Frequentemente na entressafra, a área de plantio é desmatada por tratores acoplados a arados, fazendo com que eventualmente as concreções sejam expostas, acumulando-se na superfície. Este sítio corresponde do ponto de vista litoestratigráfico, a Formação Romualdo.

A estratigrafia da Bacia do Araripe sofreu alterações quanto à nomenclatura de suas unidades, aqui será adotada a nomenclatura proposta por Valença; Neumann; Mabesoone (2003) e Kellner et al. (2013) que tratam o antigo Membro Romualdo da Formação Santana como Formação Romualdo. A qual está sobreposta aos arenitos e folhelhos escuros que recobrem os depósitos de gipsita e anidrita da Formação Ipubi. No seu topo encontram-se os siltitos avermelhados eo-albianos da Formação Arajara (NEUMANN, 1999). Apesar de controversa, tendo sido atribuída a diferentes intervalos cretáceos, atualmente a idade da Formação Romualdo é tida como Albiana (ARAI, 2006; HEIMHOFER; HOCHULI, 2010). Seu ambiente de deposição é interpretado como sendo lagunar costeiro, com periódicas incursões marinhas, como sugerem os equinoides encontrados em nível acima dos ictiólitos (NEUMANN, 1999). É constituída predominantemente por camadas pelíticas, com folhelhos escuros e arenitos calcíferos esbranquiçados, estes mais frequentes no topo (MENOR; CAVALCANTI; SENA, 1993). Encaixadas nos folhelhos, ocorrem concreções calcárias, geralmente com macrofósseis tridimensionalmente preservados, fato bastante raro no registro geológico mundial.

Neste sítio, grandes quantidades de concreções, de coloração bege a avermelhada, com formas regulares e irregulares, são facilmente encontradas sobre o

solo. De acordo com a classificação proposta por Saraiva et al. (2007), as concreções do Sítio Baixa Grande, apresentam matriz regular e forma ovóide com textura pouco laminada. São concreções do tipo unifossilíferas, com macrofósseis em sua porção mediana, de aspecto geralmente comprimidos, podendo apresentar também fósseis em três dimensões.

A Formação Romualdo é vista tradicionalmente como a fase de maior influência marinha da Bacia do Araripe (VALENÇA; NEUMANN; MABESOONE, 2003). Os fósseis ocorrentes nesta unidade são predominantemente peixes Actinopterygii, com espécies de hábito eurialino, marinhos litorâneos e não marinhos (MAISEY, 1994). Os encontrados nas concreções da Formação Romualdo são, na maioria dos casos, muito bem preservados (KELLNER, 2002), alguns apresentando evidências de tecido mole (MARTILL, 1988; KELLNER, 1996; KELLNER; CAMPOS, 1998).

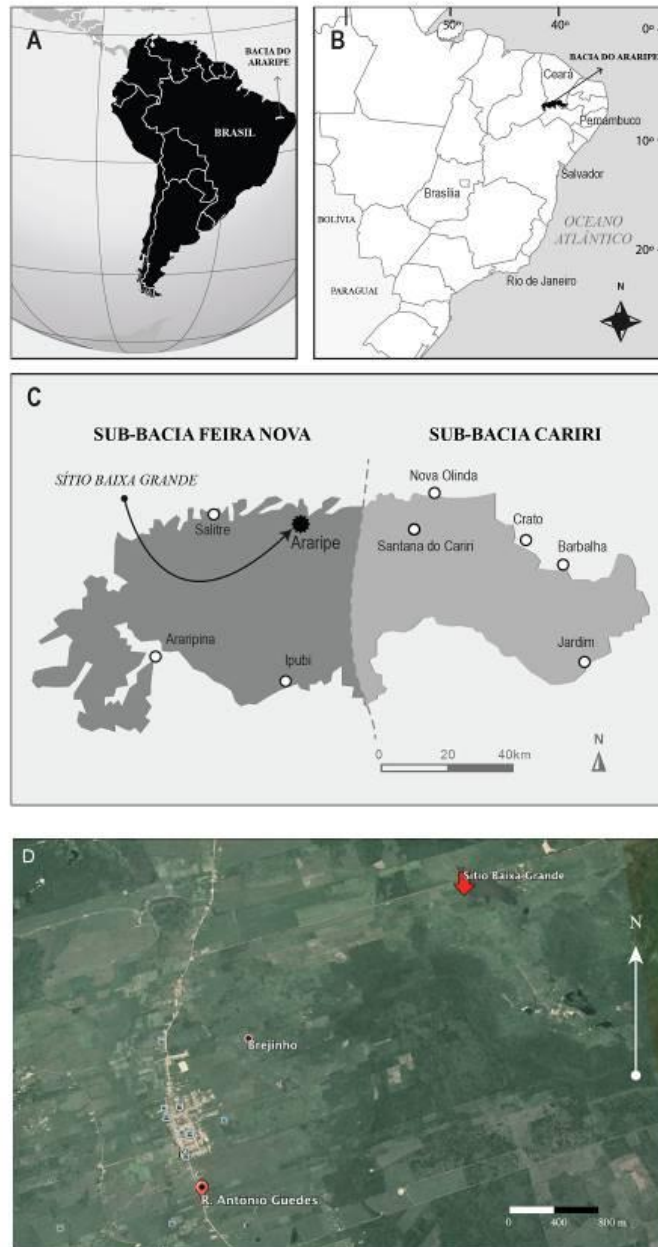
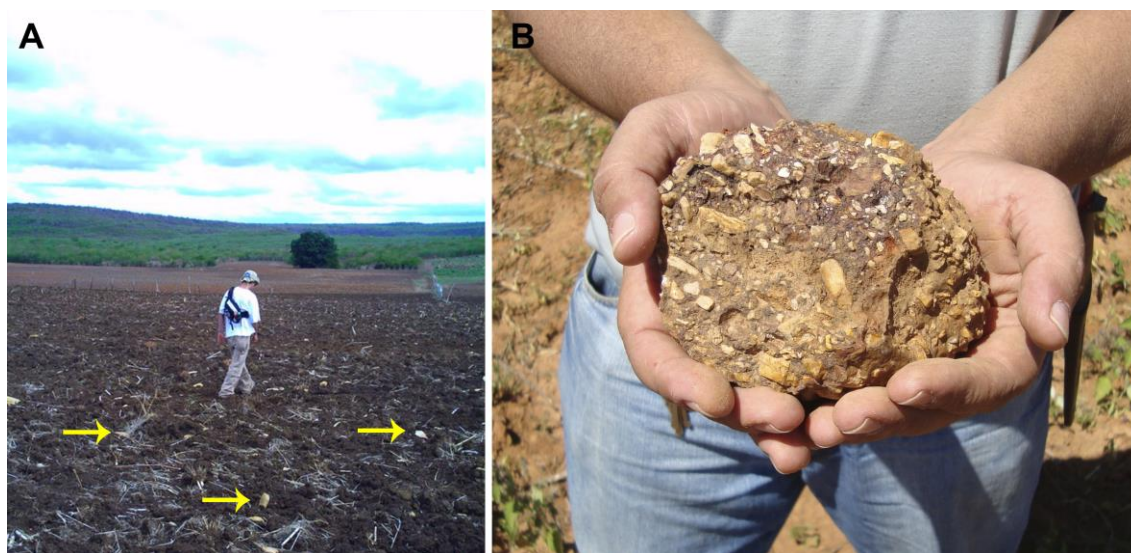


Figura 1: A) Localização da Bacia do Araripe na América do Sul. B) Limites da Bacia do Araripe permeando os estados do Ceará, Piauí e Pernambuco, no nordeste do Brasil. C) Contorno da Chapada do Araripe, indicando a localização do Sítio Baixa Grande. D) Imagem de satélite indicando o Sítio Baixa Grande nas proximidades do distrito de Brejinho. Mapas (A e B) modificados de Sayão, Uejima e Saraiva (2011).

Conteúdo Fossilífero

Embora ainda não tenha sido realizada uma escavação controlada na nova localidade, a prospecção de superfície revelou alguns fósseis (Fig. 2 A) que em sua maioria apresentavam sinais de desgaste, com algumas concreções quebradas pela ação mecânica dos arados. Juntamente com as concreções calcárias foram observados blocos de arenitos e conglomerados (Fig. 2 B), possivelmente provenientes das camadas



erodidas da Formação Araripina.

Figura 2: A) Vista geral da área prospectada (setas indicam concreções sobre o solo). B) Bloco de arenito conglomerático encontrado junto a concreções.

Entre os táxons de peixes encontrados estão aqueles previamente descritos por Agassiz (1841), Jordan e Branner (1908) e Silva Santos (1968). Dentre eles *Vinctifer comptoni* Agassiz, 1841 (Fig. 3 A) foi o mais representativo, seguido por *Cladocyclus gardineri* Agassiz, 1841; *Tharrhias araripis* Jordan e Branner, 1908; *Calamopleurus cylindricus* Agassiz, 1841 de porte médio (fragmento de crânio com 27 cm) e um crânio de *Neoproscinetes penalvai* Silva Santos, 1968 (Fig. 3 B).

As concreções apresentaram grande quantidade de ostracodes *Darwinula* sp. podendo, também, conter pequenos camarões associados ao gênero *Paleomatea* (Fig. 3 D). Foram encontrados gastrópodes bem preservados (Fig.3 E) pertencentes às espécies *Gymnentome romualdoi* e *Craginia araripensis* Beurlen, 1964 e bivalves do gênero *Legumen* (Fig. 3 F). Em menor quantidade foram observados crustáceos ainda não identificados. Não foram encontrados, até o momento, registros de Equinodermos. Além destes, foi coletado um coprólito de grandes proporções (cerca de 12 cm), de

formato cilíndrico e coloração branca, contrastando com o tom avermelhado da rocha envolvente. (Fig. 3 C)

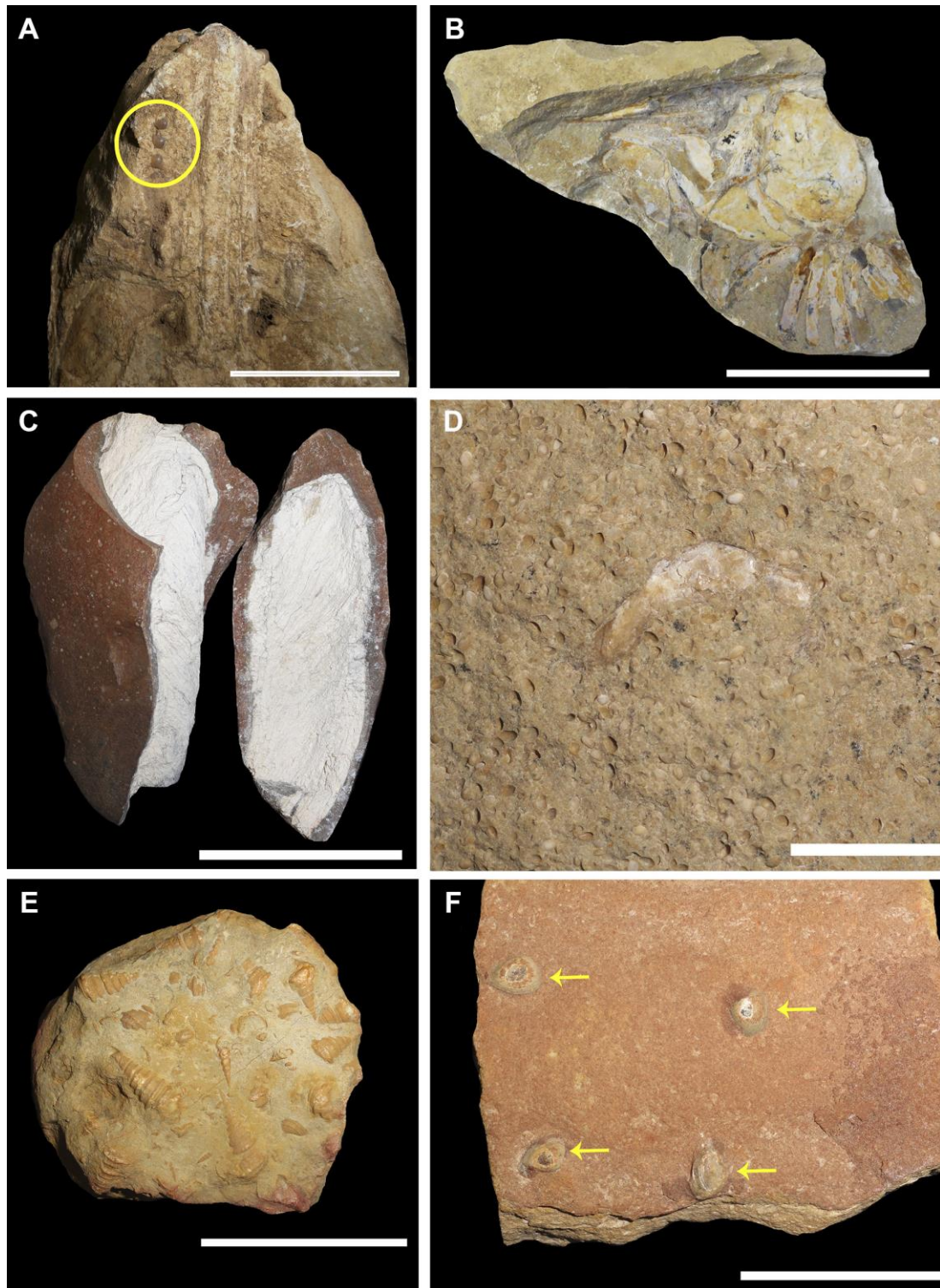


Figura 3: Fósseis coletados no sítio Baixa Grande. A) Vista palatal de um crânio de *Neoproscinetes penalvai*, com detalhe para os dentes durófagos (escala 3 cm). B) Crânio de *Vinctifer Comptoni* em vista lateral (escala 10 cm). C) Coprólipo cilíndrico de grandes proporções (escala 5 cm). D) Camarão do gênero *Paleomatea* e diversos ostracodes (escala 1

cm). E) Diversos exemplares de Gastrópodes das espécies *Gymnentome romualdoi* e *Craginia araripensis* (escala 5 cm). F) Bivalves do gênero *Legumen* (escala 3 cm).

Destaca-se aqui grande a quantidade de restos de tetrápodes fósseis, cujos registros são mais raros na bacia como um todo (KELLNER; CAMPOS, 1999). Em cerca de trinta concreções coletadas em campo, quatro continham restos de pterossauros. Estes correspondem a fragmentos de falanges distais do dígito alar, variando entre 5-10 cm de comprimento. A Formação Romualdo constitui um dos principais depósitos para a ocorrência de pterossauros no mundo, tendo os seus fósseis sido utilizados para as mais diferentes linhas de pesquisa, devido a seu excelente estado de preservação (SAYÃO, 2003; VILA NOVA; SAYÃO, 2012; BANTIM; SARAIVA; SAYÃO, 2014 para exemplos recentes). Em contraste, está o fato da maioria dos exemplares não apresentarem qualquer informação stratigráfica precisa, assim como procedência de coleta. Uma das poucas exceções são representadas por um metacarpo alar, acompanhado da primeira falange da asa, encontrado na localidade tipo desta unidade, denominada Sítio Romualdo (VILA NOVA et al., 2011) e o crânio da recentemente descrita nova espécie *Maaradactylus kellneri* Bantim, Saraiva, Oliveira e Sayão 2014, encontrado no Sítio São Gonçalo, nas proximidades da cidade de Santana do Cariri (BANTIM et al., 2014).

A identificação de novas áreas fossilíferas com ocorrência confirmada de pterossauros, é de grande importância para o estabelecimento das paleocomunidades deste grupo na bacia (AURELIANO et al., 2014). Foi encontrada ainda, uma evidência de Testudine, contendo casco completo, com cerca de 8 cm de comprimento total. No atual estágio de conhecimento acerca do fóssil ainda não é possível sua identificação, nem a determinação de seu estágio ontogenético.

Os *fossilagerstätten* são extraordinários sítios fossilíferos providos de abundante informação sobre as biotas passadas (FARA et al., 2005), a Formação Romualdo é um destes raros exemplos. As concreções fossilíferas desta formação oferecem indubitavelmente, uma oportunidade única para a investigação de estruturas tempo-espacial de comunidades passadas, em escalas locais e regionais (FARA et al., 2005). Entretanto, em detrimento da importância de tais sítios, reside o fato do conhecimento atual sobre as biotas fósseis da Formação Romualdo, serem em sua maioria, baseados em espécimes depositados em museus, sem informações acerca de sua procedência, ou em observações de campo limitadas (FARA et al., 2005). Embora

esta situação insatisfatória não impeça a realização de estudos sistemáticos e paleobiológicos (ver LEAL; BRITO, 2004; BUFFETAUT; MARTILL; ESCUILLIE, 2004 para exemplos recentes), não é a ideal para estudos paleontológicos. Esta condição se deve a coleta de fósseis provir da lavra da terra por parte da população rural, pela extração da gipsita em minas, ou de afloramentos localizados próximos a centros urbanos (KELLNER, 2002).

A grande maioria das informações a respeito do conteúdo fossilífero desta unidade advém de áreas restritas, geralmente localizadas na porção leste da bacia, conhecida como Sub-bacia Cariri (CASTRO; CASTELO-BRANCO, 1999; ASSINE, 2007). Através do início do programa de escavações controladas na Formação Romualdo a realidade acerca do conhecimento paleontológico desta formação começou a ser mudada. A partir do conhecimento mais preciso sobre a localização de paleocomunidades já foi possível estabelecer a existência de uma heterogeneidade na distribuição da fauna de peixes ao longo da bacia, sendo estabelecidas não uma única assembleia como se imaginava mas pelo menos três delas (FARA et al., 2005). Ainda, foi evidenciado que algumas áreas sofreram vários momentos de mortandade, enquanto outras não apresentam evidências deste tipo de evento (MARTILL, 1988; FARA et al., 2005; VILA NOVA et al., 2011). A presença de um grande registro de tetrápodes em uma única coleta neste novo sítio, em especial de pterossauros, vai de encontro à ideia de que estes animais se concentravam em áreas isoladas (VILA NOVA et al., 2011), não estando amplamente distribuídos ao longo da Bacia (MARTILL, 2007). Embora ainda sem um controle stratigráfico sobre a ocorrência dos restos destes répteis voadores no Sítio Baixa Grande, já é possível estabelecer pelo menos uma nova área com ocorrência destes animais. Para confirmar esta ideia, a intensificação de trabalhos de campo se faz necessária, a fim de trazer um controle mais preciso, não apenas de sua amostragem geográfica, como também das informações stratigráficas. Isso torna o reconhecimento de novas áreas fossilíferas, principalmente na inexplorada Sub-bacia Feira Nova, de extrema importância.

Conclusão

Conhecida desde 1800, a Bacia do Araripe em especial o Grupo Santana, forneceu milhares de fósseis para a comunidade científica, conferindo a esta bacia

importância no cenário paleontológico mundial. Em contraste a esta realidade, está o fato de seus fósseis apresentarem pouca ou nenhuma informação estratigráfica ou de procedência. Neste contexto, as poucas informações provêm de alguns trabalhos de campo realizados em sua maioria na porção leste, tornando seu lado oeste ainda pouco explorado. A falta de informação não apenas dificulta o entendimento das paleocomunidades como também se reflete na falta de conhecimento sobre seu contexto geológico. As observações realizadas mostram que provavelmente a noroeste, a Formação Romualdo seja composta principalmente por arenitos finos, muito friáveis e facilmente erosíveis, o que dificulta a identificação dessa unidade geológica. Os poucos níveis de folhelho com concreções são finos e muitos ainda se encontram cobertos por sedimentos de outras formações.

De acordo com a amostragem paleontológica inicial, se comparada à região leste da bacia, sugere-se que a área na qual a biota vivia era mais rasa do que esta, que apresenta espécimes de porte mais avantajado. Dessa forma o tamanho pequeno dos espécimes de peixes encontrados aqui sugere que a área na qual a biota vivia era mais rasa, uma ideia reforçada pela presença de fósseis de tetrápodes de hábito mais costeiro, como pterossauros e tartarugas. Ainda, são encontrados os granitóides característicos da borda da bacia em áreas relativamente próximas a localidades fossilífera apresentada aqui.

A diversidade de táxons coletados neste sítio chama a atenção, por reunir em uma pequena área diversos grupos vertebrados, invertebrados, além da presença de microfósseis e plantas. A intensificação dos trabalhos de prospecção e coleta paleontológica neste sítio fossilífero e áreas adjacentes, permitirão um maior conhecimento da biota da parte oeste da Bacia do Araripe. Colaborando com o entendimento do conteúdo fossilífero da área como um todo, ao menos durante o intervalo Aptiano-Albiano.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos órgãos que financiaram esta pesquisa: CNPq (Proc. n. 401846/2010-5 para SARAIVA, A. A. F. e Proc. n°458164/2014-3 – para SAYÃO, J. M.) e Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FUNCAP (para AAFS). Além do financiamento adicional dado pelo Conselho Nacional

de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq através de bolsas de diferentes categorias (para LIMA, F. J., BANTIM, R. A. M., SAYÃO, J. M. e KELLNER, A. W. A. K.). Os autores agradecem ainda a Fundação Araripe e ao Instituto Nacional de Arqueologia, Paleontologia e Ambientes do Semiárido (INAPAS) pelo apoio logístico para as prospeções paleontológicas. Jefferson (Bob), do município de Potengi pela indicação da existência do Sítio Baixa Grande, com a doação de alguns fósseis coletados por ele antes das prospeções. Agradecemos ainda a Gustavo Oliveira (UFRPE) por valiosos comentários nas versões iniciais deste manuscrito.

Referências

AGASSIZ, L. On the Fossil Fishes found by Mr. Gardner in the Province of Ceará, in the North of Brazil. **Edinburgh New Philosophical Journal**, v. 30, p. 82-84, 1841.

ARAI, M. Revisão Estratigráfica do Cretáceo Inferior das Bacias Interiores do Nordeste do Brasil. **Geociências**, v. 25, n. 1, p. 7-15. 2006.

ASSINE, M. L. Bacia do Araripe. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, v. 15, p. 371–389, 2007.

AURELIANO, T.; GHILARDI, A. M., DUQUE, R. R. C., BARRETO, A. M. F. On the occurrence of Pterosauria in Exu, Pernambuco (Lower Cretaceous Romualdo Formation, Araripe Basin), Northeastern Brazil. **Estudos Geológicos**, v. 24(2), p. 15-27, 2014.

BANTIM, R. A. M.; SARAIVA, A. A. F.; OLIVEIRA, G. R.; SAYÃO, J. M. A new toothed pterosaur (Pterodactyloidea: Anhangueridae) from the Early Cretaceous Romualdo Formation, NE Brazil. **Zootaxa**, v. 3869, n. 3, p. 201-223, 2014.

BANTIM, R. A. M.; SARAIVA, A. A. F.; SAYÃO, J. M. S. Skull variation and the shape of the sagittal premaxillary crest in anhanguerid pterosaurs (Pterosauria, Pterodactyloidea) from the Araripe Basin, Northeast Brazil. **Historical Biology**, v. 1, p. 1-9, 2014.

BARRETT, P. M.; BUTLER, R. J.; EDWARDS, N. P.; MILNER, A. R. Pterosaur distribution in time and space: An atlas. **Zitteliana**, v. 28, p. 61–107, 2008.

BEURLIN, K. As espécies dos Cassiopinae, nova subfamília dos Turriteliidae no Cretáceo do Brasil. **Arquivos de Geologia da UFPE**, v. 5, p. 1-43, 1964.

BITTENCOURT, J. S.; KELLNER, A. W. A. On a sequence of sacrocaudal theropod dinosaur vertebrae from the lower cretaceous santana formation, northeastern Brazil. **Arquivos do Museu Nacional**, v. 62, n. 3, p. 309-320, 2004.

BUFFETAUT, E.; MARTILL, D. M.; ESCUILLIE, F. Pterosaurs as part of a spinosaur diet. **Nature**, v. 430, p.33, 2004.

CASTRO, D. L.; CASTELO-BRANCO, R. M. G. Caracterização da arquitetura interna das bacias do Vale do Cariri (NE do Brasil) com base em modelagem gravimétrica 3-D. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 17, n. 2-3, p. 130-144, 1999.

COIMBRA, J. C.; ARAI, M.; CARREÑO, A. L. Biostratigraphy of Lower Cretaceous microfossils from the Araripe Basin, northeastern Brazil. **Geobios**, v. 35, n. 6, p. 687-698, 2002.

DUARTE, L. Vegetais fósseis da Chapada do Araripe, CE. **Coletânea de Trabalhos Paleontológicos: Série Geologia**, v. 27, p. 557-563, 1985.

FARA, E., SARAIVA, A.A.F., CAMPOS, D.A., MOREIRA, J.K.R., CARVALHO SIEBRA, D. E KELLNER, A.W.A. Controlled excavation in the Romualdo Member of the Santana Formation (early Cretaceous, Araripe Basin, northeast Brazil): stratigraphic, palaeoenvironmental and palaeoecological implications. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 218, p. 145–160, 2005

GAFFNEY, E. S.; TONG, H.; MEYLAN, P. A. Evolution of the Side-Necked Turtles: The Families Bothremydidae, Euraxemydidae, and Araripemydidae. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, v. 300, p. 1-698, 2006.

HECHT, M. K. *Araripesuchus* Price, 1959. In: MAISEY, J. G. Santana fossils: an illustrated atlas: New Jersey: T. F. H. Editors, 1991. P. 342-347.

HEIMHOFER, U.; HOCHULI, P. A. Early Cretaceous angiosperm pollen from a low-latitude succession (Araripe Basin, NE Brazil). **Review of Paleobotany and Palynology**, v. 161, p. 105-126, 2010.

HIRAYAMA, R. Oldest known sea turtle. **Nature**, 92:705-708, 1998.

JORDAN, D. S.; BRANNER, J. C. The Cretaceous fishes of Ceara, Brazil. **Smithsonian Miscellaneous Collection**, v. 5, n. 1, p. 1-29, 1908.

KELLNER, A. W. A. Description of the Braincase of two Early Cretaceous Pterosaurs (Pterodactyloidea) from Brazil. **American Museum Novitates**, v. 3175, p. 1-34. 1996.

KELLNER, A. W. A. Fossilized theropod soft tissue. **Nature**, v. 32, p. 379, 1996.

KELLNER, A. W. A. Membro Romualdo da Formação Santana, Chapada do Araripe, CE: Um dos mais importantes depósitosossilíferos do Cretáceo brasileiro. **Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil**, p. 121-130, 2002.

KELLNER, A. W. A. Ocorrência de um novo crocodiliano no Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 59, n. 3, p. 219-232, 1987.

KELLNER, A. W. A.; CAMPOS, D. A. Archosaur soft tissue from the Cretaceous of the Araripe Basin, Northeastern Brazil. **Boletim do Museu Nacional**, v. 42, p. 1-22, 1998.

KELLNER, A. W. A.; CAMPOS, D. A. Brief review of dinosaur studies and perspectives in Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 72, n. 4, p. 509-538. 2000.

KELLNER, A. W. A.; CAMPOS, D. A. First Early Cretaceous theropod dinosaur from Brazil with comments on Spinosauridae. **Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, abhandlungen**, v. 199, p. 151-166, 1996.

KELLNER, A. W. A.; CAMPOS, D. A. Vertebrate paleontology in Brazil – a review. **Episods**, v. 22, n. 3, p. 238-251. 1999.

KELLNER, A. W. A.; CAMPOS, D. A.; SAYÃO, J. M. S.; SARAIVA, A. A. F.; RODRIGUES T.; OLIVEIRA, G.; CRUZ, L. A.; COSTA, F. R.; SILVA, H. P.; FERREIRA, J. S. The largest flying reptile from Gondwana: a new specimen of *Tropeognathus* cf. *T. mesembrinus* Wellnhofer, 1987 (Pterodactyloidea, Anhangueridae) and other large pterosaurs from the Romualdo Formation, Lower Cretaceous, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 85, n. 1, p. 113-135. 2013.

LEAL, M. E. C.; BRITO, P. M. The Ichthyodectiform *Cladocycclus gardineri* (Actinopteri, Teleostei) from the Crato and Santana Formations, Lower Cretaceous of Araripe Basin, North-Eastern Brazil. **Annales de Paleontologie**, v. 90, p. 103-113, 2004.

LIMA, F. J.; SARAIVA, A. A. F.; SAYÃO, J. M. Revisão da Paleoflora das Formações Missão Velha, Crato e Romualdo, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. **Estudos Geológicos**, v. 22, p. 99-115, 2012.

LIMA, F. J.; SARAIVA, A. A. F.; SAYÃO, J. M. SILVA, M. A. P.; BANTIM, R. A. M. A new angiosperm from the Crato Formation (Araripe Basin, Brazil) and comments on the Early Cretaceous Monocotyledons. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 86, n. 4, p. 1657-1672, 2014.

LIMA, M. R. Paleontologia da Formação Santana (Cretáceo do nordeste do Brasil): estágio atual do conhecimento. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 51, n. 3, p. 545-546. 1979.

MACHADO, E. B.; KELLNER, A. W. A. Notas Sobre Spinosauridae (Theropoda, Dinosauria). **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 28, n. 1, p. 158-173, 2005.

MAISEY, J. G. Predator-prey relationships and trophic level reconstruction in a fossil fish community. **Environmental Biology of Fishes**, v. 40, n. 1, p. 1-22, 1994.

MARTILL, D. M. Preservation of fish in the Cretaceous Santana Formation of Brazil. **Palaeontology**, v. 31, n. 1, p. 1-18, 1988.

- MARTILL, D. M. The Santana Formation. In: BRIGGS, D. E. G.; CROWTHER, P. R. **Palaeobiology II**. Blackwell Science Ltda, 2007. p. 351-356.
- MARTILL, D. M.; BRITO, P. M.; WASHINGTON-EVANS, J. Mass mortality of fishes in the Santana Formation (Lower Cretaceous? Albian) of northeast Brazil. **Cretaceous Research**, v. 29, n. 4, p. 649-658, 2008.
- MENOR, E. A.; CAVALCANTI, V. M. M.; SENA, R. B. Os eventos evaporíticos da Formação Santana, Bacia do Araripe, nordeste do Brasil. **Revista de Geologia**, v. 6, p. 93-103, 1993.
- NEUMANN, V. H. M. L. **Estratigrafía, sedimentología, geoquímica y diagénesis de los sistemas lacustres aptiense-albienses de la Cuenca de Araripe (Noreste de Brasil)**. 1999. 250 f. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidad de Barcelona, Barcelona, Espanha, 1999.
- NOBRE, G. S. **João da Silva Feijó: um naturalista no Ceará**. Fortaleza, Gráfica Editorial Cearense, 1969.
- OLIVEIRA, G. R.; KELLNER, A. W. A. A new side-necked turtle (Pleurodira, Pelomedusoides) from the Santana Formation (Early Cretaceous), Araripe Basin, Northeastern Brazil. **Zootaxa**, v. 1425, p. 53-61. 2007.
- PRICE, L. I. A presença de Pterosauria no Cretáceo Inferior da Chapada do Araripe, Brasil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 43, p. 451-461, 1971.
- PRICE, L. I. Sobre um crocodilídeo notossuquio do Cretácico brasileiro. **Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia**, v.188, p. 56, 1959.
- SARAIVA, A. A. F.; HESSEL, M. H.; GUERRA, N. C.; FARA, E. Concreções calcárias da Formação Santana, Bacia do Araripe: uma proposta de classificação. **Estudos Geológicos**, v. 17, n.1, p. 40-57, 2007.
- SARAIVA, A. A. F.; RODRIGUES, S. R. G.; KELLNER, A. W. A. Partes vegetativas de carófitas fossilizadas no Membro Romualdo (Albiano, Formação Santana), Bacia do Araripe, nordeste brasileiro. **Boletim do Museu Nacional**, v. 70, p. 5-8, 2003.
- SAYÃO, J. M. 2003. Histovariability of two pterodactyloid pterosaurs from the Santana Formation, Araripe Basin, Brazil: preliminary results. In: E. BUFFETAUT, & J.M. MAZIN, (eds) Evolution and Paleobiology of Pterosaurs. **Geological Society Special Publications**, v. 217, p. 335-342.
- SAYÃO J. M.; SARAIVA A. A. F.; UEJIMA A. M. K. 2011. New evidence of feathers in the Crato Formation supporting a reappraisal on the presence of aves. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 83, n.1, p. 197-210, 2011.
- SILVA SANTOS, R. Paleoictiofauna da Formação Santana. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 40, p. 493-496, 1968.
- SMALL, H. L. **Geologia e supprimento d'água subterrânea no Ceará e parte do**

Piauhy, Rio de Janeiro: Inspectoria Federal de Obras contra as Seccas, 1913.

VALENÇA, L. M. M.; NEUMANN, V. H.; MABESOONE, J. M. An overview on Callovian Cenomanian intracratonic basins of northeast Brazil: onshore stratigraphic record of the opening of the southern Atlantic. **Geologica Acta**, v. 1, p. 261–275, 2003.

VIANA, M. S. S.; RICHTER, M. Preservation of biomineralized tissues of fishes from the Santana Formation (Lower Cretaceous of the Araripe Basin, NE – Brasil). **Acta Geológica Leopoldensia**, v. 21, n. 46/47, p. 91-100, 1998.

VILA NOVA, B. C.; SARAIVA, A. A. F.; MOREIRA, J. K. R.; SAYÃO, J. M. Controlled excavations in the Romualdo Formation lagerstätte (Araripe Basin, Brazil) and pterosaur diversity: remarks based on new findings. **Palaios**, v. 26, p. 173–179, 2011.

VILA NOVA, B. C.; SAYÃO, J. M.; NEUMANN, V. H. L.; KELLNER, A. W. A. Redescription of *Cearadactylus atrox* (Pterosauria, Pterodactyloidea) from the Early Cretaceous Romualdo Formation (Santana Group) of the Araripe Basin, Brazil. **Journal of Vertebrate Paleontology**, v. 34, n. 1, p. 126-134, 2011.

VILA NOVA, B. C.; SAYÃO, J. M. On wing disparity and morphological variation of the Santana Group pterosaurs. **Historical Biology**, v. 1, p. 1-8. 2012.

von SPIX, J. B.; von MARTIUS, C. F. P. **Reise in Brasilien**, v. 1, p. 412, 1823.

von SPIX, J. B.; von MARTIUS, C. F. P. **Reise in Brasilien**, v. 1, p. 412, 1828.

von SPIX, J. B.; von MARTIUS, C. F. P. **Reise in Brasilien**, v. 1, p. 412, 1831.

WILBY, P. R.; BRIGGS, D. E. G. Taxonomic trends in the resolution of detail preserved in fossil phosphatized soft tissues. **Geobios**, v. 30, n. 1, p. 493-502, 1997.

Recebido: 05/05/2015

Aceito: 17/06/2016