

5

Bacia do Araripe

Biotas do Cretáceo do Gondwana


Jaime Joaquim Dias

Diogo Lins Batista

Leonardo Corecco

Dsmar de Souza Carvalho

5.1 Introdução

 Mesozoico é marcado por uma intensa tectônica global e grandes mudanças na configuração dos continentes e oceanos que modelaram a superfície terrestre em direção ao atual contexto geográfico. Um dos principais resultados destes eventos tectônicos para o Hemisfério Sul é o surgimento do Oceano Atlântico Sul, a partir do rifteamento do supercontinente Gondwana. Durante a ruptura, as estruturas tectônicas do embasamento pré-cambriano serviram como zonas de fraqueza propícias para a abertura de depressões nos domínios continentais, dando origem a uma série de bacias sedimentares interiores. A Bacia do Araripe (figura 5.1) é a mais ampla destas bacias no Nordeste do Brasil, possuindo uma forma aproximadamente retangular, um eixo longitudinal na direção E-W e uma área aproximada de 12 200 km² a Sul do Estado do Ceará e porções dos estados de Pernambuco, Paraíba e Piauí (Matos, 1992; Assine, 1992; 2007; Carvalho et al., 2012; Assine et al., 2014; Marques et al., 2014; Fambrini et al., 2020).

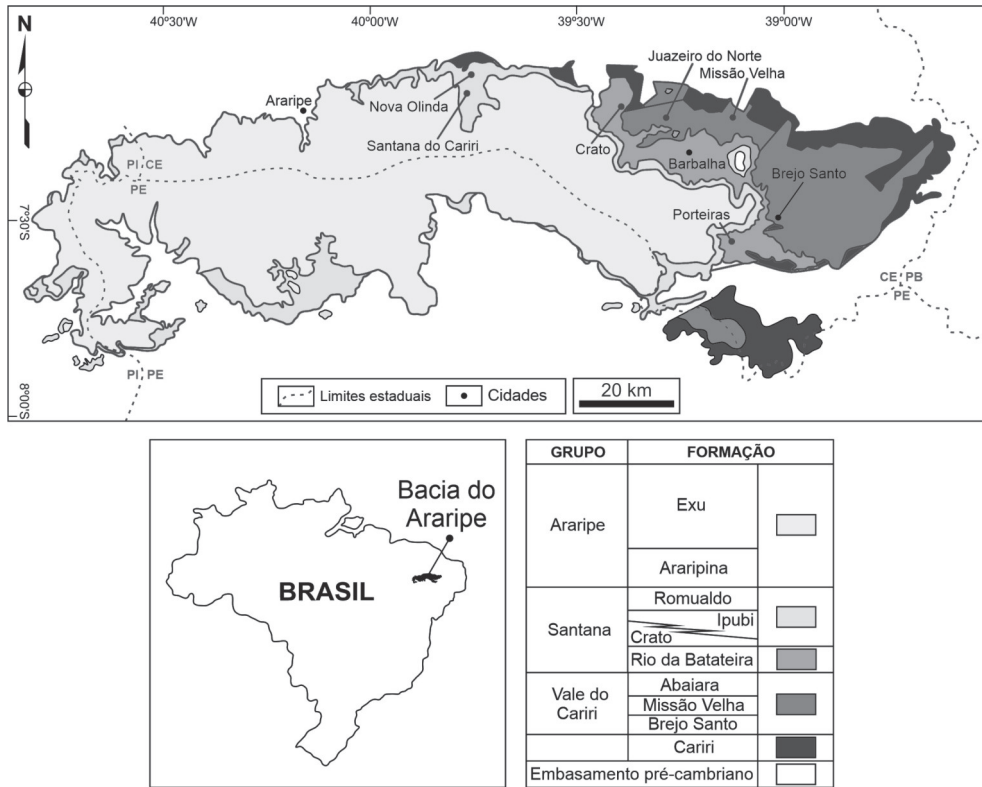


FIGURA 5.1 Mapa geológico da Bacia do Araripe e sua posição em território brasileiro. A nomenclatura das unidades litoestratigráficas foi retirada de Rios-Netto et al. (2012b) e Assine et al. (2014).

A forma, o tamanho, a geometria e o estilo de deformação tectônica da Bacia do Araripe são análogos aos modelos preditivos de bacias *pull-apart*, ou seja, bacias desenvolvidas a partir de movimentos de transcorrência ao longo de falhas (Silva, 1983). Datações micropaleontológicas de Arai & Coelho (2001), Coimbra et al. (2002) e Arai & Assine (2020), bem como análises de estratigrafia de sequências (Arai, 2006) indicam que o histórico sedimentar policíclico da Bacia do Araripe (figura 5.2) é comparável ao de muitas bacias intracratônicas do Brasil, como Sousa, Triunfo, Cel. João Pessoa, Lavras de Mangabeira e Tucano.

BACIA DO ARARIPE							
GEOCRONOLOGIA				AMBIENTE DEPOSICIONAL	LITOESTRATIGRAFIA		
ERA	PERÍODO	ÉPOCA	IDADE		GRUPO	FORMAÇÃO	
MESOZOICO	CRETÁCEO	NEO	CENOMANIANO	FLUVIAL	ARARIPE	EXU	
			ALBIANO	ALUVIAL		ARARIPINA	
		EO	APTIANO	PLATAFORMAL COSTEIRO		SANTANA	ROMUALDO
				COSTEIRO			IPUBI
				LACUSTRE/COSTEIRO			CRATO
				FLÚVIO-LACUSTRE			RIO DA BATATEIRA
	JURÁSSICO	NEO	TITHONIANO	BARRERMIANO	FLÚVIO-LACUSTRE	VALE DO CARIRI	ABAIARA
				HALTERMIANO			
				VALANGINIANO			
				BERRIASIANO			
				FLUVIAL			MISSÃO VELHA
				LACUSTRE			BREJO SANTO
				FLUVIAL			CARIRI
DEVONIANO	FLUVIAL	CARIRI					
SILURIANO							
ORDOVÍCIANO							
EMBASAMENTO PRÉ-CAMBRIANO - PROVÍNCIA BORBOREMA							

FIGURA 5.2 Coluna litoestratigráfica da Bacia do Araripe, baseada em Rios-Netto et al. (2012b), Assine et al. (2014) e Arai & Assine (2020).

Do Jurássico Superior ao Barremiano (Cretáceo Inferior), a sedimentação na Bacia do Araripe é essencialmente continental, com predomínio de sistemas aluviais e formação de lagos de riftes (Arai, 2014). O processo de ruptura do Gondwana controlou o preenchimento sedimentar em *horstes* e grábens, gerando uma compartimentação tectônica nas sub-bacias Cariri a Leste e Feira Nova a Oeste, separadas pelo Horste Dom Leme (Assine et al., 2014; Scherer et al., 2014).

No Aptiano, não apenas a Bacia do Araripe, como também outras bacias da margem continental registram a primeira sedimentação marinha no Mesozoico do Brasil (Carvalho et al., 2012). O evento de transgressão do Aptiano representa a entrada intermitente de águas oceânicas nas bacias brasileiras interiores e de margem continental, com exceção da Bacia de Pelotas, ao Sul do país (Arai, 2014; Fürsich et al., 2019). Dados paleobiogeográficos utilizando fósseis de dinoflagelados, foraminíferos, radiolários, moluscos, equinoides, crustáceos, peixes e quelônios de diversas bacias brasileiras indicam que a incursão marinha se deu, aproximadamente, de Norte a Sul, passando pelas bacias de São Luís, Parnaíba, Araripe, Tucano e Sergipe (Arai, 2014). Segundo Benigno et al. (2021), eventos de vulcanismo do Cretáceo médio, como a formação da grande província ígnea de Kerguelen, a Noroeste da Austrália, poderiam ter sido a principal causa do aumento eustático que culminou nestas incursões marinhas.

Durante o Cenomaniano, as condições não marinhas foram restabelecidas na Bacia do Araripe, com soerguimento da região e extenso desenvolvimento de sistemas deposicionais aluviais (Arai, 2014). Tal soerguimento gerou uma das feições geomorfológicas mais conhecidas em território brasileiro, a Chapada do Araripe, um extenso platô nas zonas oeste e central da bacia com 800 a 1 000 metros de altitude (Ponte & Ponte-Filho, 1996).

5.2 Estratigrafia

No que diz respeito à estratigrafia, os trabalhos pioneiros foram realizados por Beurlen (1962, 1963), e desde então as propostas mais utilizadas são as de Ponte & Appi (1990), Assine (1992, 2007), Neumann & Cabrera (1999) e Assine et al. (2014).

O modelo evolutivo da Bacia do Araripe (figura 5.2) é baseado no registro fragmentário de três supersequências mesozoicas (Pré-Rifte, Rifte e Pós-Rifte), além da sequência paleozoica subjacente, constituída pela Formação Cariri (Assine, 2007; Assine et al., 2014). Em uma visão geral, a

Supersequência Pré-Rifte é constituída pelas formações Brejo Santo e Missão Velha, enquanto a Supersequência Rifte compreende a Formação Abaiara. A Supersequência Pós-Rifte engloba a Sequência Pós-Rifte I, composta pelas formações Rio da Batateira, Crato, Ipubi e Romualdo; e Pós-Rifte II, constituída pelas formações Araripina e Exu (Assine, 2007). Baseado em critérios de prioridade e nomenclatura, Rios-Netto et al. (2012a) utilizaram a denominação Formação Rio da Batateira de Ponte & Appi (1990) em substituição à “Formação Barbalha” de Assine (1992, 2007). Toda a sucessão sedimentar da bacia repousa em uma inconformidade sobre as rochas ígneas e metamórficas pré-cambrianas do Terreno Piancó-Alto Brígida, da Zona Transversal da Província Borborema (Brito-Neves et al., 2000).

A Formação Cariri é constituída por arenitos e conglomerados, com ampla ocorrência de icnofósseis em uma sucessão sedimentar formada por sistemas de rios entrelaçados formados em clima quente e seco (Batista et al., 2012). Devido à ausência de fósseis-guias, o posicionamento cronoestratigráfico da unidade foi feito a partir da correlação litoestratigráfica com o Grupo Serra Grande, da Bacia do Parnaíba e Formação Tacaratu, da Bacia de Jatobá, admitindo então uma idade ordoviciana superior/devoniana inferior para esta unidade (Assine, 1992). No entanto, Carvalho et al. (1995) questionaram a idade paleozoica da unidade, inserindo a Formação Cariri no Cretáceo Inicial devido à identificação de pegadas de terópodes, e possivelmente ornitópodes, em localidades anteriormente atribuídas ao Paleozoico.

As formações Brejo Santo e Missão Velha configuram a instalação de sistemas aluviais e lacustres propícios à formação de *red beds*, com folhelhos, argilitos e arenitos localmente conglomeráticos do Jurássico Superior, estes últimos com abundantes troncos e fragmentos de madeira silicificada de coníferas (Ponte & Appi, 1990; Assine, 2007; Fambrini et al., 2011, 2013). Durante o início do Cretáceo, o rifteamento do Gondwana gerou uma alta variedade faciológica lateral e vertical. Estes depósitos, abrangidos pela Formação Abaiara, são compostos por folhelhos, siltitos, arenitos e conglomerados. A análise de fácies e a presença de ostracodes não marinhos nesta unidade indicam sedimentação em lagos rasos e planícies fluviais de canais entrelaçados (Assine, 1992, 2007).

O Aptiano da Bacia do Araripe é representado pelo Grupo Santana, posicionado no andar Alagoas e constituído pelas formações Rio da Batateira, Crato, Ipubi e Romualdo. A Formação Rio da Batateira é constituída por arenitos, conglomerados e folhelhos betuminosos de origem fluviolacustre e

deltaica (Chagas et al., 2007). Estes folhelhos, reconhecidos como Membro Fundão por Rios-Netto et al. (2012a), apresentam laminações algálicas, coprólitos (possivelmente de peixes), ostracodes, conchostráceos, peixes, dinossauros, âmbar e fragmentos vegetais, além de um enriquecimento em sulfetos de chumbo, zinco e cobre (Hashimoto et al., 1987; Assine, 2007; Paula-Freitas et al., 2007; Rios-Netto et al., 2012a; Carvalho et al., 2021a).

Constituída por sucessões de até 70 metros de espessura contendo calcários, folhelhos e arenitos, a Formação Crato consolida a implantação de uma ampla variedade de ambientes continentais e transicionais no final do Aptiano da Bacia do Araripe, com registro da primeira incursão marinha na bacia (Martill & Bechly, 2007; Varejão et al., 2021a, 2021b). Nos calcários laminados de origem lacustre está inserida a biota terrestre mais abundante, diversificada e excepcionalmente preservada do Cretáceo em nível global, fazendo com que a Formação Crato seja uma *Lagerstätte* tanto de conservação, quanto de concentração, originada ainda no contexto gondwânico. Na unidade são reconhecidos fósseis de artrópodes, peixes, anfíbios, quelônios, lagartos, crocodiliformes, pterossauros, dinossauros e aves, além de fungos, fragmentos vegetais de algas, pteridófitas, coníferas, gnetófitas, angiospermas, coprólitos e âmbar (Martill & Bechly, 2007; Menon & Martill, 2007; Assine et al., 2014; Martill et al., 2015; Carvalho et al., 2015a; 2019; 2021a).

A Formação Ipubi é constituída por intercalações de evaporitos (gipsitas e anidritas) e folhelhos verdes e/ou pirobotuminosos portadores de conchostráceos, ostracodes, decápodes, peixes, quelônios, dinossauros e vegetais, incluindo a ocorrência de âmbar (Neumann & Cabrera, 1999; Oliveira et al., 2011; Silva et al., 2013; Assine et al., 2014; Barros et al., 2019; 2020; Pereira et al., 2020). Bobco et al. (2017) definiram o ambiente deposicional da unidade Ipubi como uma região costeira, com águas rasas e precipitação a partir de salmouras sob altas condições de temperatura, evaporação e salinidade.

A sedimentação do Grupo Santana é encerrada com a alta variedade litológica dos depósitos da Formação Romualdo (Assine, 2007). São reconhecidos conglomerados, arenitos, margas, folhelhos e calcários laminados, coquinoídes e nodulares, que indicam a passagem de lagunas hipersalinas e ambientes marinhos, para um retorno às condições cada vez mais continentais (Assine et al., 2014). Assim como na Formação Crato, a Formação Romualdo também registra uma biota abundante e diversificada com alto grau de fidelidade preservacional. São descritos foraminíferos, palinomorfos, corais, moluscos, artrópodes, equinoídes, peixes, quelônios, crocodiliformes, pterossauros, dinossauros e vegetais (Martill, 1988; Neumann &

Cabrera, 1999; Assine, 2007; Assine et al., 2014; Barros et al., 2019; Abreu et al., 2020; Araripe et al., 2021; Lopes & Barreto, 2021; Matos et al., 2021).

Enquanto a sucessão sedimentar do Grupo Santana representa um ciclo transgressivo-regressivo associado às variações do nível do mar no Aptiano, os depósitos sedimentares do Grupo Araripe (formações Araripina e Exu) indicam um soerguimento epirogênico diferenciado durante o final do Albiano e início do Cenomaniano (Assine, 1994; Assine, et al., 2014). A Formação Araripina é constituída por ritmitos oriundos de planícies distais de leques aluviais, enquanto a Formação Exu é essencialmente constituída por arenitos de origem fluvial (Assine, 2007; Carvalho & Melo, 2012).

5.3 Biotas

O rifting do Gondwana resultou em mudanças importantes na composição química e distribuição de nutrientes dos oceanos, além de ter contribuído para modificações na circulação de massas de água, o que acarretou a abertura de novos espaços ecológicos. Com a reativação de sistemas de falhas do embasamento durante a ruptura, tem-se a formação de lagos de riftes perenes e temporários, por vezes alimentados por incursões fluviais (Carvalho et al., 2012). Além disso, os pulsos de incursões marinhas durante os eventos de transgressão no final do Cretáceo Inicial também geraram importantes modificações na biota da Bacia do Araripe (Ponte & Appi, 1990; Viana et al., 1999; Brito-Neves et al., 2000; Carvalho, 2000; Cordani et al., 2000; Chagas, 2006; Chagas et al., 2007; Assine, 2007; Garcia, 2009; Gratzner et al., 2013; Bom et al., 2021).

A gênese desses novos ecoespaços resultou em grandes transformações bióticas, criando novas possibilidades para o surgimento, a diversificação e a extinção de espécies em um curto espaço temporal. As rochas da Bacia do Araripe registram este momento em que ficam evidentes as relações intrínsecas entre as alterações dos espaços ecológicos e as consequentes biotas registradas em ambientes continentais e marinhos.

As relações entre esses aspectos e suas variações com o decorrer do tempo geológico são acompanhadas por mudanças na biota, registrada nos fósseis. A integração entre os dados sedimentológicos, estratigráficos e paleontológicos das rochas da Bacia do Araripe permite categorizar três biotas, Missão Velha, Crato e Romualdo, produtos das dinâmicas tectônicas globais associadas à ruptura do Gondwana e suas decorrentes variações climáticas e oceanográficas.

Essas biotas apresentam registros paleobiológicos singulares, com animais e vegetais abundantes, diversificados e muitas vezes de caráter endêmico. Muitos dos fósseis identificados são espécies com preservação excepcional, que possibilitam o entendimento de aspectos-chave para a evolução biológica e a relação com as espécies viventes. Reitera-se que não necessariamente serão abordados os fósseis de todas as unidades litoestratigráficas da bacia.

5.3.1 Biota Missão Velha

A Biota Missão Velha (figura 5.3) representa a implantação de uma vasta floresta composta essencialmente por plantas gimnospermas, associada a sistemas deposicionais aluviais e lacustres sob condições climáticas quentes e úmidas (Freitas et al., 2008). A análise da ostracofauna e associações palinológicas típicas do Andar Dom João permite posicionar as formações Brejo Santo e Missão Velha no Jurássico Final e no Cretáceo Inicial (Coimbra et al., 2002; Fambrini et al., 2017). O intervalo em questão é de grande importância pela similaridade com outras bacias do Nordeste do Brasil, como Recôncavo-Tucano-Jatobá, Sergipe-Alagoas e outras bacias menores como Cedro, Mirandiba e São José do Belmonte. Estas bacias fazem parte do preenchimento da fase pré-rifte da Depressão Afro-Brasileira, um conjunto de bacias que caracterizaram o Jurássico Final nos estágios precoces da fragmentação do supercontinente Gondwana (Fambrini et al., 2013).

As fácies lacustres são representadas por argilitos e folhelhos calcíferos, siltitos, arenitos argilosos laminados e intercalações delgadas de calcários argilosos e arenitos calcíferos da Formação Brejo Santo, em uma sucessão sedimentar de até 450 metros de espessura (Fambrini et al., 2013). Os fósseis da unidade são registrados nos níveis delgados de calcário argiloso e, predominantemente, nos arenitos calcíferos esbranquiçados. São reconhecidos vertebrados como peixes actinopteriços e sarcopteriços, condrictes, crocodiliformes, quelônios, dinossauros não avianos, bivalvíos, gastrópodes, conchostráceos, abundantes ostracodes, icnofósseis e microflora constituída por exemplares dos palinomorfos *Classopolis* e *Araucariacites*, além de triletes e dissacados (Arai et al., 1989; Brito et al., 1994; Cupello et al., 2012; 2016; Fambrini et al., 2013; Melo & Carvalho, 2017).

Os mawsonídeos são uma linhagem extinta de peixes celacantos muito comuns no Cretáceo do Gondwana, sendo representados, na Bacia do Araripe, pela espécie *Mawsonia gigas* a partir de elementos da mandíbula e séries operculares (Cupello et al., 2016). Também foram identificados fragmentos ósseos isolados e escamas de *Ceratodus* e *Lepidotes* (Brito et al.,

1994). Segundo López-Arbarello (2012), o gênero monofilético *Lepidotes* é restrito às espécies do Jurássico Inicial, o que leva à necessidade de revisão de todos os demais materiais atribuídos a este táxon que não sejam deste intervalo. Os condrictes são representados por dois táxons da extinta ordem Hybodontiformes, um grupo de tubarões primitivos que surgiu no final do Paleozoico e foi muito abundante no Mesozoico de forma cosmopolita, *Planohybodus*, da família Hybodontidae, e *Parvodus*, da família Lonchidiidae (Cupello et al., 2012). Os crocodiliformes são encontrados sob a forma de dentes isolados centimétricos muito similares aos do gênero *Goniopholis*, no entanto, as características preservacionais dos espécimes não permitem o enquadramento em nível genérico, sendo classificados como Mesoeucrocodylia indeterminado. De forma subordinada, a assembleia de vertebrados da unidade também inclui raros quelônios e dinossauros terópodes (Brito et al., 1994).

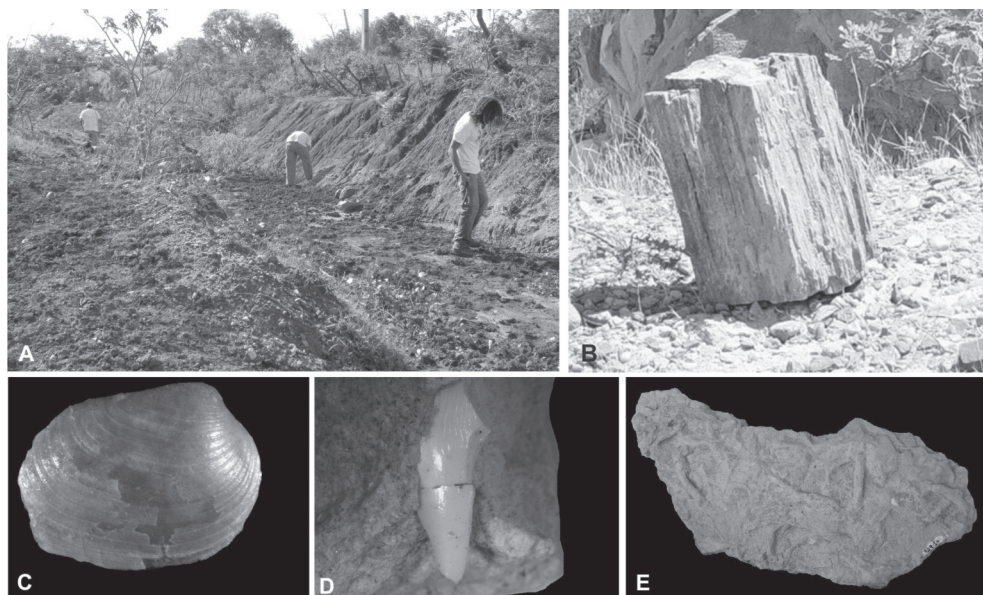


FIGURA 5.3 Biota Missão Velha: A) Afloramento da Formação Brejo Santo na Estrada Missão Velha – Ceará. B) Fragmento de tronco silicificado de gimnosperma. C) Conchostráceo da espécie *Cyzicus pricei*. D) Dente de tubarão da ordem Hybodontiformes. E) Icnofósseis identificados na Formação Missão Velha.

Em relação aos invertebrados da Formação Brejo Santo, os microcrustáceos são os mais abundantes, sendo representados por Conchostraca e Ostracoda. Entre os conchostráceos tem-se *Bairdestheria mawsoni*,

Palaeolimnadiopsis barbosai e *Cyzicus pricei*. Estes são predominantemente identificados nos siltitos, argilitos e folhelhos, indicando lâminas d'água muito rasas (Melo & Carvalho, 2017). Já os ostracodes são mais característicos nas rochas arenosas e carbonáticas da unidade, por vezes formando bancos de ostracoditos com dimensões decimétricas (Assine, 2007). A ostracofauna da Formação Brejo Santo é constituída por nove espécies distribuídas em três superfamílias, Darwinulacea (mais abundantes), Cytheracea (mais diversificados) e Cypridacea, sendo a grande maioria das espécies características da Biozona NRT-001, equivalente ao andar local Dom João (Jurássico Final), mais especificamente no Tithoniano (Barros et al., 2011; Fambrini et al., 2013; Melo & Carvalho, 2017). Nesta unidade ocorrem também os primeiros moluscos do Jurássico brasileiro, um bivalvío e um gastrópode, sem classificação taxonômica em níveis menores devido ao baixo grau de preservação de suas feições morfológicas (Melo & Carvalho, 2017).

A Formação Brejo Santo tem gênese associada ao início do processo de subsidência que resultou no preenchimento da Bacia do Araripe, gerando a formação de ambientes lacustres (Fambrini et al., 2013). As análises faciológicas e estratigráficas, bem como a ocorrência de ostracodes não marinhos indicam que a unidade foi formada em domínio continental, na primeira fase lacustre da Bacia do Araripe (Assine, 2007). As feições preservacionais da paleobiota registrada, bem como a presença de icnofósseis *Mermia*, assinalam que a acumulação dos materiais biológicos ocorreu *in situ* em um ambiente lacustre com relativa oxigenação (Fambrini et al., 2013). Por meio de assinaturas tafonômicas de ossos de vertebrados, interpreta-se que o lago recebia incursões fluviais que variavam de locais mais distantes até mais próximos, trazendo restos de vertebrados (Assine, 1992; 2007; Fambrini et al., 2013). Os estudos estratigráficos e tectônicos de Scherer et al. (2014) indicam que a Formação Brejo Santo representaria a porção distal de uma planície de inundação desenvolvida em um contexto climático árido a semiárido. As camadas lutíticas seriam equivalentes à deposição em corpos d'água rasos, de áreas alagadas intermitentes, sujeitas a alta evaporação, enquanto as areníticas representariam momentos esporádicos de inundação fluvial sobre a planície (Scherer et al., 2014). Análises paleontológicas de Melo & Carvalho (2017) reiteraram que os conchostráceos indicam a presença de corpos d'água temporários e rasos, além de sugerirem águas temperadas ou quentes de pH alcalino (entre 7 e 9). Já o amplo domínio de ostracodes citeráceos e darwinuláceos, com apenas uma única espécie de cipridáceo, sugere a presença de águas salobras, com salinidade entre 1 %

e 24,7 % (Melo & Carvalho, 2017). Esta variação da salinidade pode ter se dado por oscilações climáticas locais, vigentes durante o momento de formação destas rochas.

Em contato gradacional à Formação Brejo Santo, a Formação Missão Velha é constituída por arenitos médios a grossos, por vezes conglomeráticos, além de delgados níveis de arenitos finos e folhelhos em uma sucessão sedimentar de até 200 metros (Assine, 1992; 2007; Fambrini et al., 2011). Segundo Fambrini et al. (2011), a unidade contém não apenas depósitos correspondentes às fases pré-rifte, datada no Jurássico Final, como também do começo da fase rifte, datada do Cretáceo Inicial. Nos arenitos grossos a conglomeráticos são identificados abundantes troncos silicificados de coníferas (Freitas et al., 2008) e icnofósseis de insetos associados (Pires & Guerra-Sommer, 2009; Turman et al., 2021).

Os troncos silicificados da Formação Missão Velha (figura 5.4) são vestígios de uma vasta floresta de coníferas desenvolvida durante o Mesozoico no Nordeste brasileiro. Nos troncos são preservados o xilema secundário com traqueídeos e os canais resinosos (Brito, 1987; Freitas et al., 2008; Pires, 2008; Pires & Guerra-Sommer, 2009). Os estudos de Pires & Guerra-Sommer (2011) reconheceram a existência de diferentes padrões anatômicos nas assembleias de troncos petrificados, sendo atribuídos às famílias Podocarpaceae, Cupressaceae e Araucariaceae. Somente estudos anatômicos mais detalhados possibilitarão a caracterização da composição taxonômica da paleoflora deste depósito.

Para Freitas et al. (2008), a correlação entre os troncos fósseis da Formação Missão Velha e os da Formação Sergi da Bacia de Jatobá, sugere uma cobertura vegetal arbórea constituída essencialmente por coníferas nas áreas topograficamente mais altas da região. Neste momento, a flora em terras emersas era composta por pteridófitas, especialmente as Filicales (samambaias verdadeiras) e gimnospermas, como as Cycadophyta, típicas de regiões temperadas e Coniferophyta, características do momento aqui discutido. A partir de dados sedimentológicos e de orientação dos troncos fósseis, a direção média de paleocorrentes na sequência sedimentar da Formação Missão Velha indicou um fluxo predominante para Sul, sugerindo uma área-fonte mais elevada ao Norte. Os restos vegetais e fragmentos de troncos acumulados nas planícies aluviais foram oriundos destas áreas ao Norte, sendo transportados e depositados por cursos fluviais em direção ao Sul (Freitas et al., 2008).

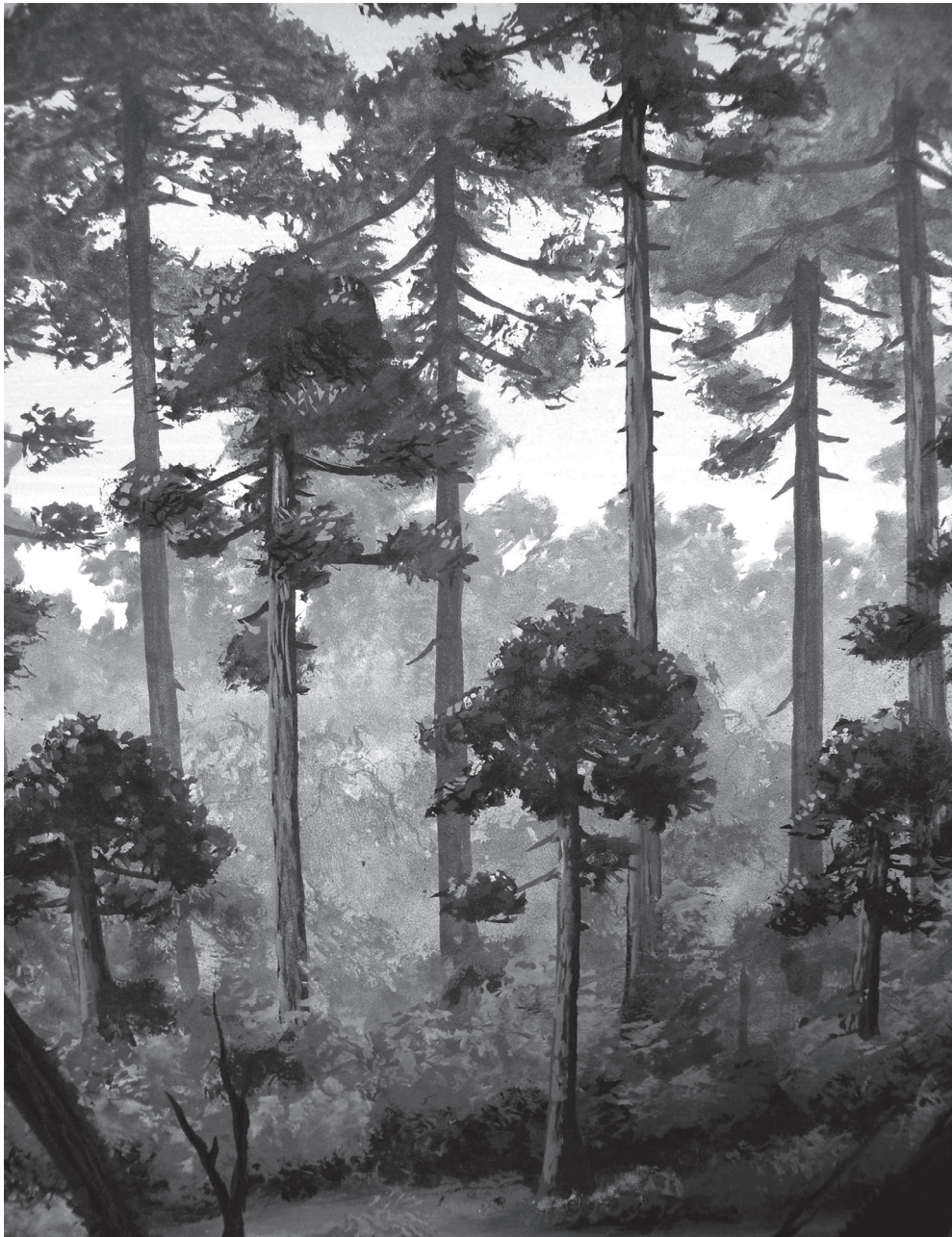


FIGURA 5.4 Reconstrução paleoambiental referente à Biota Missão Velha, representando uma vasta floresta constituída essencialmente por coníferas (famílias Podocarpaceae, Cupressaceae e Araucariaceae). Reconstituição de Ariel Milani.

Associados aos troncos têm-se complexas perfurações preenchidas com pequenos coprólitos, indicando a atividade de insetos herbívoros da ordem Isoptera (Pires & Guerra-Sommer, 2009). Além destes, também foi reconhecida a icnoespécie *Pluriramosus missaovelhensis* nos troncos silificados. A partir da similaridade com perfurações produzidas por besouros modernos das famílias Platypodidae e Curculionidae, admite-se que estes icnofósseis tenham sido produzidos por estes insetos xilófagos, sendo o registro mais antigo de um Coleoptera para a Bacia do Araripe (Turman et al., 2021).

Estudos faciológicos admitem um sistema deposicional aluvial para a Formação Missão Velha, incluindo canais fluviais entrelaçados de alta energia e canais meandantes com depósitos de planícies de inundação, *crevasse splays* e barras em pontal (Fambrini et al., 2011; Scherer et al., 2014). Para Assine (1992), o perfil estratigráfico vertical das unidades da fase pré-ribeira da Bacia do Araripe mostra uma granocrescência gradual dos pelitos da Formação Brejo Santo para os arenitos da Formação Missão Velha, indicando a/o colmatagem/aterramento de lagos e/ou planícies de inundação por rios entrelaçados de pequeno a médio portes de alta energia. Em relação à Formação Brejo Santo subjacente, a unidade Missão Velha representa uma mudança climática local para condições mais úmidas (Ponte, 1992; Freitas et al., 2008; Scherer et al., 2014).

5.3.2 Biota Crato

Durante o Aptiano, fatores ambientais, climáticos e biológicos específicos possibilitaram a preservação excepcional de fósseis de vertebrados, invertebrados e vegetais nos estratos lacustres hipersalinos da Formação Crato (figura 5.5). A alta abundância, a diversidade e os aspectos preservacionais peculiares dos fósseis permitem categorizar esta unidade como um dos mais importantes *Lagerstätten* de conservação e concentração em escala global (Selden & Nudds, 2012).

Os fósseis da unidade são reconhecidos com maior expressividade ao Norte, na região de Nova Olinda, Estado do Ceará, na qual os estudos faciológicos e a ocorrência de microbialitos indicam águas com profundidades mais rasas. Em direção ao Sul tem-se um progressivo aumento da profundidade do ambiente lacustre, culminando em depósitos cada vez menos fossilíferos (Warren et al., 2017; Varejão et al., 2019a; 2021a). Em relação à idade, é admitido que toda a sucessão sedimentar da Formação Crato foi formada durante o final do Aptiano (Coimbra et al., 2002; Arai & Assine, 2020; Melo et al., 2020; Coimbra & Freire, 2021).

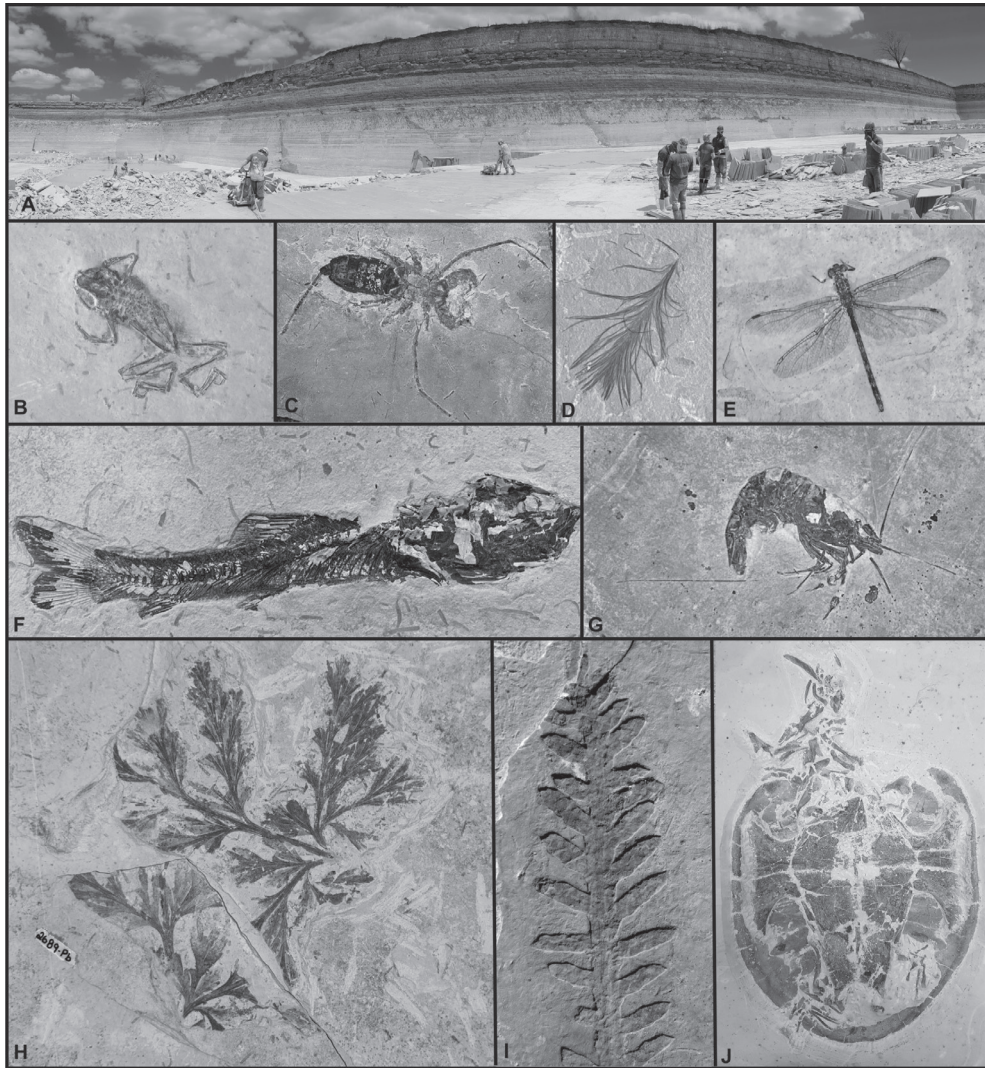


FIGURA 5.5 Biota Crato: A): Afloramento da Pedreira Três Irmãos, no município de Nova Olinda, Estado do Ceará, com calcários laminados da *Lagerstätte* Formação Crato. B) Anfíbio da espécie *Cratopipa novaolindensis*. C) Uropígeo da espécie *Mesoproctus rowlandii*. D) Pluma. E) Inseto da ordem Odonata. F) Peixe do gênero *Dastilbe*, muito representativos da Formação Crato. G) Decapoda da espécie *Beurlenia araripensis*. H) Pteridophyta. I) Conífera da espécie *Brachyphyllum obesum*. J) Quelônio da espécie *Araripemys barretoii*.

A interpretação como um ambiente lacustre para a deposição da Formação Crato é revisada a partir de uma análise integrada de estudos sedimentológicos, estratigráficos, geoquímicos e paleontológicos feita por Varejão

et al. (2021a). Estes autores dividiram a unidade em seis associações de fácies (FA-3 a FA-8) que compreendem paleoambientes distintos, variando desde os continentais a ambientes com influência marinha. A ocorrência de uma ingressão marinha nos depósitos da Formação Crato contradiz as interpretações mais antigas de que a primeira ingressão marinha do Aptiano da Bacia do Araripe teria seu registro apenas nos estratos da Formação Romualdo (Goldberg et al., 2019; Varejão et al., 2021a, 2021b; Ribeiro et al., 2021a).

Em corpos d'água lacustres rasos, perenes e fechados, como é proposto para a Formação Crato, é esperado que se tenha o registro de oscilações climáticas. Estas variações no clima já foram sugeridas por Neumann et al. (2003), Osés et al. (2017), Gomes et al. (2021), Guerra-Sommer et al. (2021) e Dias & Carvalho (2022). Durante os períodos mais áridos, tem-se maior proliferação de esteiras microbianas e precipitação de carbonatos (Varejão et al., 2019a; 2021a; Dias & Carvalho, 2020; 2022), já nos mais úmidos, a maior produtividade na coluna d'água também pode gerar espessos pacotes de carbonatos, embora sem uma contundente influência das esteiras na gênese destas rochas (Heimhofer et al., 2010).

Até o extenso estudo elaborado por Ribeiro et al. (2021a), o registro de microfósseis da sucessão *Lagerstätte* da Formação Crato compreendia 460 espécies, sendo a grande maioria insetos, grupo mais comum e diversificado equivalendo a 80,43 % das espécies descritas. São registrados fósseis de fungos, vegetais, insetos, miriápodes, aracnídeos, crustáceos, peixes, anuros, lagartos, quelônios, pterossauros, dinossauros **não avianos** e aves, sendo cada um destes grupos discutidos sucintamente a seguir.



5.3.2.1 Fungi

A Formação Crato abriga o registro mais antigo de um cogumelo lamelado, representado pela espécie *Gondwanagaricites magnificus* (Hedges et al., 2017). Segundo Mendes et al. (2020), estes cogumelos certamente desempenharam um papel fundamental no ciclo de energia ao transformar matéria orgânica em produtos utilizados por outros decompositores ou plantas.

5.3.2.2 Plantae

A flora da sucessão *Lagerstätte* da Formação Crato é altamente diversa, incluindo formas de Lycophyta, Equisetales, Bennettitales, Cupressales, Gnetales e angiospermas (Mohr et al., 2007; Ribeiro et al., 2021a). Embora as gimnospermas dominem entre os táxons reconhecidos, o registro de angiospermas é de extrema importância, pois o Cretáceo Inicial corresponde

a um período de radiação destas plantas no tempo geológico (Mohr et al., 2007; Lima et al., 2012; Bernardes-de-Oliveira et al., 2014; Pessoa et al., 2021). Os fósseis encontram-se, em geral, articulados, com ocasional presença de raízes, caules, folhas, esporângios e até flores (Mohr et al., 2007).

A partir do estudo da ecologia dos grupos de plantas identificados na Formação Crato, tem-se três grupos principais: 1) hidrófitas, formas completamente aquáticas que viviam nas áreas perenes do ambiente lacustre; 2) mesófitas, vegetais transicionais viventes em áreas intermitentemente alagadas; e 3) xerófitas herbáceas, formas completamente terrestres adaptadas a ambientes mais áridos, sendo as mais abundantes entre os grupos identificados (Ribeiro et al., 2021a). Entre as plantas xerófitas, tem-se as coníferas do gênero *Brachyphyllum*, um dos mais representativos táxons da flora reconhecida nas formações Crato, Ipubi e Romualdo, com adaptações específicas associadas às condições de aridez e/ou alta salinidade. Análises em microscópio eletrônico de varredura das feições morfológicas, em especial dos traqueídeos, sugerem afinidades com Araucariaceae (Batista et al., 2020; 2021).

O alto grau de preservação dos fósseis de vegetais da Formação Crato pode corresponder a um dado geológico extremamente sensível para a análise das alterações climáticas (Santos et al., 2020; Guerra-Sommer et al., 2021). A partir de fósseis de troncos permineralizados de *Agathoxylon santanensis* (espécie formalizada por Santos et al., 2021a), o padrão de crescimento indicaria um ambiente tropical, estável e erráticamente úmido. Além disso, a identificação das chamadas “zonas de interrupção do crescimento” nos troncos pode indicar curtos períodos em que houve distúrbios ambientais mais extremos, como uma intensa seca ou alta incidência de chuvas (Guerra-Sommer et al., 2021).

Além dos macrofósseis de vegetais, o registro de palinomorfos é também muito frequente na unidade (Batten, 2007; Heimhofer et al., 2010; Souza-Lima & Silva, 2018; Hoffman & Seyfullah, 2020). A palinoflora é essencialmente terrestre, incluindo esporos, pólenes de gimnospermas e angiospermas, com domínio dos grupos *Classopolis*, *Ephedripites*, *Eucommidite*, *Araucariacites* e *Cycadopites* (Heimhofer & Hochuli, 2010; Mendes et al., 2020). O predomínio de *Classopolis* e *Ephedripites* em horizontes sedimentares específicos é um indicativo de períodos mais áridos (Mendes et al., 2020).

5.3.2.3 Mollusca

Os moluscos da Formação Crato ocorrem, principalmente, em um nível acima da sucessão *Lagerstätte* denominado Camada Caldas, formalmente

descrito por Varejão et al. (2021b). Este horizonte consiste em um importante *datum* para correlação estratigráfica dentro da Bacia do Araripe, sendo essencial para a interpretação da ocorrência de incursões marinhas de curta duração na unidade. Foram reportados pequenos bivalvíos marinhos como *Yoldia* (*Yoldia*) sp., *Barbatia* (*Cucullaearca*) sp. e *Malletia* (*Malletia*) sp., além de *Pseudohyria*, um táxon de águas doces (Barbosa et al., 2004). Estudos mais recentes de Silva et al. (2020) também identificaram abundantes espécimes de *Araripenaia elliptica*, além de *Monginellopsis bellaradiata* e *Cratonaia novaolindensis* de forma subordinada, sendo todos bivalvíos suspensívoros, semi-infaunais a infaunais, e adaptados a substratos moles de baixa energia. Em relação aos gastrópodes, foram reportados espécimes da família Hydrobiidae nos *mudstones* da Camada Caldas e em outro nível aproximadamente 17 metros acima desta (Santos et al., 2017).

5.3.2.4 Insecta

A entomofauna da Formação Crato é a mais abundante, diversificada e excepcionalmente preservada do Cretáceo em nível global (figura 5.6), compreendendo mais de 370 espécies em 120 famílias das ordens Ephemeroptera, Odonata, Orthoptera, Isoptera, Blattodea, Mantodea, Phasmatodea, Hemiptera, Dermaptera, Hymenoptera, Diptera, Trichoptera, Lepidoptera, Coleoptera, Raphidioptera e Neuroptera (Moura-Júnior et al., 2018; Silva et al., 2020). Diante desta alta expressividade, estudos paleobiológicos envolvendo os fósseis de insetos da Formação Crato estão cada vez mais frequentes nos últimos anos (Barling et al., 2015; 2020; 2021; Osés et al., 2016; Bezerra et al., 2018; 2020; 2021a; 2021b; Dias & Carvalho, 2020; 2022; Moura-Júnior et al., 2021a; 2021b; Silva et al., 2020; Joault & Nel, 2021; Nel & Pouillon, 2020; Pouillon & Nel, 2020; Prado et al., 2020; Brandão et al., 2021; Legalov, 2021; Nel & Joualt, 2021; Ribeiro et al., 2021b; Santos et al., 2021b; Carmo et al., 2022).

A análise dos atributos autoecológicos dos insetos elaborada por Ribeiro et al. (2021a) permitiu a identificação de três grupos principais: 1) insetos completamente terrestres, como Orthoptera e alguns Blattodea, viventes em áreas com vegetação mais densa, similar às florestas; 2) insetos completamente aquáticos, como alguns Hemiptera e formas larvais de Ephemeroptera e Odonata, viventes no próprio ambiente lacustre de formação dos calcários laminados; e 3) insetos viventes em ambientes transicionais, com espécies tipicamente associadas à vegetação semiaquática de águas mais rasas.



FIGURA 5.6 Reconstrução paleoambiental referente à Biota Crato, evidenciando uma porção do ambiente lacustre, onde podiam ser reconhecidos abundantes peixes do gênero *Dastilbe* e vegetais transicionais, nos quais podiam ser reconhecidos insetos e aracnídeos. Reconstituição de Deverson Silva.

Na estrutura trófica da Biota Crato elaborada por Mendes et al. (2020), os insetos representavam importantes presas para muitos vertebrados e outros artrópodes, como aracnídeos e miriápodes. Além de presas, os insetos também podem ser predadores, parasitas, polinizadores e detritívoros, sendo considerados consumidores primários e secundários, e responsáveis por um papel essencial no ecossistema Crato por se tratarem de uma conexão entre os organismos produtores e consumidores. No ambiente aquático tem-se amplo domínio das larvas de Odonata e Ephemeroptera (Mendes et al., 2020). Enquanto as efeméridas estão posicionadas em um nível trófico mais inferior por comumente servirem de alimento para muitos predadores, como peixes, crustáceos e até mesmo outros insetos, as larvas de Odonata diferenciam-se por serem predadoras vorazes, alimentando-se de pequenos artrópodes aquáticos. No ambiente terrestre, tem-se maior representatividade de táxons de Neuropterida, Hymenoptera, Diptera e Orthoptera (Mendes et al., 2020).

5.3.2.5 Myriapoda

Os Myriapoda são artrópodes terrestres com o corpo alongado e segmentos mais ou menos similares, englobando os Chilopoda, Diplopoda, Pauropoda e Symphyla (Fransozo & Negreiros-Fransozo, 2017). Na Formação Crato são reconhecidos quatro táxons de Chilopoda, popularmente reconhecidos como centopeias ou lacraias, sendo uma espécie de Scutigermorpha, *Fulmenocursor tenax*, e três de Scolopendromorpha, *Cratoranicus oberlii*, *Velocipede bettimari* e cf. *Rhysida* (Martill, 2007a; Shear & Edgecombe, 2010).

Segundo Fransozo & Negreiros-Fransozo (2017), os quilópodes são geralmente predadores vorazes, alimentando-se de outros pequenos artrópodes e demais invertebrados. Alguns táxons atuais de escolopendromorfos capturam até mesmo pequenos vertebrados, como anfíbios e pequenos lagartos (Fransozo & Negreiros-Fransozo, 2017). A julgar pelo tamanho dos quilópodes identificados nos depósitos da Formação Crato (o maior apresentava 85 mm de comprimento), estes animais deviam se alimentar de pequenos artrópodes, dividindo seu *habitat* com os insetos, como os ortópteros (grilos, gafanhotos, grilotalpídeos, esperanças e elcanídeos) e baratas, além de diferentes grupos de aracnídeos.

A ocorrência de quatro espécies de quilópodes sugere uma paleofauna diversa, embora estes fósseis sejam raros. Estes animais são excelentes bioindicadores ambientais, por sugerirem a presença de áreas com vegetação

densa, similares às florestas tropicais, vivendo em microambientes mais úmidos, como em folhas sob o solo, embaixo de pedras e troncos (Fransozo & Negreiros-Fransozo, 2017). A raridade de fósseis de Chilopoda pode se dar por razões tafonômicas (Martill, 2007a), visto que estes animais não viviam muito próximos ao ambiente lacustre, e somente poderiam estar mais próximos da água quando se tinha a subida do nível das águas do lago, atingindo as áreas com vegetação mais densa, ou por meio de cursos de drenagens em períodos com alta incidência de chuvas.

5.3.2.6 Arachnida

A Formação Crato detém a mais diversificada fauna de aracnídeos do Mesozoico (figura 5.6) em escala global (Dunlop et al., 2007). São reconhecidos táxons de aranhas, escorpiões, ácaros, solífugos, uropígeos e amblipígeos. Entre as aranhas tem-se cinco táxons descritos, *Olindarachne martinsnetoi* (família Araneidae), *Cretadiplura ceara* e *Dinodiplura ambulacra* (família Dipluridae), *Cretapalpus vittari* (família Palpimanidae) e um espécime da família Nephilidae (Dunlop et al., 2007; Downen, 2014; Downen & Selden, 2021). Os diplurídeos são aracnídeos escavadores que se utilizam de seus longos e facilmente móveis apêndices para construir túneis em sub-superfície, aprisionando, em geral, insetos ao saírem (Dunlop et al., 2007). Os palpimanídeos são um grupo de aranhas noturnas também com hábitos escavadores, a julgar pelos robustos apêndices frontais, sendo típicas de regiões tropicais e subtropicais (Downen & Selden, 2021). O ambiente de vida das aranhas da Biota Crato devia ser compartilhado por insetos terrestres e quilópodes, não sendo muito próximos ao ambiente lacustre, o que justifica sua raridade no registro fossilífero.

Os escorpiões são representados por duas espécies, *Araripescorpius ligabuei* e *Protoischmurus axelrodorum* (Martill et al., 2007a; Menon, 2007). Estes aracnídeos são predadores terrestres e noturnos, alimentando-se de outros artrópodes, como grilos, besouros e formigas. Segundo Fransozo & Negreiros-Fransozo (2017), os escorpiões são comuns em frestas de rochas, cascas de árvores, troncos em decomposição, interior de tocas, sob o folhicho e em cavernas. Admite-se que os espécimes da Formação Crato podiam viver em subsuperfície com hábito escavador, a julgar pelas protuberantes garras (Martill et al., 2007a).

Com relação ao registro de ácaros, Martill et al. (2007a) indicou a possível ocorrência destes pequenos aracnídeos associados a fósseis de penas e folhas, além de relatar a ocorrência de um indiscutível ácaro da espécie

Pararainbowia martilli, que representaria um ectoparasita de outros animais. Sobre os solífugos, também denominados aranha camelo (embora não sejam aranhas), tem-se a espécie *Cratosolpuga wunderlichi* (Martill et al., 2007a). Estes animais são conhecidos pela sua eficiente habilidade de locomoção, sendo bioindicadores de *habitats* quentes e áridos, em regiões tropicais e subtropicais. São predadores diurnos, alimentando-se de outros artrópodes ou até mesmo pequenos vertebrados (Fransozo & Negreiros-Fransozo, 2017).

Os uropígeos, reconhecidos popularmente como escorpiões-vinagre (embora não sejam escorpiões verdadeiros), são representados pela espécie *Mesoproctus rowland* (Martill et al., 2007a). Estes aracnídeos também são escavadores e principalmente noturnos, vivendo em cavidades no interior do solo, sob troncos de árvores ou fendas de rochas, associados a ambientes mais úmidos e com vegetação mais densa, tal como as florestas tropicais. São predadores, podendo se alimentar de outros pequenos artrópodes, mas também pequenos anfíbios (Fransozo & Negreiros-Fransozo, 2017). Por fim, os amblipígeos são representados na Formação Crato pela espécie *Britopygus weygoldti* (Martill et al., 2007a). Estes animais são aracnídeos comumente associados aos uropígeos, vivendo em micro-habitats com pouca ou nenhuma luminosidade, como frestas de rochas e árvores, em um contexto ambiental mais úmido, como florestas densas em regiões tropicais e subtropicais.

5.3.2.7 Crustacea

Os macrocrustáceos da Formação Crato são raros, sendo registrada apenas uma espécie de Decapoda, *Beurlenia araripensis*, um carídeo da família Palaemonidae com significativa variabilidade morfológica (Schweigert et al., 2007; Saraiva et al., 2009; Barros et al., 2021a; 2021b). Segundo Mendes et al. (2020), estes camarões ocupavam níveis tróficos inferiores no ecossistema Crato, sendo consumidos principalmente pelos peixes do ambiente lacustre, bem como por outros vertebrados como os anuros. A raridade de crustáceos, bem como a ausência de outros organismos bentônicos, no ambiente lacustre se deu provavelmente pelos altos níveis de salinidade reportados para as águas do lago (Martill et al., 2007b). Para Varejão et al. (2019a), o *habitat* de *B. araripensis* seria nas porções mais rasas do ambiente lacustre, indicando que certamente deveriam tolerar estas altas salinidades.

Em relação aos microcrustáceos da sucessão *Lagerstätte* da Formação Crato, são reportados conchostráceos do gênero *Cyzicus* (Carvalho & Viana, 1993; Schweigert et al., 2007). Estes animais são frequentes em pequenos corpos de água doce temporários, sendo tolerantes a condições físico-quí-

micas altamente alcalinas e salinas, inadequadas para a maioria dos demais organismos de águas doces (Carvalho, 2014). Em respeito aos ostracodes, segundo Varejão et al. (2021a), estes microcrustáceos são muito abundantes na Formação Crato, podendo formar horizontes de ostracoditos (Coimbra et al., 2002; Martine, 2013; Tomé et al., 2014; Souza et al., 2017).

5.3.2.8 Peixes

A paleoictiofauna da Formação Crato (figura 5.6) é muito abundante, sendo dominada pela espécie *Dastilbe crandalli*, da família Chanidae, com o equivalente de 95 % dos espécimes reconhecidos. Estes peixes também são muito comuns no Cretáceo Inferior de outras bacias brasileiras, como Sergipe-Alagoas, Parnaíba e Sanfranciscana (Maisey, 2000; Brito & Yabumoto, 2011; Polck et al., 2015; Ribeiro et al., 2021a). Também são reconhecidas duas espécies de Amiidae, *Cratoamia gondwanica* e *Calamopleurus cylindricus*, sendo este último relativamente comum na unidade; *Placidichthys bidorsalis* da família Ophiopsidae; *Belonostomus* sp. da família Aspidorhynchidae; *Cladocylus gardneri* da família Cladocyclidae, ocorre em outras bacias brasileiras, como Sergipe-Alagoas e Parnaíba; e o teleósteo *Santanichthys diasii*. As espécies *Lepidotes wenzae* e *Araripelepidotes temnurus*, antes designadas como semionotídeos, são na verdade lepisosteiformes (López-Arbarello, 2012), também sendo reconhecidos na unidade. O único táxon de sarcopterígeo da Formação Crato é a espécie *Axelrodichthys araripensis* da família Mawsoniidae, sendo todos os demais táxons peixes actinopterígeos (Brito & Yabumoto, 2011; Yabumoto & Brito, 2013; Polck et al., 2015).

Segundo Ribeiro et al. (2021a), *D. crandalli* e *C. gardneri* são as únicas espécies recorrentes do ambiente lacustre descrito para a sucessão Lagerstätte Crato, enquanto as demais espécies representariam táxons acessórios ou visitantes, com sua grande maioria também representadas na Formação Romualdo.

5.3.2.9 Anura

Os anuros são espécies de Neobatrachia (grupo dos sapos e rãs modernas) *Arariphrynus placidoi*, *Eurycephalella alcinae*, *Cratia gracilis*, *Kururubatrachus gondwanicus* e *Primaevorana cratensis* (Leal & Brito, 2006; Báez et al., 2009; Agnolin et al., 2020; Moura et al., 2021), além de *Cratopipa novaolidensis*, o mais antigo pipimorfo com hábito completamente aquático (Carvalho et al., 2019; Báez et al., 2021). Para Mendes et al. (2020), os anuros da Formação

Crato, em geral, alimentavam-se de insetos que habitavam as áreas marginais alagadas do ecossistema descrito por Ribeiro et al. (2021a).

5.3.2.10 Squamata

Os Squamata são representados por quatro lagartos (*Olindalacerta brasiliensis*, *Tijubina ponteii*, *Calanguban alamoii* e *Tetrapodophis amplectus*). *C. alamoii* está associado a um hábito de vida arboreal, enquanto *T. amplectus* teria adaptações para um hábito mais aquático (Martill, 2007b; Caldwell et al., 2016; 2021). A espécie *T. amplectus* foi originalmente descrita por Martill et al. (2015) como uma serpente com quatro membros, entretanto, a reanálise do material, bem como a primeira descrição da contraparte do mesmo espécime, indicou que na verdade se tratava de um lagarto (Caldwell et al., 2021).

5.3.2.11 Chelonia

Entre os quelônios, a única espécie formalmente aceita é *Araripemys barretoii*, também reportada nos estratos das formações Ipubi e Romualdo, na Bacia do Araripe (Fielding et al., 2005; Naish, 2007; Limaverde et al., 2020). O gênero *Araripemys* engloba formas de quelônios aquáticos, seja em condições mais salinas ou salobras (Limaverde et al., 2020). A baixa abundância e diversidade destes animais na Formação Crato pode ser um indicativo de que a hipersalinidade das águas tornaria o ambiente muito estressante (Naish, 2007). Limaverde et al. (2020) apresentaram uma diagnose revisada para *Araripemys*, com análise da ampla variedade morfológica identificada na espécie *A. barretoii*, sendo a grande maioria delas consideradas intraespecíficas, derivadas de mudanças ontogenéticas, dimorfismo sexual e polimorfismos no crânio, nos ossos neurais, na carapaça e nas ungueais.

5.3.2.12 Crocodylomorpha

Os crocodiliformes da Formação Crato são representados por *Susisuchus anatoceps* e *Araripesuchus* sp. (Salisbury et al., 2003; Frey & Salisbury, 2007). Enquanto o *Araripesuchus* era provavelmente terrestre, os longos membros de *Susisuchus* seriam indicativos de que além de terrestres, estes animais também poderiam se locomover em ambientes aquáticos mais rasos, mas sobre o substrato (Frey & Salisbury, 2007). Magalhães-Ribeiro et al. (2011) identificaram a primeira ocorrência de um ovo de crocodiliforme do Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe, com indicativos de que a área de ovipostura deveria estar situada em um contexto ambiental próximo às margens do ambiente lacustre.

5.3.2.13 Pterosauria

Entre os tetrápodes, os pterossauros são os mais diversos e abundantes da sucessão Lagerstätte Crato com sete espécies formalmente descritas, *Arthurdactylus conandoylei*, *Aymberedactylus cearensis*, *Brasileodactylus araripensis*, *Lacusovagus magnificens*, *Ludodactylus sibbicki*, *Tupandactylus imperator* e *Tupandactylus navigans*, distribuídas em três famílias, Tapejaridae, Thalassodromidae e Ornithocheiridae (Kellner, 1984; Frey & Martill, 1994; Campos & Kellner, 1997; Frey et al., 2003a; 2003b; Beccari et al., 2021). A espécie *T. navigans* constitui um importante registro para os tapejarídeos devido à presença de um esqueleto articulado e praticamente completo com preservação das feições morfológicas pós-cranianas (Beccari et al., 2021).

O *habitat* dos pterossauros da Formação Crato foi destacado por Unwill & Martill (2007). Segundo os autores, é provável que os tapejarídeos e talassodromídeos (também denominados de tupuxuarídeos) vivessem nas proximidades da área do ambiente lacustre, ambos com melhor mobilidade terrestre. Os tapejarídeos eram frutívoros ou piscívoros, sendo predadores especialistas dos peixes *Dastilbe*, já os talassodromídeos deviam ter hábitos alimentares mais variados. A melhor habilidade de voo dos ornithocheirídeos permitia que estes animais tivessem uma maior variedade de presas, alimentando-se de peixes na superfície das águas do lago (Unwin & Martill, 2007).

5.3.2.14 Dinosauria/Aves

Entre os dinossauros não avianos, são reportadas as denominadas “dinoturbações”, que são pegadas de dinossauros identificadas em seção transversal (Carvalho et al., 2021a), podendo ser erroneamente interpretadas como estruturas sedimentares ou tectônicas. Em relação aos restos de fósseis corpóreos, no ano de 2020, foi reportada informalmente uma espécie de Theropoda, denominada “*Ubirajara jubatus*” por Robert S. H. Smyth e colaboradores.

Além disso, a Formação Crato contém o primeiro esqueleto articulado e quase completo de uma ave do Cretáceo Inferior da América do Sul, a *Cratoavis cearensis* (Carvalho et al., 2015a), com preservação de penas similares às identificadas em formas adultas de aves modernas (Carvalho et al., 2015b). Esta descoberta aumenta o intervalo temporal das aves Enanthiornithes registradas na América do Sul. Outra ave descrita para a

unidade é *Karirivavis mater*, a mais antiga Ornithuromorpha do Gondwana. As características morfológicas do hipotarso e a ausência de feições presentes em aves aquáticas e semiaquáticas atuais, sugerem que *Karirivavis mater* tinha um hábito mais terrestre (Carvalho et al., 2021b).

Além dos esqueletos corpóreos completos, também são reportadas penas, plumas e semiplumas (Naish et al., 2007), podendo ser atribuídas aos dinossauros não avianos ou aos táxons de aves já descritos.

5.3.2.15 Outros

Outros elementos fossilíferos identificados na Formação Crato foram agrupados por Martill et al. (2007c) em uma categoria denominada “biota diversa”, incluindo coprólitos, regurgitólitos, âmbar, gomas e outros fósseis ainda não identificados. Os âmbar são reconhecidos como pequenos materiais resinosos variando entre 5 e 30 milímetros de diâmetro, podendo apresentar inclusões de ostracodes (Martill et al., 2005; 2007c; Roberts et al., 2020; Piovesan et al., 2021). Admite-se que as possíveis fontes botânicas dos âmbar poderiam ser vegetais dos grupos Araucariaceae, Cheirolepidiaceae e Erdtmanithecales (Pereira et al., 2007; Seyfullah et al., 2020). Roberts et al. (2020) reportaram a primeira ocorrência de um fóssil de goma (líquido secretado por vegetais facilmente solúvel e constituído por polissacarídeos), identificado em gnetófitas do gênero *Welwitschiophyllum*, aumentando o potencial de reconhecimento de outras biomoléculas no registro fossilífero, independente do baixo potencial de preservação.

O conteúdo fossilífero excepcionalmente preservado da sucessão *Lagerstätte* Crato é fundamental para a realização de inferências paleoambientais, paleoclimáticas, paleoecológicas e filogenéticas. Estudos recentes mostram que o alto grau de fidelidade morfológica dos fósseis se dá, principalmente, pela influência das esteiras microbianas no processo de fossilização, em especial no recobrimento e mineralização dos restos orgânicos quando estes chegam no substrato lacustre (Varejão et al., 2019a; Dias & Carvalho, 2020; 2022; Iniesto et al., 2021). Em específico para os insetos, Dias & Carvalho (2022) admitiram que as esteiras microbianas atuam desde a captura e proteção das carcaças no ambiente lacustre, até a criação de um sarcófago microbiano com condições físico-químicas propícias para a mineralização dos restos orgânicos. É provável que estas comunidades microbianas também tenham um importante papel na preservação excepcional dos demais táxons, em especial outros artrópodes, como miriápodes, aracnídeos e crustáceos, pelo tamanho reduzido e maior facilidade de recobrimento.

5.3.3 Biota Romualdo

O final do Aptiano na Bacia do Araripe é marcado pela alta variedade litológica e pelos abundantes, diversos e excepcionalmente bem preservados fósseis da Formação Romualdo (figura 5.7), que, assim como a Formação Crato, pode ser considerada um importante Lagerstätte em nível global. A Formação Romualdo materializa um ciclo transgressivo-regressivo, com registro da entrada de um oceano proto-Atlântico no Nordeste do Brasil durante o final do Aptiano, idade corroborada por dados palinológicos de Rios-Netto et al. (2012b) e Arai & Assine (2020).

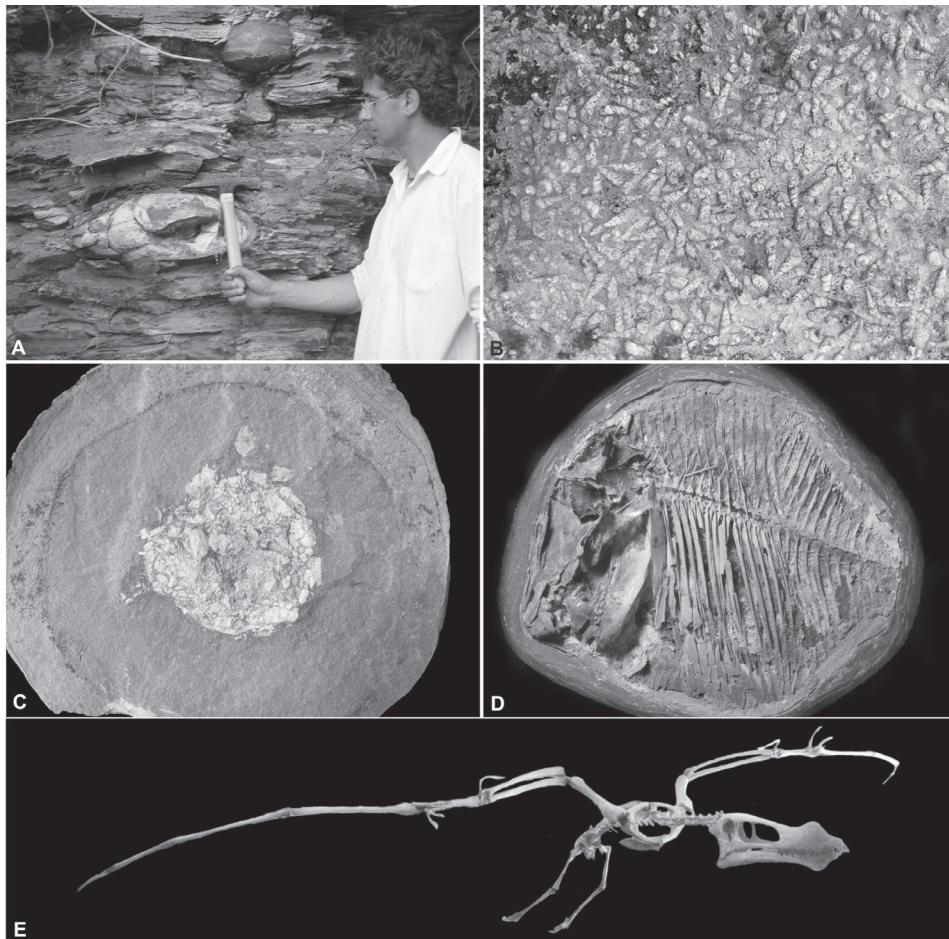


FIGURA 5.7 Biota Romualdo: A) Afloramento dos níveis de folhelhos negros contendo concreções carbonáticas, nas quais são reconhecidos fósseis excepcionalmente preservados. B) Coquinas com abundantes gastrópodes e bivalvíos subordinados. C) Coprólito em concreção carbonática. D) Peixe da espécie *Neoproscinetes penalva*. E) Reconstituição do esqueleto do pterossauro *Cearadactylus atrox*.

A análise estratigráfica detalhada da Formação Romualdo aflorante na porção Leste da bacia permitiu a identificação de depósitos costeiros dominados por maré, seguidos por fácies marinhas transgressivas e um posterior retorno às condições continentais a partir de uma sucessão regressiva incompleta com fácies marginais e transicionais (Assine et al., 2014). Nos depósitos marinhos são reconhecidos dois intervalos altamente fossilíferos: um inferior constituído por folhelhos negros com concreções carbonáticas, e um superior com carbonatos altamente conchíferos. No nível dos folhelhos negros, os fósseis são identificados em concreções carbonáticas, com registro de peixes e tetrápodes tridimensionalizados, além de cistos de dinoflagelados, ostracodes e foraminíferos. Na porção superior da unidade ocorre o segundo nível altamente fossilífero, caracterizado por horizontes conchíferos de 5 a 30 centímetros, com abundantes gastrópodes, bivalvíos e equinoides, sendo estes últimos uma evidência fundamental do caráter marinho destes estratos (Maisey, 1991; Assine, 2007; Martill et al., 2007d; Assine et al., 2014; Custódio et al., 2017; Fürsich et al., 2019; Bom et al., 2021; Kroth et al., 2021). Na porção Oeste da bacia, o reconhecimento de diversos tipos de esteiras microbianas, estromatólitos, oncoides e trombólitos isolados, associados aos níveis abundantemente constituídos por equinoides, sugerem um sistema de baías hipersalinas e altamente alcalinas formadas em uma rampa carbonática de baixo gradiente, similar ao reconhecido atualmente em Shark Bay, na Austrália (Varejão et al., 2019b). A ocorrência de estromatólitos na porção Oeste da bacia também indica um importante evento de transgressão, embora diferente do responsável pela formação dos folhelhos. As condições ideais para o desenvolvimento dos estromatólitos se deram apenas no início de uma subsequente regressão, com a consolidação de baías restritas propícias para a profusão das comunidades microbianas no substrato (Varejão et al., 2019b).

No final do Aptiano, as ingressões marinhas que atingiram a Bacia do Araripe formaram um vasto mar epicontinental no Nordeste brasileiro, com área muito maior do que a da Bacia do Araripe atualmente (Arai, 2014). Os mares interiores são caracterizados por massas de água que repousam diretamente sobre crosta continental, sendo comumente formados por variações de curta duração do nível do mar, o que resulta em flutuações abruptas na salinidade, na temperatura e na oxigenação das águas (Kroth et al., 2021). Essa variação de parâmetros ambientais justificaria as mais diversas propostas paleoambientais discutidas para os depósitos da Formação Romualdo (Custódio et al., 2017). O sentido da ingressão marinha até a Bacia do

Araripe ainda é discutido, porém, reconhece-se claramente a origem tetiana das biotas encontradas neste tempo na Bacia do Araripe e demais bacias do Nordeste brasileiro (Arai, 2014; Pereira et al., 2017; Kroth et al., 2021).

Análises palinofaciológicas e organogeoquímicas da Formação Romualdo indicam a influência de duas ingressões, a primeira provavelmente em um ambiente de mar epicontinental, e a segunda em condições mais proximais, em um ambiente marinho costeiro (Teixeira et al., 2017). A primeira ingressão marinha estaria associada à formação dos folhelhos negros com concreções carbonáticas fossilíferas, enquanto a segunda seria relacionada ao nível dos carbonatos abundantemente conchíferos (Teixeira et al., 2017). Isto indica que, diferente do Lagerstätte Crato, o caráter fossilífero da Formação Romualdo está ligado a um contexto ambiental marinho. Para Bom et al. (2021), as ingressões marinhas na Formação Romualdo se deram em pulsos distintos. Durante as fases de baixo nível relativo do mar, o influxo de água doce podia intensificar as flutuações da oxigenação e salinidade das águas. A baixa diversidade da macrofauna bentônica é sugestiva destas condições ambientais estressantes (Fürsich et al., 2019).

A fauna de vertebrados da Formação Romualdo é mundialmente reconhecida pelos fósseis de peixes e pterossauros, comumente com preservação excepcional em três dimensões. Entretanto, além destes, também são registrados fósseis de foraminíferos, vegetais, um coral, moluscos, um inseto, crustáceos, equinóides, quelônios, crocodiliformes, dinossauros não avianos e coprólitos.



5.3.3.1 Foraminifera

Os foraminíferos planctônicos são comuns na Formação Romualdo (Melo et al., 2020). Os bentônicos são raros, sendo reconhecidos em apenas um nível estratigráfico que corresponde a uma superfície de inundação máxima descrita por Fürsich et al. (2019). Em relação às formas aglutinantes, são reportadas espécies do gênero *Bathysiphon*, típico de ambientes marinhos mais profundos (Fürsich et al., 2019). A ampla ocorrência de espécies porcelanosas, poucas espécies calcáreas e quase ausência de formas aglutinantes, indicam um contexto ambiental envolvendo, principalmente, um ambiente marinho raso e uma laguna hipersalina (Murray, 1991; Araripe et al., 2021). A ocorrência do gênero *Agathammina* indica uma clara afinidade com a fauna tetiana, sugerindo que a ingressão marinha do Aptiano se deu a partir do Norte (Araripe et al., 2021). Esta direção da ingressão também é corroborada pela análise paleoecológica e estratigráfica da fauna

de foraminíferos realizada por Melo et al. (2020). Os autores sugerem que a ocorrência do foraminífero planctônico *Microhedbergella miniglobularis* é um indicador da influência tetiana.

5.3.3.2 Plantae

Os macrofósseis de vegetais da Formação Romualdo não são tão abundantes e diversos quanto os da Formação Crato. Ocorrem fósseis de folhas isoladas da conífera *Podozamites lanceolatus*, além das coníferas *Brachyphyllum obesum* e *Brachyphyllum castilhoi* (Lima et al., 2012). O gênero *Brachyphyllum* pode ocorrer preservado tridimensionalmente nas concreções carbonáticas, ou como impressões em folhelhos e margas. Entre as espécies, tanto na Formação Crato, quanto na Romualdo, *B. obesum* é a mais comum, enquanto *B. castilhoi* é limitada a poucos espécimes (Batista et al., 2021). Também é reportada *Pseudofrenelopsis salesii*, uma conífera do grupo das Cheirolepidiaceae, restritas aos estratos do Cretáceo Inferior. Estas plantas são características por apresentarem respostas adaptativas às condições ambientais instáveis e estressantes, como aridez e variações de salinidade (Batista et al., 2018). Em relação às angiospermas, são reportadas as espécies *Choffatia francheti* e *Klitzschophyllites flabellatus*. O caráter essencialmente marinho dos depósitos fossilíferos da Formação Romualdo é, certamente, o principal fator que justifica a baixa ocorrência de macrofósseis de vegetais na unidade (Lima et al., 2012).

Por outro lado, o registro palinológico da Formação Romualdo é muito amplo, com pólenes, esporos, dinoflagelados e palinoforaminíferos. São comumente utilizados para estudos paleoambientais, paleoclimáticos, paleogeográficos e, principalmente, bioestratigráficos, visto que a espécie *Sergipea variverrucata* é um fóssil-guia do Aptiano no Brasil, ocorrendo em todo o Grupo Santana da Bacia do Araripe (Arai & Assine, 2020). A presença de três intervalos contendo palinomorfos exclusivamente marinhos (como os dinoflagelados e palinoforaminíferos) confirma o registro de uma ingressão marinha no interior do Nordeste do Brasil durante o Aptiano (Arai, 2014; Arai & Assine, 2020). Estes microfósseis também indicam um retorno às condições mais continentais em direção ao topo da Formação Romualdo, devido à abundância dos palinomorfos *Araucariacites* e *Inaperturopollenites* (Arai & Assine, 2020). Outros trabalhos envolvendo a análise dos palinomorfos da Formação Romualdo são os de Lima (1978), Regali (1990), Coimbra et al. (2002) e Rios-Netto et al. (2012b).

5.3.3.3 Cnidaria

O único registro de um cnidário para a Bacia do Araripe provém de um Scleractinia identificado por Oliveira et al. (2019), sendo um claro bio-indicativo de um ambiente marinho raso de águas limpas e quentes. Até o momento ainda não se tem um estudo taxonômico e tafonômico detalhado deste espécime.

5.3.3.4 Mollusca

A fauna de macroinvertebrados da Formação Romualdo é principalmente constituída por bivalvíos e gastrópodes. Entre os bivalvíos, são reconhecidos táxons suspensívoros e escavadores representados por *Calva*; formas infaunais suspensívoras, com associações abundantes de corbulídeos; infaunais-profundos típicos de ambientes disóxicos, como os lucinídeos; suspensívoros infaunais-rasos e excelentes escavadores do gênero *Sinonia*; a espécie *Musculus araripensis*, epibissados e suspensívoros muito abundantes na unidade; e os Bakevelliidae *Aguileria dissita*, *A. romualdoensis* e *Araripevella musculosa*, epifaunais ou semi-infaunais e suspensívoros (Pereira et al., 2015; 2018; Fürsich et al., 2019; Rodrigues et al., 2020). Entre estes táxons, os bivalvíos da família Bakevelliidae são bioindicadores marinhos amplamente distribuídos e facilmente reconhecidos nos afloramentos das porções Leste e Oeste da bacia (Rodrigues et al., 2020). Martill et al. (2020) identificaram o primeiro registro de um bivalve rudista do gênero *Amphitriscoelus*, um caprinuloideídeo que representa o primeiro rudista reconhecido em território brasileiro. A ocorrência deste táxon na Bacia do Araripe confirma as afinidades faunísticas com a Província Caribeana do Mar de Tétis. Este fóssil foi identificado nos depósitos continentais da Formação Exu, retrabalhado das sucessões sedimentares marinhas da Formação Romualdo.

Os gastrópodes ocorrem em maior abundância em relação aos bivalvíos, sendo essencialmente epibentônicos vágéis, detritívoros, herbívoros e/ou carnívoros. “*Pseudomesalia*” é o táxon mais abundante, enquanto *Cerithium riachuelanum* e *Cerithium sergipense*, bem como outros táxons de ampulinídeos, naticídeos, troquídeos, aquerídeos, acteonídeos e cassiopídeos, também são registrados. Os gastrópodes da Formação Romualdo comumente são utilizados para interpretações paleoambientais. Por exemplo, em relação aos cassiopídeos é admitido que sejam organismos pastadores, podendo sobreviver às flutuações de salinidade de ambientes *nearshore* e *backshore*. Os ceritídeos são típicos em ambientes marinhos de águas rasas, enquanto os naticídeos já se estendem desde a zona das marés até maiores profundidades (Pereira et al., 2016; 2017; 2018; Fürsich et al., 2019).

5.3.3.5 Insecta

Enquanto na Formação Crato os insetos correspondem a uma fundamental parcela da fauna registrada, na Formação Romualdo estes animais não são frequentes, provavelmente pela unidade se tratar de sucessões sedimentares formadas em ambiente marinho, o que diminui o potencial de preservação dos insetos. Até o momento tem-se apenas o registro de um táxon de Insecta, correspondendo a um Grylloidea reconhecido em uma concreção carbonática no nível dos folhelhos negros (Freitas et al., 2016; Heads et al., 2018). O baixo grau de preservação do espécime, provavelmente por ter sido transportado por longas distâncias do *habitat* terrestre até o ambiente marinho, impede seu enquadramento em níveis taxonômicos menores.

5.3.3.6 Crustacea

Os crustáceos da Formação Romualdo são representados por decápodos e ostracodes. Entre os decápodos os camarões são muito representativos, com registro de seis espécies até o momento. São reconhecidos sergestídeos da espécie *Paleomattea deliciosa*, um grupo de camarões com alta plasticidade ecológica, reconhecidos em ambientes marinhos e continentais (Maisey & Carvalho, 1995; Fürsich et al., 2019). Também são reportados carídeos da espécie *Kellnerius jamacaruensis* da família Palaemonidae, um grupo de camarões de regiões tropicais e temperadas, típicos de zonas intermaré a águas mais rasas, mas também podendo ser reconhecidos em ambientes de água doce (Santana et al., 2013). A superfamília Penaeoidea é representada por duas espécies, *Araripenaeus timidus*, de ambientes marinhos a transitacionais, como estuários, e *Cretainermis pernambucensis*, tipicamente marinhos (Pinheiro et al., 2014; Prado et al., 2019). O registro de camarões se encerra com as formas plantônicas da espécie *Sume marcosi*, um grupo de luciferídeos de zonas neríticas (Saraiva et al., 2018), e *Priorhyncha feitosai*, o mais antigo camarão da família Solenoceridae já registrado, também marinho, mas podendo ocorrer em porções mais distais com menor energia (Alencar et al., 2018).

Os Brachyura (caranguejos verdadeiros) são registrados na Formação Romualdo pela espécie *Araripecarcinus ferreirai*, bem como *Exucarcinus gonzagai* e *Romualdocarcinus salesi* e *Chronocancer camilosantanai*, cujas similaridades com táxons do Cretáceo do Norte da América do Sul, do Sul da América do Norte e do Oeste da Europa reforçam uma influência marinha tetiana para as ingressões ocorrentes durante o Aptiano na Bacia do

Araripe. Estes crustáceos bentônicos são indicativos de ambientes marinhos, provavelmente mais rasos, vivendo associados a bivalvíos, gastrópodes e ostracodes (Martins-Neto, 1987; Luque, 2015; Prado et al., 2018; 2021; Fürsich et al., 2019; Matos et al., 2021; Santana et al., 2022).

A assembleia de ostracodes identificada na Formação Romualdo é pouco diversa, mas altamente abundante, sendo composta por carapaças articuladas e desarticuladas de espécies das famílias Cyprididae, Darwinulidae, Candonidae e Linnocytherida. A grande maioria dos táxons são altamente tolerantes às variações de salinidade vigentes durante a gênese das sucessões sedimentares da unidade (Araripe et al., 2021; Bom et al., 2021). Estes microcrustáceos constituem assembleias quase monoespecíficas de Cyprididae com amplo domínio do gênero *Harbinia*. Outro táxon muito frequente é a espécie *Pattersoncypris simmetrica*, e sua ocorrência é um bioindicador de ambientes com alta salinidade (Fürsich et al., 2019; Araripe et al., 2021).

5.3.3.7 Echinodermata

Entre os equinodermos são identificados os equinoides *Pygurus (Echinopygus) tinocoi*, *Bothryopneustes araripeensis*, *Douvillaster benguellensis* e *Hemiaster proclivus*. Estes táxons geralmente ocorrem em associação com pequenos moluscos, embora em menor abundância e restrito a poucas localidades fossilíferas da bacia. As análises morfológicas de *Bothryopneustes araripeensis* e *Pygurus (Echinopygus) tinocoi* indicam que estes equinoides seriam epifaunais ou semi-infaunais e detritívoros, habitando o fundo dos mares ou corpos d'água mixohalinos de alta salinidade (Pereira et al., 2017). Na porção Oeste da bacia são reconhecidos laminitos microbiais com abundantes espécimes de *Bothryopneustes araripeensis*. Os aspectos preservacionais destes equinoides indicam que certamente viviam em associação direta com as esteiras microbianas e estromatólitos (Pereira et al., 2017; Varejão et al., 2019b).

5.3.3.8 Peixes

Entre os vertebrados reconhecidos na Formação Romualdo, os peixes são os mais abundantes e diversos, sendo comumente reconhecidos no interior das concreções carbonáticas inclusas nos níveis com folhelhos negros. Nesta seção serão utilizadas as informações extraídas de Brito & Yabumoto (2011), Polck et al. (2015) e Duque & Barreto (2018) em relação aos fósseis de peixes da Formação Romualdo.

Os condrictes são representados por três espécies muito raras na unidade, *Tribodus limae* da família Hybodontidae, *Iansan beurleni* e *Stahlraja sertanensis*, ambos da subdivisão Batoidea. Entre os peixes ósseos, os actinopterígeos dominam em diversidade: *Obaichthys decoratus* e *Dentilepisosteus laevis*, da família Obaichthyidae; os lepisosteiformes *Lepidotes wenzae* e *Araripelepidotes temnurus*; *Neoprosclinetes penalvai* e *Iemanja palma* da família Pycnodontidae; *Calamopleurus cylindricus* da família Amiidae, sendo muito comuns; *Oshunia brevis*, da família Oshuniidae; *Placidichthys bidorsalis* da família Ophiopsidae; os abundantes *Vinctifer comptoni* da família Aspidorhynchidae e *Cladocyclus gardneri* da família Cladocyclidae; *Araripichthys castilhoi* da família Araripichthyidae; *Bullichthys santanensis*, *Brannerion latum* e *Brannerion vestitum* da família Albulidae; *Paraelops cearensis* da subordem Elopoidei; os abundantes *Rhacolepis buccalis* da família Pachyrhizodontidae e *Notelops brama* da família Notelopidae; os teleosteos *Santanichthys diasii*, *Santanasalmo elegans*, *Santanaclupea silvasantosi* e *Beurlenichthys ouricuriensis*; e *Tharrhias araripis* da família Chanidae. O registro de fósseis de peixes da Formação Romualdo se encerra com os sarcopterígeos da família Mawsoniidae, *Mawsonia gigas* e *Axelrodichthys araripensis*.

A paleoictiofauna das formações Crato e Romualdo indica um cenário paleobiogeográfico complexo, com uma clara influência tetiana a partir de uma ingressão marinha vindo do Norte durante o Cretáceo Inicial. Este cenário é corroborado pela similaridade das faunas de peixes do Grupo Santana da Bacia do Araripe com a Formação Codó da Bacia do Parnaíba (Lindoso & Carvalho, 2021).

Além de inferências paleobiogeográficas, os fósseis de peixes da Formação Romualdo também podem contribuir com informações geocronológicas. Três dentes de um fragmento de mandíbula de *Cladocyclus gardneri* foram datados pelo método U/Pb, fornecendo uma idade absoluta de 110.5 ± 7.4 Ma, consistente com os dados bioestratigráficos de que a idade da Formação Romualdo é aptiana (Barreto et al., 2022).

5.3.3.9 Chelonía

Até o momento são reconhecidas cinco espécies de fósseis de quelônios (figura 5.8) da Formação Romualdo, *Santanachelys gaffneyi*, *Brasilemys josai*, *Cearachelys placidoi*, *Euraxemys essweini* e *Araripemys barretoii*, sendo esta última também presente na Formação Crato (Price, 1973; Hirayama, 1998; Lapparent de Broin, 2000; Gaffney et al., 2001; 2006; Carvalho et al., 2019;

Sena et al., 2020). Análises tafonômicas de Oliveira (2007) demonstraram que os espécimes de fósseis de quelônios da Formação Romualdo não apresentam indícios de abrasão, indicando autoctonia. Isto foi também verificado por Carvalho et al. (2019) no estudo de novos espécimes de quelônios da unidade. Estes autores analisaram que as condições bioestratinômicas das carapaças sugerem preservação autóctone a parautóctone com soterramento rápido, mas não imediato, das carcaças, o que pode gerar a ocasional desarticulação e o transporte de alguns ossos.

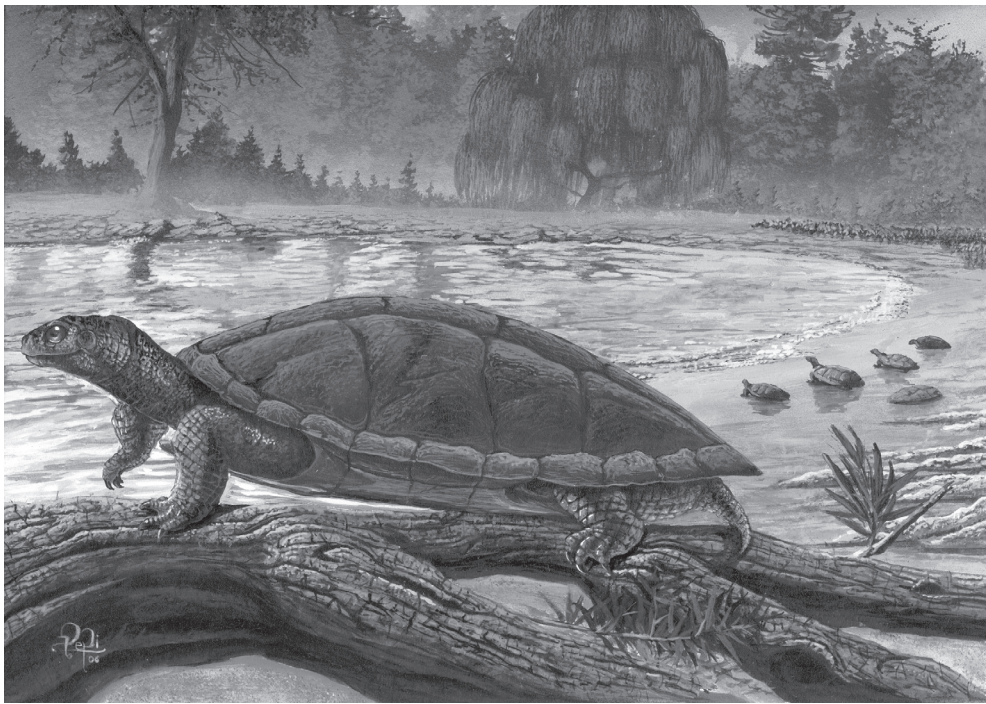


FIGURA 5.8 Reconstrução de um quelônio da espécie *Cearachelys placidoi* em ambiente lagunar referente à Biota Romualdo. Reconstituição de Deverson Silva.

O fato de que *Araripemys* é reconhecido nos estratos lacustres da Formação Crato e nos depósitos marinhos/lagunares da Formação Romualdo é indicativo de que este táxon certamente era tolerante a diferentes níveis de salinidade (Oliveira & Kellner, 2017). Além disso, como já mencionado para a Biota Crato, Limaverde et al. (2020) sugeriram que *Araripemys barretoii* apresenta uma significativa plasticidade morfológica, sendo a grande maioria intraespecífica.

5.3.3.10 Crocodylomorpha

Os crocodiliformes são representados por duas espécies na Formação Romualdo, *Araripesuchus gomesii* e *Itasuchus camposi* (Price, 1959; Kellner, 1987). Além disso, Abreu et al. (2020) indicaram a primeira ocorrência de um ovo amniótico com restos embrionários de um Crocodylomorpha do mundo, reconhecido em uma concreção carbonática no nível dos folhelhos negros.

5.3.3.11 Pterosauria

A Formação Romualdo é mundialmente reconhecida por uma diversa fauna de pterossauros excepcionalmente preservados, sendo a grande maioria tridimensionais (Kellner, 2004; 2013; Pinheiro & Shultz, 2012; Pinheiro et al., 2012; Kellner et al., 2013; Aureliano et al., 2014; Bantim et al., 2014; 2021; Headden & Campos, 2014; Vila Nova et al., 2014; Pinheiro & Rodrigues, 2017; Buchmann et al., 2021; Cerqueira et al., 2021). O registro de pterossauros da unidade é abundante, porém muito fragmentado e com identificações dúbias, estas últimas demonstradas por Pinheiro & Rodrigues (2017) para o gênero *Anhanguera*. Os anhanguerídeos são um clado de pterossauros muito comuns na unidade, compreendendo oito espécies, sendo seis do gênero *Anhanguera*. Pinheiro & Rodrigues (2017) levantaram a possibilidade de esta diversidade ser superestimada, visto que a grande maioria das espécies de *Anhanguera* foram diferenciadas por variações sutis na forma e posição da crista cranial, portanto, estas variedades morfológicas poderiam ser derivadas de variações ontogenéticas ou mesmo ao dimorfismo sexual. Isto é reforçado pela descrição de casos de variações ontogenéticas em um pterossauro que possivelmente é da família Anhangueridae (Bantim et al., 2021). Das seis espécies, três foram consideradas *nomen dubium* (*Anhanguera araripensis*, *Anhanguera santanae* e *Anhanguera robustus*), enquanto *Anhanguera piscator* e *Anhanguera spielbergi* foram consideradas válidas, além da espécie-tipo do gênero *Anhanguera blittersdorffi* (Pinheiro & Rodrigues, 2017). Também são reconhecidos os anhanguerídeos *Maaradactylus kellneri*, um dos maiores crânios da Bacia do Araripe (Bantim et al., 2014), e *Tropeognathus mesembrinus* (Kellner et al., 2013).

Outros pterossauros da Formação Romualdo são *Cearadactylus atrox*, descritos formalmente por Leonardi & Borgamanero (1985) e redescritos por Vila Nova et al. (2014); *Banguella oberlii*, um pterossauro da família Dsungaripteridae (Headden & Campos, 2014); e os tapejarídeos

Caupedactylus ybaka (Kellner, 2013) e *Kariridracus diana*, cujas ocorrências na unidade contribuem para indicar que o Gondwana foi o centro de origem mais parcimonioso para os Tapejaridae (Cerqueira et al., 2021).

5.3.3.12 Dinosauria

Os dinossauros não avianos da Formação Romualdo são representados por cinco espécies de Theropoda, incluindo os espinossaurídeos *Irritator challengerii* e *Angaturama limai* e os coelurosaurídeos *Santanaraptor placidus*, *Mirischia asymmetrica* e *Aratasaurus museunacionali*, sendo apenas este último reconhecido nas concreções carbonáticas dos folhelhos negros na porção inferior da unidade, enquanto todos os demais foram identificados em rochas da porção superior. *Aratasaurus museunacionali* constitui o primeiro coelurosauriano basal reconhecido na Bacia do Araripe, sendo sugestivo de que este grupo era amplamente distribuído durante o Cretáceo Inicial (Kellner & Campos, 1996; 2000; Martill et al., 1996; 2000; Kellner, 1999; Aureliano et al., 2018; Sayão et al., 2020). Diferentes autores consideraram a possibilidade de os restos de *Angaturama limai* representarem a terminação anterior do rosto de *Irritator challengerii* (Serenio et al., 1998; Sues et al., 2002).

Em relação aos dinossauros Ornithischia, tem-se apenas o registro de um osso, possivelmente um ísquio, reconhecido em uma concreção carbonática por Leonardi & Borgomanero (1981), e para os Sauropoda, até o momento não se tem registros formalizados de restos ósseos. A ocorrência de dinossauros terópodes carnívoros é um indicativo de que estes animais certamente ocupavam o topo da cadeia alimentar do ecossistema em que viviam, predando outros vertebrados como peixes, quelônios e até mesmo pterossauros. Buffetaut et al. (2004) identificaram marcas de mordidas de um espinossauro em uma vértebra cervical de pterossauro, confirmando a supremacia destes grandes répteis terrestres e carnívoros a partir da análise de uma importante interação ecológica registrada nos fósseis.

5.3.3.13 Coprólitos

Os coprólitos são relativamente comuns na Formação Romualdo, sendo comumente reconhecidos no interior das concreções carbonáticas nos níveis de folhelhos negros. Lima et al. (2007) sugeriram que a composição química por fosfato de cálcio dos coprólitos é sugestiva de que os produtores das fezes seriam peixes carnívoros.

Como já mencionado, os fósseis da Formação Romualdo são reconhecidos, principalmente, nas concreções carbonáticas dos níveis de folhelhos negros e nos níveis de carbonatos coquinoídes. Segundo Fürsich et al. (2019), as camadas de folhelhos negros contendo as concreções estão associadas a depósitos transgressivos de baixa energia, formando fundos disóxicos a anóxicos com deposição abaixo da zona das ondas de tempestade. Martill (1988) admitiu um evento de mortalidade em massa pelo aumento da salinidade das águas, fazendo com que uma grande quantidade de carcaças atingisse o substrato, o que conseqüentemente geraria condições anóxicas. Entretanto, Fürsich et al. (2019) identificaram que as concreções carbonáticas ocupam vários horizontes distintos nos folhelhos negros, portanto, a morte destes animais seria por causas naturais, e as condições anóxicas do substrato já existiriam independente disto.

Por outro lado, as concentrações de coquinas teriam se formado acima da zona de influência das ondas de tempestade, mas abaixo da zona das ondas tempo bom (Fürsich et al., 2019). Prado et al. (2018) elencaram dois tipos de depósitos de coquinas, um tipo 1 exibindo características de transporte e retrabalhamento dos bioclastos por tempestades em um contexto ambiental mais proximal; e um tipo 2 com bioclastos *in situ* e ainda articulados, sugerindo uma rápida sedimentação por tempestites em um contexto ambiental mais distal.

5.4 Considerações Finais

A sucessão sedimentar da Bacia do Araripe possui um importante registro dos eventos de evolução biológica do supercontinente Gondwana durante o final do Jurássico e início do Cretáceo. Durante o Cretáceo Inicial, o rifteamento do Gondwana foi acompanhado de modificações eustáticas e climáticas que interferiram diretamente na distribuição espacial e temporal da fauna e da flora, principalmente nas unidades do Grupo Santana, como as *Lagerstätten* Crato e Romualdo. O amplo desenvolvimento de lagos de rifte, bem como os episódios de ingressões marinhas associados aos eventos de transgressão do Aptiano, estão diretamente conectados com o processo tectônico de ruptura do Gondwana a partir do final do Jurássico, registrado pela Biotas Missão Velha, ao Cretáceo, com as Biotas Crato e Romualdo e suas faunas e floras características.

A Biota Missão Velha representa a formação de uma vasta floresta constituída essencialmente por coníferas (famílias Podocarpaceae, Cupressaceae e Araucariaceae) em áreas topograficamente mais altas, associada a sistemas deposicionais aluviais e lacustres em um contexto climático quente e úmido durante o final do Jurássico e início do Cretáceo. Nas águas do ambiente lacustre havia peixes ósseos, como *Mawsonia gigas* e cartilaginosos, como tubarões da família Hybodontidae, além de abundantes ostracodes e poucos bivalvíos e gastrópodes. Assinaturas tafonômicas de ossos de vertebrados indicam que o lago poderia receber material retrabalhado por incursões fluviais. Nas porções marginais do ambiente lacustre também podiam ser encontrados quelônios, crocodiliformes e, possivelmente, dinossauros terópodes. Devido às possíveis oscilações climáticas, o nível da água do ambiente lacustre poderia sofrer variações, gerando pequenos corpos d'água rasos e temporários, onde viviam os conchostráceos. No domínio continental, associado à floresta de coníferas, insetos (Isoptera e possivelmente Coleoptera, como indicado pela icnoespécie *Pluriramosus missaovelhensis*) perfuravam os troncos destes vegetais, e possivelmente deviam estar associados a outros táxons de artrópodes.

A abundância, a diversidade e o singular padrão de preservação dos fósseis de animais e vegetais da Formação Crato permitem o registro do que denominamos “Biota Crato”, caracterizada pela ampla variedade de invertebrados, vertebrados e vegetais que colonizaram um ecossistema durante o Aptiano. Neste ecossistema, tinha-se um ambiente lacustre, fechado, raso e hipersalino, sujeito a variações do nível da água a partir de oscilações climáticas entre momentos mais úmidos e mais áridos, no qual podiam viver plantas hidrófitas, grupos de insetos aquáticos, em especial larvas de Ephemeroptera e Odonata, crustáceos decápodes como a espécie *Beurlenia araripensis* e variados táxons de peixes, com domínio de *Dastilbe crandalli*. Em direção às porções mais rasas e marginais do lago estavam os crocodiliformes do gênero *Susisuchus*, em associação com quelônios da espécie *Araripemys barretoii*, os anfíbios *Cratopipa novaolidensis* e *Kururubatrachus gondwanicus* e os lagartos como *Tetrapodophis amplexus*. As oscilações climáticas do Aptiano poderiam gerar variações do nível de água dos lagos, resultando na formação de pequenos corpos d'água rasos e temporários nas áreas marginais de um corpo d'água lacustre perene. Neste contexto ambiental mais transicional do ecossistema havia plantas mesófitas, além de conchostráceos, insetos, anuros e crocodiliformes. Por fim, os segmentos completamente terrestres eram dominados por plantas xerófitas herbáceas, fungos, lagartos como *Calanguban alamoii*, e uma fauna de artrópodes altamente diversa, constituída por insetos, quilópodes, aranhas, escorpiões, uropígeos, amblipígeos e solífugos, além dos áca-

ros, pequenos aracnídeos que podiam parasitar outros animais. Por serem excelentes voadores, alguns grupos de insetos como libélulas, elcanídeos e mariposas, bem como os abundantes pterossauros e as aves *Cratoavis cearensis* e *Kaririavis mater* podiam transitar entre os mais variados ambientes do ecossistema discutido. A ocorrência das dinoturbações, e a descrição informal de uma espécie de Theropoda, sugerem que os dinossauros não avianos também estavam presentes, vivendo nas áreas marginais do ambiente lacustre, bem como vegetação adentro nas áreas terrestres.

Por fim, a Biota Romualdo também registra uma importante fauna e flora durante o Aptiano da Bacia do Araripe, entretanto, associada aos mares epicontinentais ou ambientes transicionais lagunares, cuja gênese está associada às ingressões marinhas do Aptiano. A ingressão tem uma origem a partir do Mar de Tétis, vindo de Norte e/ou Noroeste. Nos domínios marinhos havia uma abundante e diversificada fauna de peixes, em especial actinoptérgeos, mas também sarcopterígeos e peixes cartilaginosos. O caráter marinho dos depósitos da Formação Romualdo é também confirmado por fósseis de palinomorfos, como dinoflagelados e palinoforaminíferos, além de táxons marinhos de foraminíferos e ostracodes, um registro de um coral Scleractinia, gastrópodes, bivalvíos (incluindo um espécime de Rudista), equinoides, crustáceos decápodes e quelônios. Após os eventos de transgressão, o recuo dos mares pode formar embaixamentos que isolaram corpos lagunares hipersalinos, onde desenvolveram-se abundantes estromatólitos e esteiras microbianas. Neste ambiente viviam equinoides e, possivelmente, alguns quelônios como *Araripemys barretoii* e camarões como *Paleomattea deliciosa*. Nos ambientes marginais estavam crocodilos, também registrados por causa de um ovo, além de dinossauros espinossaurídeos, que certamente predavam os peixes ou até mesmo pterossauros. Nos ambientes terrestres, em associação com vegetações de coníferas e angiospermas, havia insetos ortópteros (e certamente outros artrópodes), além dos coelurosaurídeos das espécies *Santanaraptor placidus*, *Mirischia asymmetrica* e *Aratasaurus museunacionali*, predando outros vertebrados. Esta janela temporal registrada na Bacia do Araripe também inclui uma vasta diversidade e abundância de pterossauros, que certamente podiam pairar sobre os ares dos ambientes terrestres e marginais, predando pequenos vertebrados ou mesmo invertebrados, seja nos ambientes lagunares ou marinhos.

Em meio à ampla variedade de estudos paleontológicos que podem ser realizados em uma bacia sedimentar, e com o advento das metodologias cada vez mais computadorizadas na paleontologia, é inevitável pensar que um dos caminhos a serem traçados envolvendo os fósseis da Bacia do Araripe é o

da aplicabilidade de metodologias microscópicas, espectroscópicas e digitais. O alto potencial fossilífero das formações Brejo Santo, Missão Velha, Crato e Romualdo permite a realização destes estudos, gerando as mais diversas e robustas interpretações paleobiológicas. O uso de microscópios de grande aumento (como o microscópio eletrônico de varredura) e tomografias digitais (como os tomógrafos com luz síncrotron e outros microtomógrafos que geram imagens tridimensionais) no estudo dos fósseis permite o acesso a feições morfoanatômicas não visualizadas facilmente, podendo fornecer detalhes imprescindíveis para análises tafonômicas e filogenéticas. Além disso, a aplicação de espectroscópios para estudos geoquímicos envolvendo os fósseis também é um caminho a ser mais explorado, podendo resultar em importantes interpretações paleoambientais e paleoclimáticas mais detalhadas, que em associação às informações sedimentológicas e estratigráficas já vigentes, podem fornecer um arcabouço interdisciplinar envolvendo uma determinada unidade estratigráfica. Por fim, o alto potencial de preservação dos fósseis, em especial os das formações Crato e Romualdo, permite a realização de estudos morfológicos de partes moles, como tecidos e órgãos, sendo um importante campo de trabalho a ser explorado nos fósseis excepcionalmente preservados destas duas importantes Lagerstätten do tempo geológico.

Agradecimentos

Foi de grande importância a colaboração de Margot Guerra-Sommer, Isabela Degani-Schmidt, Paulo Marques Brito, José Artur Gomes de Andrade, Francisco Idalécio de Freitas, Ighor Dienes Mendes e Ingrid Martins Machado Garcia Veiga. O suporte financeiro para a consecução deste extenso trabalho foi fornecido pela Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ E-26/200.828/2021), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq 303596/2016-3 e CNPq 141216/2020-74) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Referências

Abreu, D., Viana, M.S.S., Oliveira, P.V., Viana, G.F. & Borges-Nojosa, D.M., 2020. First record of an amniotic egg from the Romualdo Formation (Lower Cretaceous, Araripe Basin, Brazil). *Rev. Bras. Paleontolog.* 23 (3), 185–193.

- Agnolin, F., Carvalho, I.S., Aranciaga, R.A.M., Nova, F.E., Xavier Neto, J., Andrade, J.A.F.G. & Freitas, F.I., 2020. Early Cretaceous neobatrachian frog (Anura) from Brazil sheds light on the origin of modern anurans. *J. S. Am. Earth Sci.* 101, 102633.
- Alencar, D.R., Pinheiro, A.P., Saraiva, A.A.F., Oliveira, G.R. & Santana, W., 2018. A new genus and species of Solenoceridae (Crustacea, Decapoda, Dendrobranchiata) from the Cretaceous (Aptian/Albian) of the Araripe sedimentary basin, Brazil. *Zootaxa* 4527, 494–500.
- Arai, M., 2006. Revisão estratigráfica do Cretáceo Inferior das bacias interiores do nordeste do Brasil. *Geocienc.* 25 (1), 7-15.
- Arai, M., 2014. Aptian/Albian (Early Cretaceous) paleogeography of the South Atlantic: a paleontological perspective. *Braz. J. Geol.* 44 (2), 339-350.
- Arai, M. & Coelho, P.S.M., 2001. Statistical analysis of palynological assemblages from the Aptian-Albian of the Araripe Basin, northeast Brazil: a case study of paleoenvironmental significance of Cretaceous terrestrial palynomorphs. *Publicación Especial – Asociación Paleontológica Argentina* 7, 25-28.
- Arai, M. & Assine, M.L., 2020. Chronostratigraphic constraints and paleoenvironmental interpretation of the Romualdo Formation (Santana Group, Araripe Basin, Northeastern Brazil) based on palynology. *Cretaceous Res.* 116, 104610.
- Arai, M., Hashimoto, A.T. & Uesugui, N., 1989. Significado cronoestratigráfico da associação microflorística do Cretáceo Inferior do Brasil. *Bol. Geociênc. Petrobrás* 3, 87-103.
- Araripe R.C., Oliveira, D.H.D., Tomé, M.E.T.R., Moura de Mello, R. & Barreto, A.M.F., 2021. Foraminifera and Ostracoda from the lower Cretaceous (Aptian–lower albian) Romualdo Formation, Araripe basin, northeast Brazil: Paleoenvironmental inferences. *Cretaceous Res.* 122, 104766.
- Assine, M.L., 1992. Análise estratigráfica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Rev. Bras. Geoc.* 22 (3), 289-300.
- Assine, M.L., 1994. Paleocorrente e Paleogeografia na Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Rev. Bras. Geoc.* 24 (4), 223-232.
- Assine, M.L., 2007. Bacia do Araripe. *Bol. Geociênc. Petrobrás* 15 (2), 371-389.
- Assine, M.L., Perinotto, J.A.J., Custódio, M.A., Neumann, V.H., Varejão, F.G. & Mescolotti, P.C., 2014. Sequências deposicionais do Andar Alagoas da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Bol. Geociênc. Petrobrás* 22 (1), 3-28.
- Aureliano, T., Ghilardi, A.M., Duque, R.R.C. & Barreto, A.M.F., 2014. On the occurrence of Pterosauria in Exu, Pernambuco (Lower Cretaceous Romualdo Formation, Araripe Basin), Northeastern Brazil. *Estudos Geológicos* 24 (2), 15-27.

- Aureliano, T., Ghilardi, A.M., Buck, P.V., Fabbri, M., Samathi, A., Delcourt, R., Fernandes, M.A. & Sander, M., 2018. Semi-aquatic adaptations in a spinosaur from the Lower Cretaceous of Brazil. *Cretaceous Res.* 90, 283-295.
- Báez, A.M., Moura, G.J.B. & Gómez, R.O., 2009. Anurans from the Lower Cretaceous Crato Formation of northeastern Brazil: implications for the early divergence of neobatrachians. *Cretaceous Res.* 30, 829-846.
- Báez, A.M., Muzzopappa, P. & Barbosa de Moura, G.J., 2021. The earliest records of pipimorph frogs from South America (Aptian, Crato Formation, Brazil): A Critical Evaluation, *Cretaceous Res.* 121, 104728.
- Bantim, R.A.M., Saraiva, A.A.F. & Sayão, J.M., 2014. Skull variation and the shape of the sagittal premaxillary crest in anhanguerid pterosaurs (Pterosauria, Pterodactyloidea) from the Araripe Basin, Northeast Brazil. *Hist. Biol.* 27 (6), 656-664.
- Bantim, R.A.M., Andrade, R.C.L.P., Ferreira, J.S., Saraiva, A.A.F., Kellner, A.W.A. & Sayão, J.M., 2021. Osteohistology and growth pattern of a large pterosaur from the Lower Cretaceous Romualdo Formation of the Araripe Basin, Northeastern Brazil. *Cretaceous Res.* 118, 104667.
- Barbosa, J.A., Hessel, M.H. & Neumann, V.H., 2004. Bivalves da Formação Crato, Bacia do Araripe. *Paleontologia em Destaque*, 20, 41-42.
- Barling, N., Martill, D.M., Heads, S.W. & Gallien, F., 2015. High fidelity preservation of fossil insects from the Crato Formation (lower Cretaceous) of Brazil. *Cretaceous Res.* 52, 602-622.
- Barling, N., Martill, D.M. & Heads, S.W., 2020. A geochemical model for the preservation of insects in the Crato Formation (Lower Cretaceous) of Brazil. *Cretaceous Res.* 116, 104608.
- Barling, N.T., Heads, S.W. & Martill, D.M., 2021. Behavioural impacts on the taphonomy of dragonflies (Odonata) from the Lower Cretaceous Crato Formation, Brazil. *Palaeontol.* 4 (3), 203.
- Barreto, A.M.F., Bertotti, A.L., Sylvester, P.J., Prado, L.A.C., Araripe, R.C., Oliveira, D.H., Tomé, M.E.T.R., Lemos, F.A.P., Nascimento, L.R.L., Pereira, P.A. & Albayrak, A.I. 2022. U/Pb geochronology of fossil fish dentine from Romualdo Formation, Araripe Basin, northeast of Brazil. *J. S. Am. Earth Sci.*, 116 (2022), 103774.
- Barros, C.L., Fambrini, G.L., Galm, P.C. & Agostinho, S., 2011. Ostracodes da Formação Brejo Santo (Neojurássico?), Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil: Implicações Paleoambientais e Sistemática Paleontológica. *Estudos Geológicos* 21 (1): 105-122.
- Barros, O.A., Silva, J.H., Saraiva, G.D., Viana, B.C., Paschoal, A.R., Freire, P.T.C., Oliveira, N.C., Paula, A.J., & Viana, M.S.S., 2019. Physicochemical Investigation of Shrimp Fossils from the Romualdo and Ipubi Formations (Araripe Basin). *PeerJ* 7, e6323.

Barros, O.A., Viana, M.S.S., Saraiva, A.A.F. & Silva, J.H. da., 2020. The first occurrence of fossil shrimps (Crustacea, Decapoda) in the Ipubi Formation (Lower Cretaceous, Araripe Basin). *Res., Soc. Dev.* 9 (8), e251985576-e251985576.

Barros, O.A., Viana, M.S., Silva, J.H., Saraiva, A.A.F. & Oliveira, P.V., 2021a. O Estudo de Camarões Fósseis no Brasil. *Anu. do Inst. de Geocienc.* 44, 1-12.

Barros, O.A., Viana, M.S., Viana, B.C., Silva, J.H., Paschoal, A.R., & Oliveira, P.D., 2021b. New data on *Beurlenia araripensis* Martins-Neto & Mezzalira, 1991, a lacustrine shrimp from Crato Formation, and its morphological variations based on the shape and the number of rostral spines. *PloS One* 16 (3), 1-24.

Batista, M.E.P., Kunzmann, L., Bezerra, F.I., Andrade, J.A.F.G., Sá, A.A. & Loiola, M.I.B., 2018. A new cheirolepidiaceous conifer *Pseudofrenelopsis salesii* sp. nov. from the Early Cretaceous of Brazil (Romualdo Formation, Araripe Basin): Paleocological and taphonomic significance. *Rev. Palaeobot. Palyno.* 258, 154-162.

Batista, M.E.P., Kunzmann, L., Sá, A.A., Saraiva, A.A.F. & Loiola, M.I.B., 2020. A New Species of *Brachyphyllum* from the Crato Formation (Lower Cretaceous), Araripe Basin, Brazil. *Ameghiniana* 57 (6), 519-533.

Batista, M.E.P., Martine, A.M., Saraiva, A.A.F., Lima, F.J., Barros, O.A., Sá, A.A.A. & Loiola, M.I.B., 2021. *Brachyphyllum*: State of the art and new data regarding *B. obesum*, the most representative fossil plant in the Araripe Basin, Brazil. *J. S. Am. Earth Sci.* 110, 103405.

Batista, Z.V., Valença, L.M.M., Fambrini, G.L., Silva, S.M.A., Neumann, V.H.M.L., Santos, C.A. & Barros, C.L., 2012. Análise de fácies da Formação Cariri, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Estudos Geológicos* 22 (1), 3-20.

Batten, D., 2007. Spores and pollen from the Crato Formation: Biostratigraphic and palaeoenvironmental implications. in: Martill, D., Bechly, G. & Loveridge, R. (Eds.), *The Crato fossil beds of Brazil: window into an ancient world*, Cambridge University Press, New York, pp. 566-574.

Beccari, V., Pinheiro, F.L., Nunes, I., Anelli, L.E., Mateus, O., & Costa, F.R., 2021. Osteology of an exceptionally well-preserved tapejarid skeleton from Brazil: Revealing the anatomy of a curious pterodactyloid clade. *PloS One* 16 (8), 1-43.

Benigno, A.N.A., Saraiva, A.Á., Sial, A.N. & Larcada, L.D., 2021. Mercury chemostratigraphy as a proxy of volcanic-driven environmental changes in the Aptian-Albian transition, Araripe Basin, northeastern Brazil. *J. S. Am. Earth Sci.* 107, 103020.

Bernardes-de-Oliveira, M.E.C., Sucerquia, P.A., Mohr, B., Dino, R., Antonioli, L., & Garcia, M.J., 2014. Indicadores paleoclimáticos na paleoflora do Crato, final do Aptiano do Gondwana norocidental. in: Carvalho, I.S., Cassab, R.C.T., Scwanke, C., Carvalho, M.A., Fernandes, A.C.S., Rodrigues, M.A.C., Carvalho, M.S.S., Arai, M. & Oliveira, M.E.Q. (Eds.), *Paleontologia: Cenários de Vida*. Editora Interciência, Rio de Janeiro, 5, 101-119.

Beurlen, K., 1962. A geologia da Chapada do Araripe. An. Acad. Bras. Cienc. 34 (3), 365-370.

Beurlen, K., 1963. Geologia e estratigrafia da Chapada do Araripe. In: 17º Congresso Nacional de Geologia, Recife, Anais, 47p.

Bezerra, F.I., Silva, J.H., Paula, A.J., Oliveira, N.C., Paschoal, A.R., Freire, P.T., Viana Neto, B.C. & Mendes, M., 2018. Throwing light on an uncommon preservation of Blattodea from the Crato Formation (Araripe Basin, Cretaceous), Brazil. Rev. Bras. Paleontolog. 21 (3), 245-254.

Bezerra, F.I., Silva, J.H., Miguel, E.C., Paschoal, A.R., Nascimento Jr., D.R., Freire, P.T.C., Viana, B.C. & Mendes, M., 2020. Chemical and mineral comparison of fossil insect cuticles from Crato Konservat Lagerstätte, Lower Cretaceous of Brazil. J. Iber. Geol. 46, 61-76.

Bezerra, F.I., Og, D., Ribeiro, G.C. & Márcio, M., 2021a. A new primitive termite (Isoptera) from the Crato Formation, Araripe Basin, early cretaceous of South America, J. S. Am. Earth Sci. 109, 103260.

Bezerra, F.I., Solózar-Kraemer & Mendes, M., 2021b. Distinct preservational pathways of insects from the Crato Formation, Lower Cretaceous of the Araripe Basin, Brazil. Cretaceous Res. 118. 104631.

Bobco, F.E.R., Goldberg, K. & Bardola, T., 2017. Modelo deposicional do Membro Ipubi (Bacia do Araripe, nordeste do Brasil) a partir da caracterização faciológica, petrográfica e isotópica dos evaporitos. Pesqui. em Geocienc. 44 (3), 431-451.

Bom, M.H.H., Karlos, D.C., & Kochhann, G.D., 2021. Paleoenvironmental evolution of the Aptian Romualdo Formation, Araripe Basin, Northeastern Brazil. Global Planet. Change 203, 103528.

Brandão, N.C.A., Bittencourt, J.S., Calor, A.R., Mendes, M. & Langer, M.C., 2021. The Ephemeroptera (Hexapoda, Insecta) from the Lower Cretaceous Crato Formation (NE Brazil): a new genus and species, and reassessment of *Costalimella zucchi* Zamboni, 2001 and *Cratogenites corradinae* Martins-Neto, 1996. Cretaceous Res. 127, 104923.

Brito, L.M., 1987. As unidades litoestratigráficas da passagem Jurássico-Cretáceo do Nordeste do Brasil. Rev. Bras. Geoc. 17 (2), 81-85.

Brito, P. & Yabumoto, Y., 2011. An updated review of the fish faunas from the Crato and Santana formations in Brazil, a close relationship to the Tethys fauna. Bull. Kitak. Mus. Nat. Hist. Hum. Hist. Ser. A Nat. Hist. 9.

Brito, P.M., Bertini, R.J., Martill, D.M. & Salles, L.J., 1994. Vertebrate fauna from the Missão Velha Formation (Lower Cretaceous, N.E. Brazil). In: 3º Simpósio sobre as Bacias Cretácicas Brasileiras. UNESP, Rio Claro, pp. 139-140.

Brito-Neves, B.B., Santos, E.J. & Van Schmus, W.R., 2000. Tectonic history of the Borborema Province, Northeastern Brazil. in: Cordani, U.G., Milani, E.J., Thomaz Filho, A. & Campos, D.A. (Eds.), Tectonic Evolution of South America. 31st International Geological Congress, pp. 151-182.

Buchmann, R., Holgado, B., Sobral, G., Avilla, L.S. & Rodrigues, T., 2021. Quantitative assessment of the vertebral pneumaticity in an anhanguerid pterosaur using micro-CT scanning. *Sci. Rep-UK* 11 (1), 18718.

Buffetaut, E., Martill, D. & Escuillié, F., 2004. Pterosaurs as part of a spinosaur diet. *Nature* 430, 33.

Caldwell, M.W., Reisz, R., Nydam, R., Palci, A. & Simões, T.R., 2016. *Tetrapodophis amplectus* (Crato Formation, Lower Cretaceous, Brazil) is not a snake. *In: Program and Abstracts. Society of Vertebrate Paleontology.* 108p.

Caldwell, M.W., Simões, T.R., Palci, A., Garberoglio, F.F., Reisz, R.R., Lee, M.S.Y. & Nydam, R.L., 2021. *Tetrapodophis amplectus* is not a snake: re-assessment of the osteology, phylogeny and functional morphology of an Early Cretaceous dolichosaurid lizard. *J. Syst. Palaeontol.* 19, 893-952.

Campos, D.A. & Kellner, A.W.A., 1997. Short note on the first occurrence of Tapejaridae in the Crato Member (Aptian), Santana Formation, Araripe Basin, Northeastern Brazil. *An. Acad. Bras. Cienc.* 69, 83-87.

Carmo, D.D.D., Lamas, C.J.E. & Ribeiro, G.C., 2022. The oldest fossil Stiletto fly: a new genus and species from the Lower Cretaceous Crato Formation of Brazil (Diptera: Therevidae). *Cretaceous Res.* 130, 105039.

Carvalho, A.R.A., Oliveira, G.R. & Barreto, A.M.F., 2019. New occurrences of fossil Testudines of the Romualdo Formation, Aptian-Albian of the Araripe Basin, Pernambuco, Northeast Brazil. *J. S. Am. Earth Sci.* 94, 102211.

Carvalho, I.S. & Melo, J.H.G., 2012. Bacias Interiores do Nordeste. in: Hasiu, Y., Carneiro, C.D., Almeida, F.F.M. & Bartorelli, A. (Eds.), *Geologia do Brasil*, Beca, São Paulo, pp. 502-509.

Carvalho, I.S., 2000. Geological environments of dinosaur footprints in the intracratonic basins from Northeastern Brazil during the South Atlantic opening (Early Cretaceous). *Cretaceous Res.* 21, 255-267.

Carvalho, I.S., 2014. Conchostráceos das Bacias Interiores do Nordeste Brasileiro: Indicadores Climáticos do Cretáceo Inferior. in: Carvalho, I.S., Garcia, M.J., Lana, C.C. & Strohschoen Jr., O. (Eds.), *Paleontologia: Cenários de Vida – Paleoclimas*, Editora Interciência, Rio de Janeiro, 5, pp.121-134.

Carvalho, I.S. & Viana, M.S.S., 1993. Os conchostráceos da Bacia do Araripe. *An. Acad. Bras. Cienc.* 65 (2), 181-188.

- Carvalho, I.S., Viana, M.S.S. & Lima Filho, M., 1995. Os icnofósseis de dinossauros da Bacia do Araripe (Cretáceo Inferior, Ceará – Brasil). *An. Acad. Bras. Cienc.* 433-442.
- Carvalho, I.S., Freitas, F.I. & Neumann, V., 2012. Chapada do Araripe. in: Hasiu, Y., Carneiro, C.D., Almeida, F.F.M. & Bartorelli, A. (Eds.), *Geologia do Brasil*, Beca, São Paulo, pp. 510-513.
- Carvalho, I.S., Novas, F.E., Agnolín, F.L., Isasi, M.P., Freitas, F.I. & Andrade, J.A., 2015a. A new genus and species of enantiornithine bird from the Early Cretaceous of Brazil. *Braz. J. Geol.* 45, 161-171.
- Carvalho, I.S., Novas, F.E., Agnolín, F.L., Isasi, M.P., Freitas, F.I. & Andrade, J.A., 2015b. A Mesozoic bird from Gondwana preserving feathers. *Nat. Comm.* 6, 714-7146.
- Carvalho, I.S., Agnolin, F., Aranciaga, R.M.A., Novas, F.E., Xavier-Neto, J., Freitas, F.I. & Andrade, J.A.F.G., 2019. A new genus of pipimorph frog (Anura) from the early Cretaceous Crato formation (aptian) and the evolution of South American tongueless frogs. *J. S. Am. Earth Sci.* 92, 222-233.
- Carvalho, I.S., Agnolin, F.L., Rozadilla, S., Novas, F.E., Andrade, J.A.F.G. & Xavier-Neto, J., 2021a. A new ornithuromorph bird from the Lower Cretaceous of South America. *J. Vertebr. Paleontol.* e1988623.
- Carvalho, I.S., Leonardi, G., Rios-Netto, A.M., Borghi, L., Freitas, A.P., Andrade, J.A. & Freitas, F.I., 2021b. Dinosaur trampling from the Aptian of Araripe Basin, NE Brazil, as tools for paleoenvironmental interpretation. *Cretaceous Res.* 117, 104626.
- Cerqueira, G.M., Santos, M.A.C., Marks, M.F., Sayão, J.M. & Pinheiro, F.L., 2021. A new azhdarchoid pterosaur from the Lower Cretaceous of Brazil and the paleobiogeography of the Tapejaridae. *Acta Palaeontol. Pol.* 66 (3), 555-570.
- Chagas, D.B., 2006. Litoestratigrafia da bacia do Araripe: Reavaliação e propostas para revisão. Dissertação (Mestrado em Geociências). Universidade Estadual Paulista, Programa de Pós-graduação em Geologia Regional, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 112p.
- Chagas, D.B., Assine, M.L. & Freitas, F.I., 2007. Fácies sedimentares e ambientes deposicionais da Formação Barbalha no Vale do Cariri, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Geocienc.* 26, 512-521.
- Coimbra, J.C. & Freire, T.M., 2021. Age of the Post-Rift Sequence I from the Araripe Basin, Lower Cretaceous, NE Brazil: Implications for spatio-temporal correlation. *Rev. Bras. Paleontolog.* 24 (1), 37-46.
- Coimbra, J.C., Arai, M. & Carreño, A.L., 2002. Biostratigraphy of Lower Cretaceous microfossils from the Araripe Basin, northeastern Brazil. *Geobios.* 35 (6), 687-698.

Cordani, U.G., Milani, E.J., Thomaz Filho, A. & Campos, D.A., 2000. Tectonic evolution of South America. Rio de Janeiro. *In*: 31st International Geological Congress, 854p.

Cupello, C.D., Bermúdez-Rochas, D.D., Martill, D.M. & Brito, P.M., 2012. The Hybodontiformes (Chondrichthyes: Elasmobranchii) from the Missão Velha Formation (?Lower Cretaceous) of the Araripe Basin, North-East Brazil. *C. R. Palevol.* 11 (1) 41-47.

Cupello, C.D., Batista, T.A., Fragoso, L.G. & Brito, P.M., 2016. Mawsoniid remains (Sarcopterygii: Actinistia) from the lacustrine Missão Velha Formation (Lower Cretaceous) of the Araripe Basin, North-East Brazil. *Cretaceous Res.* 65, 10-16.

Custódio, M.A., Quaglio, F., Warren, L.V., Simões, M.G., Fürsich, F.T., Perinotto, J.A.J. & Assine, M.L., 2017. The transgressive-regressive cycle of the Romualdo Formation (Araripe Basin): Sedimentary archive of the Early Cretaceous marine ingression in the interior of Northeast Brazil. *Sediment. Geol.* 359, 1-15.

Dias, J.J. & Carvalho, I.S., 2020. Remarkable fossil crickets preservation from Crato Formation (Aptian, Araripe Basin), a Lagerstätten from Brazil. *J. S. Am. Earth Sci.* 98, 102443.

Dias, J.J. & Carvalho, I.S., 2022. The role of microbial mats in the exquisite preservation of Aptian insect fossils from the Crato Lagerstätte, Brazil. *Cretaceous Res.* 130, 105068.

Downen, M. R., 2014. The taxonomy and taphonomy of fossil spiders from the Crato Formation of Brazil. Master of Science. Faculty of the Graduate School of the University of Kansas, Department of Geology, Kansas, 88 p.

Downen, M.R. & Selden, P.A., 2021. The earliest palpimanid spider (Araneae: Palpimanidae), from the Crato Fossil-Lagerstätte (Cretaceous, Brazil). *J. Arachnol.* 49: 91-97.

Dunlop, A., Menon, F. & Selden, P.A., 2007. Arachnida: Spiders, Scorpions and Allies. *in*: Martill, D., Bechly, G. & Loveridge, R. (Eds.), *The Crato fossil beds of Brazil: window into an ancient world*, Cambridge University Press, New York, pp. 103-132.

Duque, R.R.C. & Barreto, A.M.F., 2018. Novos Sítios Fossilíferos da Formação Romualdo, Cretáceo Inferior, Bacia do Araripe, Exu, Pernambuco, Nordeste do Brasil. *Anu. do Inst. de Geocienc.* 41 (1), 05-14.

Fambrini, G.L., Lemos, D.R., Tesser Jr., S., Araújo, J.T., Silva-Filho, W.F., Souza, B.Y., & Neumann, V.H., 2011. Estratigrafia, Arquitetura Depositional e Faciologia da Formação Missão Velha (Neojurássico-Eocretáceo) na Área-Tipo, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil: Exemplo de Sedimentação de Estágio de Início de Rifte a Clímax de Rifte. *Rev. do Inst. Geocienc.* 11 (2), 55-87.

Fambrini, G.L., Neumann, V.H., Barros, C.L., Silva, S.M., Galm, P.C., & Filho, J.A., 2013. Análise estratigráfica da Formação Brejo Santo, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil: implicações paleogeográficas. *Rev. do Inst. Geocienc.* 13 (4), 3-28.

Fambrini, G.L., Neumann, V.H., Menezes-Filho, J.A.B., da Silva-Filho, W.F. & de Oliveira, É.V., 2017. Facies architecture of the fluvial Missão Velha Formation (Late Jurassic–Early Cretaceous), Araripe Basin, Northeast Brazil: paleogeographic and tectonic implications. *Acta Geol. Pol.* 67 (4), 515–545.

Fambrini, G.L., Tesser Jr., S., Neumann, V.H., Souza, B.Y.C. & Silva Filho, W.F., 2020. Fácies e Sistemas Depositionais na Área-Tipo da Formação Missão Velha, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Estudos Geológicos.* 19 (1), 161-190.

Fielding, S., Martill, D.M. & Naish, D., 2005. Solnhofen-style soft-tissue preservation in a new species of turtle from the crato formation (Early Cretaceous, Aptian) of North-east Brazil. *Palaeontology* 48, 1301–1310.

Fransozo, A. & Negreiros-Fransozo, M.L., 2017. *Zoologia dos Invertebrados*. 1ed., v. 2, Roca, Rio de Janeiro, 1044 p.

Freitas, F.I., Hessel, M.H., & Neto, J.D., 2008. Troncos fósseis da Formação Missão Velha na porção leste da Bacia do Araripe, Ceará. *Rev. Geol.* 21 (2), 193-206.

Freitas, L.C.B., Moura, G.J.B. & Saraiva, A.A.F., 2016. First Occurrence and Paleo-Ecological Implications of Insects (Orthoptera: Ensifera Gryllidae) in the Romualdo Member of the Santana Formation, Eo-Cretaceous of the Araripe Basin. *An. Acad. Bras. Cienc.* 88 (4), 2113-2120.

Frey, E. & Martill, D.M., 1994. A new pterosaur from the Crato Formation (Lower Cretaceous, Aptian) of Brazil. *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.* 194, 379-412.

Frey, E. & Salisbury, S.W., 2007. Crocodylians of the Crato Formation: evidence for enigmatic species. in: Martill, D., Bechly, G. & Loveridge, R. (Eds.), *The Crato fossil beds of Brazil: window into an ancient world*, Cambridge University Press, New York, pp. 463-474.

Frey, E., Martill, D.M. & Buchy, M., 2003a. A new crested ornithocheirid from the Lower Cretaceous of northeastern Brazil and the unusual death for an unusual pterosaur. in: Buffetaut, E. & Mazin, J.M. (Eds.), *Evolution and Paleobiology of Pterosaurs*. Geological Society Special Publications, Londres, 217, pp. 55-63.

Frey, E., Martill, D.M. & Buchy, M., 2003b. A new species of tapejarid pterosaur with soft-tissue head crest. in: Buffetaut, E. & Mazin, J.M. (Eds.), *Evolution and Paleobiology of Pterosaurs*, Geological Society Special Publications, Londres, 217, pp. 65-72.

Fürsich, F.T., Custódio, M.A., Matos, A.M., Hethke, M., Quaglio, F., Warren, L.V., Assine, M.L. & Simões, M.G., 2019. Analysis of a late aptian (cretaceous) high-stress ecosystem: the Romualdo formation of the Araripe Basin, northeastern Brazil. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 95, 268–296.

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, 20p.

Gaffney, E.S., Tong, H., & Meylan, P.A., 2006. Evolution of the side-necked turtles: The families Bothremydidae, Euraxemydidae, and Araripemydidae. *Bull. Am. Mus. Nat.* 300, 698p.

Garcia, H.R.C., 2009. Arquitetura deposicional e evolução tectono-estratigráfica das sequências pré-rifte e rifte, na porção central do Vale do Cariri, Bacia do Araripe, NE do Brasil. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica; Geofísica). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 123p.

Goldberg, K., Premaor, E., Bardola, T. & Souza, P.A., 2019. Aptian marine ingression in the Araripe Basin: implications for paleogeographic reconstruction and evaporite accumulation. *Mar. Petrol. Geol.* 107, 214-221.

Gomes, J.M.P., Rios-Netto, A.M., Borghi, L., Carvalho, I.S., Filho, J.G.M., Sabaraense, L.D. & Araújo, B.C., 2021. Cyclostratigraphic analysis of the early Cretaceous laminated limestones of the Araripe Basin, NE Brazil: Estimating sedimentary depositional rates. *J. S. Am. Earth Sci.* 112 (1), 103563.

Gratzer, R., Neumann, V.H., Vortisch, W., Rocha, D.E.A. & Bechtel, A., 2013. Stable isotopes of organics and inorganics, clay mineralogy and chemical environment of an Aptian lacustrine succession in northeastern Brazil. *Geol. Soc. Spec. Publ.* 382 (1), 157-183.

Guerra-Sommer, M., Sieglösch, A.M., Degani-Schmidt, I., Santos, A.C.S., Carvalho, I.S., Andrade, J.A.F.G. & Freitas, F.I., 2021. Climate change during the deposition of the Aptian Santana Formation (Araripe Basin, Brazil): Preliminary data based on wood signatures. *J. S. Am. Earth Sci.* 111, 103462.

Hashimoto, A.T., Appi, C.J., Soldan, A.L. & Cerqueira, J.R., 1987. O Neo-Alagoas nas bacias do Ceara, Araripe e Potiguar (Brasil): caracterização estratigráfica e paleoambiental. *Rev. Bras. Geoc.* 17 (2), 118-122.

Headden, J.A. & Campos, H.B.N., 2014. An unusual edentulous pterosaur from the Early Cretaceous Romualdo Formation of Brazil. *Hist. Biol.* 27 (7), 815-826.

Heads, S.W., Miller, A.N., Crane, J.L., Thomas, M.J., Ruffatto, D.M., Methven, A.S., Raudabaugh, D.B. & Wang, Y., 2017. The oldest fossil mushroom. *PloS One* 12 (6), e0178327.

Heads, S.W., Jared Thomas, M. & Wang, Y., 2018. A new genus and species of elcanidae (Insecta: Orthoptera) from cretaceous burmese amber. *Zootaxa* 4527 (4), 575-580.

- Heimhofer, U. & Hochuli, P.A., 2010. Early Cretaceous angiosperm pollen from a low-latitude succession (Araripe Basin, NE Brazil). *Rev. Palaeobot. Palyno.* 161, 105-126.
- Heimhofer, U., Ariztegui, D., Lenniger, M., Hesselbo, S.P., Martill, D.M. & Rios-Netto, A.M., 2010. Deciphering the depositional environment of the laminated Crato fossil beds (Early Cretaceous, Araripe Basin, North-eastern Brazil). *Sedimentology* 57, 677-694.
- Hirayama, R., 1998. Oldest known sea turtle. *Nature* 392, 705-708.
- Hofmann, C.-C. & Seyfullah, L.J., 2020. Lower Cretaceous Crato clay samples revisited: some new results from scanning electron microscope investigations of *Afropollis* pollen. *Grana* 60 (3).
- Iniesto, M., Gutiérrez-Silva, P., Dias, J.J., Carvalho, I.S., Buscalioni, A.D., & López-Archilla, A.I., 2021. Soft tissue histology of insect larvae decayed in laboratory experiments using microbial mats: Taphonomic comparison with Cretaceous fossil insects from the exceptionally preserved biota of Araripe, Brazil. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 564, 110156.
- Jouault, C. & Nel, A., 2021. A new myrmeleontoid genus and species from the Lower Cretaceous Crato Formation (Neuroptera, Babinskaiidae). *Palaeontomol.* 4, 204-208.
- Kellner, A.W.A., 1984. Ocorrência de uma mandíbula de pterosauria (*Brasileodactylus araripeensis*, nov. gen.: nov. sp.) na Formação Santana, Cretáceo da Chapada do Araripe, Ceará-Brasil. *In: Anais XXXIII Cong. Brasil. de Geol.*, Rio de Janeiro, pp. 578-590.
- Kellner, A.W.A., 1987. Ocorrência de um novo crocodiliano no Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *An. Acad. Bras. Cienc.* 59, 219-232.
- Kellner, A.W.A., 1999. Short note on a new dinosaur (Teropoda, Coelurosauria) from the Santana Formation (Romualdo Member, Albian), northeastern Brazil. *Bol. Mus. Nac. Geol.* 49, 1-8.
- Kellner, A.W.A., 2004. New information on the Tapejaridae (Pterosauria, Pterodactyloidea) and discussion of the relationships of this clade. *Ameghiniana* 41, 521-534.
- Kellner, A.W.A., 2013. A new unusual tapejarid (Pterosauria, Pterodactyloidea) from the Early Cretaceous Romualdo Formation, Araripe Basin, Brazil. *Earth Environ. Sci. Trans. R. Soc. Edinb.* 103, 409-421.
- Kellner, A.W.A. & Campos, D.A., 1996. First Early Cretaceous theropod dinosaur from Brazil with comments on Spinosauridae. *N. Jahrb. Geol. Paläontol. A*, 199, 151-166.

Kellner, A.W.A. & Campos, D.A., 2000. Brief Review of Dinosaur Studies and Perspectives in Brazil. *An. Acad. Bras. Cienc.* 72 (4), 509-538.

Kellner, A.W.A., Campos, D.A., Sayão, J.M., Saraiva, A.A.F., Rodrigues, T., Oliveira, G., Cruz, L.A., Costa, F.R., Silva, H.P. & Ferreira, J.S., 2013. 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. *An. Acad. Bras. Cienc.* 85 (1), 113-135.

Kroth, M., Borghi, L., Bobco, F.E.R., Araújo, B.C., Silveira, L.F., Duarte, G., Ferreira, L.O., Guerra-Sommer, M. & Mendonça, J.O., 2021. Aptian shell beds from the Romualdo Formation (Araripe Basin): Implications for paleoenvironment and paleogeographical reconstruction of the Northeast of Brazil. *Sediment. Geol.* 426, 106025.

Lapparent de Broin, F., 2000. The oldest pré-Podocnemidid turtle (Chelonii, Pleurodira), from the early Cretaceous, Ceará state, Brasil, and its environment. *Traballs Del Museu de Geologia de Barcelona* 9, 43-95.

Leal, M.E.C. & Brito, P.M., 2006. Anura do Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. in: Gallo, V., Brito, P.M., Silva, H.M.A. & Figueiredo, F.J. (Eds.), *Paleontologia de Vertebrados. Grandes Temas e Contribuições Científicas*, Editora Interciência, Rio de Janeiro, pp. 145–152.

Legalov, A.A., 2021. First record of the family Chilecarinae (Coleoptera; Ithyceridae) from the Upper Cretaceous Arkagala Formation, Magadan Region, Russian Far East. *Cretaceous Res.* 128, 105001.

Leonardi, G. & Borgomanero, G., 1981. Sobre uma possível ocorrência de *Ornithischia* na Formação Santana, Chapada do Araripe (Ceará), *Rev. Bras. Geoc.* 11 (1), 1-4.

Leonardi, G. & Borgomanero, G., 1985. *Cearadactylus atrox* nov. gen., nov. sp.: novo Pterosauria (Pterodactyloidea) da Chapada do Araripe, Ceará, Brasil. *In: Resumos das comunicações do VIII Congresso Brasileiro de Paleontologia e Estratigrafia*, Rio de Janeiro, 80 pp.

Lima, F.J., Saraiva, A.Á., & Sayão, J.M., 2012. Revisão da Paleoflora das Formações Missão Velha, Crato e Romualdo, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Estudos Geológicos.* 22 (1), 99-115.

Lima, M.R., 1978. Palinologia da Formação Santana (Cretáceo do nordeste do Brasil). Introdução geológica e descrição sistemática dos esporos da subturma Azonotriletes. *Ameghiniana* 15, 333-365.

Lima, R.J.C., Freire, P.T.C., Sasaki, J.M., Saraiva, A.A.F., Lanfredi, S. & Nobre, M.A.L., 2007. Estudo de coprólitos da Bacia sedimentar do Araripe por meios de espectroscopia FT-IR e difração de raios-x. *Quim. Nova.* 30, 1956 – 1958.

- Limaverde, S., Pêgas, R.V., Damasceno, R., Villa, C., Oliveira, G.R., Bonde, N. & Leal, M.E.C., 2020. Interpreting character variation in turtles: *Araripemys barretoï* (Pleurodira: Pelomedusoides) from the Araripe Basin, Early Cretaceous of Northeastern Brazil. PeerJ 8, e9840.
- Lindoso, R.M. & Carvalho, I.S., 2021. The Cretaceous fishes of Brazil: a paleobiogeographic perspective. in: Pradel, A., Denton, J.S.S. & Janvier, P. (Eds.), Ancient Fishes and their Living Relatives: a Tribute to John G. Maisey, Verlag Dr. Friedrich Pfeil, Germany, pp. 233-238.
- López-Arbarello, A., 2012. Phylogenetic Interrelationships of Ginglymodian Fishes (Actinopterygii: Neopterygii). PlosOne 7 (7), e39370.
- Lopes, G.L.B. & Barreto, A.M.F., 2021. Paleoecological and biomechanical inferences regarding the paleoichthyofauna of the Romualdo Formation, Aptian-Albian of the Araripe Basin, state of Pernambuco, northeastern Brazil. J. S. Am. Earth Sci. 111, 103444.
- Luque, J., 2015. A puzzling frog crab (Crustacea: Decapoda: Brachyura) from the Early Cretaceous Santana Group of Brazil: frog first or crab first? J. Syst. Palaeontol. 13 (2), 153–166.
- Magalhães-Ribeiro, C.M., Carvalho, I.S., Freitas, I.F. & Andreda, J.F., 2011. Um ovo de crocodiliforme do Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe. in: Carvalho, I.S., Srivastava, N.K., Strohschoen Jr., O. & Lana, C.C. (Eds.), Paleontologia: Cenários de Vida, Editora Interciência, Rio de Janeiro, 4, pp. 663-668.
- Maisey, J.G., 1991. Santana Fossils. An illustrated atlas. Neptune, New Jersey, T.F.H. 459 p.
- Maisey, J.G., 2000. Continental break up and the distribution of fishes of western Gondwana during the Early Cretaceous. Cretaceous Res. 21, 281–314.
- Maisey, J.G. & Carvalho, M.D.G.P., 1995. First records of fossil sergestid decapods and fossil brachyuran crab larvae (Arthropoda, Crustacea), with remarks on some supposed palaemonid fossils, from the Santana Formation (Aptian- Albian, NE Brazil). Am. Mus. Novit. 3132, 1–17.
- Marques, F.O., Nogueira, F.C., Bezerra, F.H., & Castro, D.L., 2014. The Araripe Basin in NE Brazil: An intracontinental graben inverted to a high-standing horst. Tectonophysics 630: 251-264.
- Martill, D.M., 1988. Preservation of fish in the Cretaceous Santana Formation of Brazil. Palaeontology 31, 1-18.
- Martill, D.M., 2007a. Chilopoda: centipedes. in: Martill, D., Bechly, G. & Loveridge, R. (Eds.), The Crato fossil beds of Brazil: window into an ancient world, Cambridge University Press, New York, pp. 97-102.

- Martill, D.M., 2007b. Lizards of the Crato Formation. in: Martill, D., Bechly, G. & Loveridge, R. (Eds.), *The Crato fossil beds of Brazil: window into an ancient world*, Cambridge University Press, New York, pp. 475-524.
- Martill, D.M., 2007c. *The Crato Fossil Beds of Brazil: Window into an Ancient World*. Cambridge University Press (Cambridge), p. 475-524.
- Martill, D.M., 2007d. The age of the Cretaceous Santana Formation fossil Konservat Lagerstätte of north-east Brazil: a historical review and an appraisal of the biostratigraphic utility of its palaeobiota. *Cretaceous Res.* 28 (6), 895-920.
- Martill, D.M. & Bechly, G., 2007. Introduction to the Crato Formation. in: Martill, D., Bechly, G. & Loveridge, R. (Eds.), *The Crato fossil beds of Brazil: window into an ancient world*, Cambridge University Press, New York, pp. 3-7.
- Martill, D.M., Cruickshank, A.R.I., Frey, E., Small, P.G. & Clarke, M., 1996. A new crested maniraptoran dinosaur from the Santana Formation (Lower Cretaceous) of Brazil. *J. Geol. Soc.* 153, 5-8.
- Martill, D.M., Frey, E., Sues, H.D. & Cruickshank, A.R.I., 2000. Skeletal remains of a small theropod dinosaur with associated soft structures from the Lower Cretaceous Santana Formation of northeastern Brazil. *Can. J. Earth Sci.* 37, 891-900.
- Martill, D.M., Loveridge, R.F., De Andrade, J.A.F.G. & Cardoso, A.H., 2005. An unusual occurrence of amber in laminated limestones: The Crato Formation Lagerstätte (Early Cretaceous) of Brazil. *Palaeontology* 48, 1399-1408.
- Martill, D.M., Tischlinger, H. & Longrich, N.R., 2015. A four-legged snake from the Early Cretaceous of Gondwana. *Science* 349 (6246), 416-419.
- Martill, D.M., Brito, P.M. & Donovan, S.K., 2020. There are rudists in Brazil! Derived examples of cf. *Amphitriscoelus* Harris and Hodson, 1922, in the Araripe Basin, north-east Brazil: implications for dating of the fossil Lagerstätten of the Santana and Crato formations. *Cretaceous Res.* 120, 104718.
- Martine, A.M., 2013. Reconstituições de cenários paleoambientais cretácicos: Membro Crato (Formação Santana, Bacia do Araripe) e Formação Adamantina (Bacia Bauru). Dissertação. Universidade de Campinas.
- Martins-Neto, R.G., 1987. Primeiro registro de decápode na Formação Santana, Bacia do Araripe (Cretáceo Inferior), Brasil. *Ciênc. Cult.* 39, 406-410.
- Matos, R.M.D., 1992. The northeast Brazilian rift system. *Tectonics*. 11: 766-791.
- Matos, R.M.D., Krueger, A., Norton, I. & Casey, K., 2021. The fundamental role of the Borborema and Benin-Nigeria provinces of NE Brazil and NW Africa during the development of the South Atlantic Cretaceous Rift System. *Mar. Petro. Geol.* 127, 104872.

- Melo, B.G.V. & Carvalho, I.S., 2017. A Fauna da Formação Brejo Santo, Neojurássico da Bacia do Araripe, Brasil: Interpretações Paleoambientais. *Anu. do Inst. de Geocienc.* 40 (3), 62-74.
- Melo, R.M., Guzmán, J., Almeida-Lima, D., Piovesan, E.K., Neumann, V.H.M.L. & Sousa, A.J., 2020. New marine data and age accuracy of the Romualdo Formation, Araripe Basin, Brazil. *Sci. Rep.-UK*, 10, 15779.
- Mendes, M., Bezerra, F.I. & Adami, K., 2020. Ecosystem Structure and Trophic Network in the Late Early Cretaceous Crato Biome. in: Iannuzzi, R., Rößler R. & Kunzmann L. (Eds.), *Brazilian Paleofloras*, Springer Nature, Switzerland, pp. 1-19.
- Menon, F., 2007. Higher Systematics of Scorpions from the Crato Formation, Lower Cretaceous of Brazil. *Palaeontology* 50 (1), 185–195.
- Menon, F. & Martill, D.M., 2007. Taphonomy and preservation of Crato Formation arthropods. in: Martill, D., Bechly, G. & Loveridge, R. (Eds.), *The Crato fossil beds of Brazil: window into an ancient world*, Cambridge University Press, New York, pp. 79– 96.
- Mohr, B., Bernardes-de-Oliveira, M.E.C. & Loveridge, B., 2007. The macrophyte flora of the Crato Formation. in: Martill, D., Bechly, G. & Loveridge, R. (Eds.), *The Crato fossil beds of Brazil: window into an ancient world*, Cambridge University Press, New York, pp. 537-565.
- Moura, P.H.A.G., Costa, F.R., Anelli, L.E. & Nunes, I., 2021. A new genus of fossil frog (Anura) from lower Cretaceous deposits in South America. *An. Acad. Bras. Cienc.* 93 (2), e20191560.
- Moura-Júnior, D.A., Scheffler, S. & Fernandes, A., 2018. The Brazilian Fossil Insects: Current Scenario. *Anu. do Inst. de Geocienc.* 41 (1), 142-166.
- Moura-Júnior, D.A., Scheffler, S.M., Nel, A. & Mejdalani, G., 2021a. *Paranoikidae zamboni*, Martins-Neto & Popov, 2002, a junior synonym of Belostomatidae Leach, 1815 (Hemiptera: Heteroptera): redescription of a giant water bug from Crato Formation, Lower Cretaceous of Brazil. *Cretaceous Res.* 124, 104796.
- Moura-Júnior, D.A., Scheffler, S.M., Moreira, F.F.F., Nel, A. & Mejdalani, G., 2021b. First record of a shore bug (Insecta, Hemiptera, Saldidae) from Gondwana. *J. Paleontol.* 95 (1), 133-140.
- Murray, J.W., 1991. *Ecology and Palaeoecology of Benthic Foraminifera*. Logman Scientific & Technical, London, 397p.
- Naish, D., 2007. Turtles of the Crato Formation. in: Martill, D., Bechly, G. & Loveridge, R. (Eds.), *The Crato fossil beds of Brazil: window into an ancient world*, Cambridge University Press, New York, pp. 452-457.
- Naish, D., Martill, D.M. & Merrick, I., 2007. Birds of the Crato Formation. in: Martill, D., Bechly, G. & Loveridge, R. (Eds.), *The Crato fossil beds of Brazil: window into an ancient world*, Cambridge University Press, New York, pp. 525- 533.

- Nel, A. & Jouault, C., 2021. New grasshoppers (Orthoptera: Elcanidae, Locustopsidae) from the Lower Cretaceous Crato Formation suggest a biome homogeneity in Central Gondwana. *Hist. Biol.* 1-9.
- Nel, A. & Pouillon, J.-M., 2020. The third skimmer dragonfly species from the Lower Cretaceous (Aptian) Crato Formation in NE Brazil (Odonata, Cavilabiata, Araripelibellulidae). *Cretaceous Res.* 115, 104565.
- Neumann, V.H. & Cabrera, L., 1999. Uma nueva propuesta estratigráfica para la tectonosecuencia post-rifte de la cuenca de Araripe, Nordeste de Brasil. *In: Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil.* Unespe, Rio Claro. 5, Boletim, pp.279-285.
- Neumann, V.H., Borrego, A.G., Cabrera, L. & Dino, R., 2003. Organic matter composition and distribution through the Aptian–Albian lacustrine sequences of the Araripe Basin, northeastern Brazil. *Int. J. Coal Geol.* 54 (1-2), 21-40.
- Oliveira, G.R., 2007. Aspectos tafonômicos de Testudines da Formação Santana (Cretáceo Inferior), Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Anu. do Inst. de Geocienc.* 30 (1), 83-93.
- Oliveira, G.R. & Kellner, A.W.A., 2017. Rare hatchling specimens of *Araripemys* Price, 1973 (Testudines, Pelomedusoides, Araripemydidae) from the Crato Formation, Araripe Basin. *J. S. Am. Earth Sci.* 79, 137-142.
- Oliveira, G.R., Saraiva, A.Á.F., Silva, H., Andrade, J.A. & Kellner, A.W.A., 2011. First turtle from the Ipubi Formation (Early Cretaceous), Santana Group, Araripe Basin, Brazil. *Rev. Bras. Paleontolog.* 14 (1), 61–66.
- Oliveira, P.V., Viana, M.S.S. & Amaral, F.D., 2019. The First record of Cnidaria (Scleractinian), Cretaceous from the Santana Group of the Araripe Basin. *In: Anais do XXVI Congresso Brasileiro de Paleontologia*, v. 2, Minas Gerais, Uberlândia, 118542.
- Osés, G.L., Petri, S., Becker-Kerber, B., Romero, G.R., Rizzutto, M.A., Rodrigues, F., Galante, D., Silva, T.F., Curado, J.F., Rangel, E.C., Ribeiro, R.P. & Pacheco, M.L.A.F., 2016. Deciphering the preservation of fossil insects: a case study from the Crato Member, Early Cretaceous of Brazil. *PeerJ* 4, 1-28.
- Osés, G.L., Petri, S., Voltani, C.G., Prado, G.M.E.M., Galante, D., Rizzutto, M.A., Rudnitzki, I.D., Silva, E.P., Rodrigues, F., Rangel, E.C., Sucerquia, P.A. & Pacheco, M.L.A.F., 2017. Deciphering pyritization-kerogenization gradient for fish soft-tissue preservation. *Sci. Rep.-UK* 7, 1-15.
- Paula-Freitas, A.B.L., Borghi, L. & Carvalho, I.S., 2007. Âmbar na Formação Rio da Batateira, Bacia do Araripe (Cretáceo Inferior, Brasil). *in: Carvalho, I.S., Cassab, R.C.T., Swanke, C., Carvalho, M.A., Fernandes, A.C.S., Rodrigues, M.A.C., Carvalho, M.S.S., Arai, M. & Oliveira, M.E.Q. (Eds.), Paleontologia: Cenários de Vida*, Editora Interciência, Rio de Janeiro, 1, pp. 169-176.

Pereira, P.A., Cassab, R.C.T., Barreto, A.M.F. & Almeida, J.A.C., 2015. Moluscos da Formação Romualdo, Aptiano-Albiano, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi, Ciênc. Nat.* 10, 231-246.

Pereira, P.A., Cassab, R.C.T. & Barreto, A.M.F., 2016. Cassiopidae gastropods, influence of tethys sea the Romualdo formation (Aptian-Albian), Araripe Basin, Brazil. *J. S. Am. Earth Sci.* 70, 211–223.

Pereira, P.A., Cassab, R.C.T. & Barreto, A.M.F., 2017. Paleoecologia e paleogeografia dos moluscos e equinoides da Formação Romualdo, Aptiano–Albiano da Bacia do Araripe, Brasil. *Anu. do Inst. de Geocienc.* 40, 180–198.

Pereira, P.A., Cassia, R., Cassab, T., Magnólia, A. & Barreto, F., 2018. As Famílias Veneridae, Trochidae, Akeridae e Acteonidae (Mollusca), na Formação Romualdo: Aspectos Paleoecológicos e Paleobiogeográficos no Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe, NE do Brasil. *Anu. do Inst. de Geocienc.* 41, 137- 152.

Pereira, R., Carvalho, I.S., Azevedo, D.A. & Fernandes, A.C.S., 2007. Ocorrências de âmbar nas bacias sedimentares brasileiras – uma revisão. in: Carvalho, I.S., Cassab, R.C.T., Swanke, C., Carvalho, M.A., Fernandes, A.C.S., Rodrigues, M.A.C., Carvalho, M.S.S., Arai, M. & Oliveira, M.E.Q. (Eds.), *Paleontologia: Cenários de Vida*, Editora Interciência, Rio de Janeiro, 1, pp. 243-256.

Pereira, R., Lima, F.J., Simbras, F.M., Bittard, S.M.B., Kellner, A.W.A., Saraiva, A.A.F., Bantim, R.A.M., Sayão, J.M. & Oliveira, G.R., 2020. Biomarker signatures of Cretaceous Gondwana amber from Ipubi Formation (Araripe Basin, Brazil) and their palaeobotanical significance. *J. S. Am. Earth Sci.* 98, 102413.

Pessoa, E.M., Ribeiro, A.C. & Jud, N.A. 2021. A eudicot leaf from the Lower Cretaceous (Aptian, Araripe Basin) Crato Konservat-Lagerstätte. *Am. J. Bot.*, 108 (10), 2055-2065.

Pinheiro, A.P., Saraiva, A.A., Santana, W.C., 2014. Shrimps from the Santana group (cretaceous: albian): new species (Crustacea: Decapoda: dendrobranchiata) and new record (Crustacea: Decapoda: caridea). *An. Acad. Bras. Cienc.* 86, 663–670.

Pinheiro, F.L. & Schultz, C.L., 2012. An Unusual Pterosaur Specimen (Pterodactyloidea, ?Azhdarchoidea) from the Early Cretaceous Romualdo Formation of Brazil, and the Evolution of the Pterodactyloid Palate. *PloS One* 7 (11), e50088.

Pinheiro, F.L. & Rodrigues, T., 2017. Ananguera taxonomy revisited: is our understanding of Santana Group pterosaur diversity biased by poor biological and stratigraphic control?. *PeerJ* 5, e3285.

Pinheiro, F.L., Horn, B., Schultz, C., Andrade, J. & Sucerquia, P., 2012. Fossilized bacteria in a Cretaceous pterosaur headcrest. *Lethaia* 45 (4), 495-499.

Piovesan, E.K., Pereira, R., Melo, R.M., Guzmán, J., Almeida-Lima, D., Ramírez, J.D.V. & Mouro, L.D., 2021. Organic inclusions in Brazilian cretaceous amber: The oldest ostracods preserved in fossil resins. *Cretaceous Res.* 105091.

Pires, E.F., 2008. Análises dendrológicas no Cretáceo Inferior das bacias do Araripe e Paraná: determinação de paleoclimas regionais e relação com biomas globais do Mesozóico. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Porto Alegre, 180p.

Pires, E.F. & Guerra-Sommer, M., 2009. Plant–arthropod interaction in the Early Cretaceous (Berriasian) of the Araripe Basin, Brazil. *J. S. Am. Earth Sci.* 27 (1), 50-59.

Pires, E.F. & Guerra-Sommer, M., 2011. Growth ring analysis of fossil coniferous woods from early cretaceous of Araripe Basin (Brazil). *An. Acad. Bras. Cienc.* 83 (2), 409-423.

Polck, M.A.R., Carvalho, M.S.S., Miguel, R. & Gallo, V., 2015. Guia de identificação de peixes fósseis das formações Crato e Santana da Bacia do Araripe. CPRM, Rio de Janeiro. 72p.

Ponte, F.C., 1992. Sistemas deposicionais na Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *In: Simpósio sobre as Bacias Cretácicas Brasileiras*. Rio Claro. Resumos Expandidos... Rio Claro, UNESP, pp. 81-84.

Ponte, F.C. & Appi, C.J., 1990. Proposta de revisão da coluna litoestratigráfica da Bacia do Araripe. *In: Congresso Brasileiro de Geologia*, 36, Natal, 1, pp. 211-226.

Ponte, F.C. & Ponte-Filho, F.C., 1996. Estrutura geológica e evolução tectônica da Bacia do Araripe. Departamento Nacional de Produção Mineral/MME, Rio de Janeiro, Brasil, 68p.

Pouillon, J.-M. & Nel, A., 2020. The oldest representative of the modern clade Aeshnodea from the Lower Cretaceous Crato Formation, Araripe Basin, NE Brazil (Odonata: Anisoptera). *Cretaceous Res.* 116, 104580.

Prado, G., Arthuzzi, J.C.L., Osés, G.L., Callefo, F., Maldanis, L., Sucerquia, P., Becker-Kerber, B., Romero, G.R., Quiroz-Valle, F.R. & Galante, D., 2020. Synchrotron radiation in palaeontological investigations: Examples from Brazilian fossils and its potential to South American palaeontology. *J. S. Am. Earth Sci.* 108, 102973.

Prado, L.A.C., Luque, J., Barreto, A.M.F., Palmer, R., 2018. New brachyuran crabs from the aptian – albian Romualdo formation, Santana group of Brazil: evidence for a tethyan connection to the Araripe Basin. *Acta Paleontol. Pol.* 63, 737–750.

Prado, L.A.C., Calado, T.C.S. & Barreto, A.F., 2019. New records of shrimps from the Lower Cretaceous Romualdo Formation, Araripe Basin, northeastern Brazil, with new taxa of Penaeoidea (Crustacea: Decapoda: Dendrobranchiata). *Cretaceous Res.* 99, 96-103.

Prado, L.A.C. do, Lopes, G.L.B., Pereira, P.A., Araripe, R.V.C. de, Oliveira, D.H.de, Lemos, F.A.P., Nascimento, L.R.S.L., Tomé, M.E.T.R. & Barreto, A.M.F., 2021. A incomum associação de peixes e caranguejos da Formação Romualdo, Aptiano-Albiano da Bacia sedimentar do Araripe, NE do Brasil. *Rev. Bras. Paleontolog.* 24 (2), 149-162.

Price, L.I., 1959. Sobre um crocodilídeo Notossuquio do Cretáceo Brasileiro. Departamento Nacional da Produção Mineral/Divisão de Geologia e Mineralogia, Rio de Janeiro, 188, pp. 1-56.

Price, L.I., 1973. Quelônio Amphichelydia no Cretáceo Inferior do nordeste do Brasil. *Rev. Bras. Geoc.* 3, 84-96.

Regali, M.S.P., 1990. Biocronoestratigrafia e paleoambiente do Eocretáceo das bacias do Araripe (CE) e Rio do Peixe (PB), NE-Brasil. *In: Simpósio sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste. Atas...1*, pp.163-172.

Ribeiro, A.C., Poyato-Ariza, F.J., Varejão, F.G. & Bockmann, F.A., 2020. The branchial skeleton in Aptian chanid fishes (Gonorynchiformes) from the Araripe Basin (Brazil): Autecology and paleoecological implications. *Cretaceous Res.* 112, 104454.

Ribeiro, A.C., Ribeiro, G.C., Varejão, F.G., Battirola, L.D., Pessoa, E.P., Simões, M.G., Warren, L.V., Riccomini, C. & Poyato-Ariza, F.J., 2021a. Towards an actualistic view of the Crato Konservat-Lagerstätte paleoenvironment: A new hypothesis as an Early Cretaceous (Aptian) equatorial and semi-arid wetland. *Earth-Sci. Rev.* 216, 103573.

Ribeiro, G.C., Santos, R.R. & Snatos, D. 2021b. Four new species of the genus *Leptotarsus* Guerin-Meneville, 1831 (Insecta: Diptera: Tipulidae) from the Lower Cretaceous Crato Formation of Brazil. *Cretaceous Res.*, 123 (2021), 104776.

Rios-Netto, A.M., Paula-Freitas, A.B.L, Carvalho, I.S., Regali, M.P.S., Borghi, L. & Freitas, F.I., 2012a. Formalização estratigráfica do Membro Fundão, Formação Rio da Batateira, Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Rev. Bras. Geoc.* 42 (2), 281-292.

Rios-Netto, A.M., Regali, M.S.P., Carvalho, I.S. & Freitas, F.I., 2012b. Palinoestratigrafia do intervalo Alagoas da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Rev. Bras. Geoc.* 42 (2), 331-342.

Roberts, E.A., Seyfullah, L.J., Loveridge, R.F., Garside, P. & Martill, D.M., 2020. Cretaceous gnetalean yields first preserved plant gum. *Sci. Rep.-UK* 10, 3401.

Rodrigues, M.G., Matos, S.A., Varejão, F.G., Fürsich, F.T., Warren, L.V., Assine, M.L. & Simões, M.G., 2020. Short-lived “Bakevelliid-Sea” in the Aptian Romualdo Formation, Araripe Basin, northeastern Brazil. *Cretaceous Res.* 115, 104555.

- Salisbury, S.W., Frey, E., Martill, D.M. & Buchy, M.C., 2003. A new crocodylian from the Lower Cretaceous Crato Formation of northeastern Brazil. *Palaeont. Abt. A.* 270, 3-47.
- Santana, W., Pinheiro, A.P., Silva, C.M.R. & Saraiva, A.A.F., 2013. A new fossil caridean shrimp (Crustacea: Decapoda) from the cretaceous (albian) of the Romualdo formation, Araripe Basin, northeastern Brazil. *Zootaxa* 3620, 293–300.
- Santana, W., Tavares, M., Martins, C.A.M., Melo, J.P.P. & Pinheiro, A.P. 2022. A new genus and species of brachyuran crab (Crustacea, Decapoda) from the Aptian-Albian (Cretaceous) of the Araripe Sedimentary Basin, Brazil. *J. S. Am. Earth Sci.*, 116 (2022), 103848.
- Santos, A.C.S., Guerra-Sommer, M., Degani-Schmidt, I., Sieglösch, A.M., Carvalho, I.S., Filho, J.G.M. & Mendonça, J.O., 2020. Fungus–plant interactions in Aptian Tropical Equatorial Hot arid belt: White rot in araucarian wood from the Crato fossil Lagerstätte (Araripe Basin, Brazil). *Cretaceous Res.* 114, 104525.
- Santos, A.C.S., Sieglösch, A.M., Guerra-Sommer, M., Degani-Schmidt, I. & Carvalho, I.S., 2021a. *Agathoxylon santanensis* sp. nov. from the Aptian Crato fossil Lagerstätte, Santana Formation, Araripe Basin, Brazil. *J. S. Am. Earth Sci.* 112 (2), 103633.
- Santos, F.H., Azevedo, J.M., Nascimento Junior, D.R., Souza, A.C.B, Mendes, M., Bezerra, I. & Limaverde, S., 2017. Análise de fácies e petrografia de uma seção do Membro Crato em Nova Olinda (CE): contribuições à história deposicional e diagenética do neoaptiano na Bacia do Araripe. *Geol. USP Série Científica*, 17 (1), 3-18.
- Santos, M.F.A., Mattos, I., Mermudes, J.R.M., Scheffler, S.M. & Reyes-Castillo, P., 2021b. A new passalid fossil (Insecta: Coleoptera) from the Santana Formation (Crato member, Lower Cretaceous), Araripe Basin, NE Brazil: Paleocological and paleobiogeographic implications. *Cretaceous Res.* 118, 104664.
- Saraiva, A.A.F., Pralon, B. & Gregati, R., 2009. ‘Taxonomic remarks on Brazilian Cretaceous Decapoda from Araripe Basin, Brazil, and ecological inferences’. *Gaea J. Geosci.* 5 (2), 70-74.
- Saraiva, A.A.F., Pinheiro, A.P. & Santana, W., 2018. A remarkable new genus and species of the planktonic shrimp family luciferidae (Crustacea, Decapoda) from the cretaceous (Aptian/Albian) of the Araripe sedimentary basin. Brazil. *J. Paleontol.* 92, 459–465.
- Sayão, J.M., Saraiva, A.Á.F., Brum, A.S., Bantim, R.A.M., de Andrade, R.C.L.P., Cheng, X., Lima, F.J., Silva, H.P. & Kellner, A.W.A., 2020. The first theropod dinosaur (Coelurosauria, Theropoda) from the base of the Romualdo formation (Albian), Araripe Basin, Northeast Brazil. *Sci. Rep.-UK* 10 (1), 1-15.

- Scherer, C.M.S., Jardim de Sá, E.F., Córdoba, V.C., Sousa, D.C., Aquino, M.M. & Cardoso, F.M.C., 2014. Tectono-stratigraphic evolution of the Upper Jurassic-Neocomian rift succession, Araripe Basin, Northeast Brazil. *J. S. Am. Earth Sci.* 49, 106-122.
- Schweigert, G., Martill, D. & Williams, M., 2007. Crustacea of the Crato Formation. in: Martill, D., Bechly, G. & Loveridge, R. (Eds.), *The Crato fossil beds of Brazil: window into an ancient world*, Cambridge University Press, New York, pp. 133-141.
- Selden, P. & Nudds, J., 2012. *Evolution of fossil ecosystems*. Manson Publishing, London, 288p.
- Sena, M.V.A., Bantim, R.A.M., Sayão, J.M. & Oliveira, G.R., 2020. Osteohistology and microanatomy of a new specimen of *Cearachelys placidoi* (Testudines: Pleurodira) a side-necked turtle from the lower Cretaceous of Brazil. *Anat. Rec.* 304 (6), 1-11.
- Sereno, P.C., Beck, A.L., Dutheil, D.B., Gado, B., Larsson, H.C.E., Lyon, G.H., Marcot, J.D., Rauhut, O.W.M., Sadleir, R.W., Sidor, C.A., Varricchio, D., Wilson, G.P. & Wilson, J.A., 1998. A long-snouted predatory dinosaur from Africa and the evolution of spinosaurids. *Science* 282 (1), 298-302.
- Seyfullah, L.L., Roberts, E.A., Schmidt, A.R., Ragazzi, E., Anderson, K.B., Nascimento Jr., D.R., Silva Filho, W.F. & Kunzmann, L., 2020. Revealing the diversity of amber source plants from the Early Cretaceous Crato Formation, Brazil. *Evol. Biol.* 20, 107-129.
- Shear, W.A. & Edgecombe, G.D., 2010. The geological record and phylogeny of the Myriapoda. *Arthropod Struct. Dev.* 39, 174-190.
- Silva, D.A., Leal, L.A., Bernardes, E.S. & Martello, A.R., 2020. Insetos do Membro Crato, Formação Santana, Aptiano/Albiano da Bacia do Araripe. *Bol. Parana. de Geosci.* 77 (6), 40-45.
- Silva, J.H., Sousa-Filho, F.E., Saraiva, A.A.F., Andrade, N.A., Viana, B.C., Sayão, J.M., Abagaro, B.T.O., Freire, P.T.C. & Saraiva, G.D., 2013. Spectroscopic analysis of a Theropod Dinosaur (Reptilia, Archosauria) from the Ipubi Formation, Araripe Basin, Northeastern Brazil. *J. Spectrosc.* 1-7.
- Silva, M.A.M., 1983. *The Araripe Basin, Northeastern Brazil: Regional Geology and Facies Analysis of a Lower Cretaceous Evaporitic Depositional Complex*. PhD Thesis. Department of Earth and Environmental Sciences, Columbia University, Nova York, 290 p.
- Souza, D.M., Piovesan, E.K. & Neumann, V.H.M.L.N., 2017. Ostracodes do Aptiano-Albiano da Bacia do Araripe: Implicações Paleoambientais e Bioestratigráficas. *Estudos Geológicos* 27 (1), 3-18

- Souza-Lima, W. & Silva, R.O., 2018. Aptian–Albian paleophytogeography and paleoclimatology from Northeastern Brazil sedimentary basins. *Rev. Palaeobot. Palyno.* 258, 163-189.
- Sues, H., Frey, E., Martill, D. & Scott, D., 2002. *Irritator challengeri*, a spinosaurid (Dinosauria: Theropoda) from the Lower Cretaceous of Brazil. *J. Vertebr. Paleontol.* 22 (3), 535-547.
- Teixeira, M.C., Mendonça Filho, J.G., Oliveira, A.D. & Assine, M.L., 2017. Faciologia orgânica da Formação Romualdo (Grupo Santana, Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe): caracterização da matéria orgânica sedimentar e interpretação paleoambiental. *Geol. USP. Serie Científica* 17 (4), 19-44.
- Tomé, M.E.T.R., Lima Filho, M.F. & Neumann, V.H.M.L., 2014. Taxonomic studies of non-marine ostracods in the Lower Cretaceous (Aptian-lower Albian) of post-rift sequence from Jatobá and Araripe basins (Northeast Brazil): Stratigraphic implications. *Cretaceous Res.* 48, 153-176.
- Turman, V.P., Peixoto, B.C.P.M., Marinho, T.S. & Fernandes, M.A., 2021. A new trace fossil produced by insects in fossil wood of Late Jurassic–Early Cretaceous Missão Velha Formation, Araripe Basin, Brazil. *J. S. Am. Earth Sci.* 109, 103266.
- Unwin, D. & Martill, D., 2007. Pterosaurs of the Crato Formation. in: Martill, D., Bechly, G. & Loveridge, R. (Eds.), *The Crato fossil beds of Brazil: window into an ancient world*, Cambridge University Press, New York, pp. 475-524.
- Varejão, F.G., Warren, L.V., Simões, M.G., Fürsich, F.T., Matos, S.A., & Assine, M.L., 2019a. Exceptional preservation of soft tissues by microbial entombment: insights into the taphonomy of the Crato Konservat-Lagerstätte. *Palaios* 34 (7), 331-348.
- Varejão, F.G., Fürsich, F.T., Warren, L.V., Matos, S.A., Rodrigues, M.G., Assine, M.L., Sales, A.M.F. & Simões, M.G., 2019b. Microbialite fields developed in a protected rocky coastline: The shallow carbonate ramp of the Aptian Romualdo Formation (Araripe Basin, NE Brazil). *Sediment. Geol.* 389, 103-120.
- Varejão, F.G., Silva, V.R., Assine, M.L., Warren, L.V., Matos, S.A., Rodrigues, M.G., Fürsich, F.T. & Simões, M.G., 2021a. Marine or freshwater? Accessing the paleoenvironmental parameters of the Caldas Bed, a key marker bed in the Crato Formation (Araripe Basin, NE Brazil). *Braz. J. Geolog.* 51 (1), e2020009.
- Varejão, F.G., Warren, L.V., Simões, M.G., Buatois, L.A., Manganó, M.A., Bahniuk, A.M. R. & Assine, M.L., 2021b. Mixed siliciclastic-carbonate sedimentation in an evolving epicontinental sea: Aptian record of marginal marine settings in the interior basins of north-eastern Brazil. *Sedimentology* 68 (5), 2125-2164.
- Viana, M.S., Lima Filho, M.F. & Mabesoone, J.M., 1999. Late Mesozoic History of Sedimentary Basins in NE Brazilian Borborema Province before the final separation of South America and Africa 2: Fossil assemblages and their significance. *In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL*, Boletim, Rio Claro/UNESP, pp. 613-619.

Vila Nova, B.C.V., Sayão, J.M., Neumann, V.H. & Kellner, A.W.A., 2014. Redescription of *Cearadactylus atrox* (Pterosauria, Pterodactyloidea) from the Early Cretaceous Romualdo Formation (Santana Group) of the Araripe Basin, Brazil. *J. Vertebr. Paleontol.* 34 (1), 126-134.

Warren, L.V., Varejão, F.G., Quaglio, F., Simões, M.G., Fürsich, F.T., Poiré, D.G., Catto, B. & Assine, M.L., 2017. Stromatolites from the Aptian Crato Formation, a hypersaline lake system in the Araripe Basin, northeastern Brazil. *Facies* 63 (3), 1-19.

Yabumoto, Y. & Brito, P., 2013. The second record of a mawsoniid coelacanth from the Lower Cretaceous Crato Formation, Araripe Basin, northeastern Brazil, with comments on the development of coelacanths. in: Arratia, G., Schultze, H.-P & Wilson, M.V.H. (Eds.), *Mesozoic Fishes 5 – Global Diversity and Evolution*, Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München, Germany, pp. 489-497.