

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

RILDA VERÔNICA CARDOSO DE ARARIPE

**TAXONOMIA E PALEOECOLOGIA DE FORAMINIFEROS E OSTRACODES DA
FORMAÇÃO ROMUALDO, CRETÁCIO INFERIOR DA BACIA DO ARARIPE –
PE, NORDESTE DO BRASIL.**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Recife
2017

RILDA VERÔNICA CARDOSO DE ARARIPE

TAXONOMIA E PALEOECOLOGIA DE FORAMINIFEROS E OSTRACODES DA
FORMAÇÃO ROMUALDO, CRETÁCEO INFERIOR DA BACIA DO ARARIPE – PE,
NORDESTE DO BRASIL.

Dissertação apresentada à Pós-graduação em Geociências, do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, orientada pela Prof^a. Dra. Alcina Magnólia da Silva Franca, como preenchimento parcial dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Geociências, área de concentração de Geologia Sedimentar e Ambiental.

Recife

2017

Catálogo na fonte
Bibliotecária: Rosineide Mesquita Gonçalves Luz / CRB4-1361 (BCTG)

A662t Araripe, Rilda Verônica Cardoso de.
Taxonomia e paleoecologia de foraminíferos e ostracodes da Formação Romualdo, cretáceo inferior da Bacia do Araripe – PE, Nordeste do Brasil / Rilda Verônica Cardoso de Araripe. – Recife, 2017.
84f., il., figs., gráfs., tabs.

Orientadora: Profa. Dra. Alcina Magnólia da Silva Franca.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Programa de Pós-Graduação em Geociências, 2017.
Inclui Referências.

1. Geociências. 2. Transgressão marinha. 3. Paleoclimatologia. 4. Microfósseis carbonáticos. 5. Paleoecologia. 6. Análise geoquímica. I. Franca, Alcina Magnólia da Silva (Orientadora). II. Título.

**TAXONOMIA E PALEOECOLOGIA DE FORAMINIFEROS E OSTRACODES DA
FORMAÇÃO ROMUALDO, CRETÁCEO INFERIOR DA BACIA DO ARARIPE –
PE.**

RILDA VERÔNICA CARDOSO DE ARARIPE

Aprovado em: Recife, 31 de Agosto de 2017

Banca examinadora:

Dr^a Alcina Magnólia da Silva Franca (Presidente)

Dr. Alcides Nóbrega Sial (Membro interno)

Dr^a Fabiana Silva Vieira (Membro externo)

Dr^a Paula Andrea Sucerquia Rendón (Suplente interno)

Dr^a Renata Moura de Mello (Suplente externo)

Dedico às mulheres da minha família.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Pernambuco e ao Programa de Pós-graduação em Geociências pela oportunidade e possibilidade de executar o trabalho, e a todo corpo docente.

A CAPES, pelo apoio financeiro concedido durante todo o período de mestrado.

A Prof^a Alcina Barreto, pelo apoio e orientação no trabalho mas, principalmente, pela dedicação e exemplo como profissional.

Ao Laboratório de Paleontologia da UFPE – PALEOLAB, pela infraestrutura.

Ao laboratório de Isótopos Estáveis (NEG-LABISE) da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE.

A David Holanda, por ser muito mais que um coorientador, dando sempre seu apoio e incentivo, pela amizade e parceria.

A Emília Tomé, pelo auxílio na identificação e sugestões.

A Renata Moura, pelo auxílio na identificação e troca de conhecimento.

Aos amigos do PALEOLAB pelo companheirismo diário. Priscilla, Ludmilla, Karol, Yumi, Daniel e Rudah.

A minha mãe Wilma e meus irmãos Hudson, Huston e Rita pelo incentivo e carinho em todos os momentos.

A toda minha família.

RESUMO

O estudo da associação de microfósseis da Formação Romualdo foi realizado em 50 amostras de calcarenitos e argilitos, situada no nível de concentrações de fósseis de invertebrados marinhos e nos calcários coquínoides, que compõem os estratos de caráter transgressivos da Formação Romualdo, Bacia do Araripe-PE. As amostras analisadas provêm de cinco afloramentos (Cedro, Santo Antônio, Arrojado, Canastra e Torre Grande), localizados nos municípios de Exu e Araripina na porção centro-sul e sudoeste da bacia. As amostras foram analisadas em laboratório obedecendo aos protocolos metodológicos padrão para estudos de foraminíferos e ostracodes. Foram reconhecidas quatro biofácies, dentre associações de foraminíferos e ostracodes. Foram identificadas 10 espécies de foraminíferos bentônicos e registrada a ocorrência de foraminíferos planctônicos. Tal associação é tipicamente de ambiente marinho raso a lagunas hipersalinas, e demonstra uma afinidade com a fauna tetiana através da presença de espécies do gênero *Agathammina*. No que se refere a ostracodes, foram identificadas cinco espécies, consideradas de ambiente mixohialino e estaria resistindo à variação de salinidade ocorrida durante deposição da Formação Romualdo. Além da análise taxonômica, foram realizadas análises isotópicas em amostras de três afloramentos (Arrojado, Canastra e Cedro). Os dados de isótopo oxigênio indicaram águas com temperaturas elevadas e presença de calcários marinhos em todos os afloramentos. Para os dados isotópicos de carbono os valores indicam ambiente anóxico e com alto teor de matéria orgânica. No afloramento Cedro, ocorreu uma variação positiva nos dados isotópicos de carbono sendo interpretada como um pulso transgressivo. De acordo com análise da associação de microfósseis e a análise isotópica foi possível concluir que a porção centro-sul da Bacia do Araripe (Cedro e Santo Antônio) possui maior representatividade da influência marinha que na porção sudoeste. Dessa forma, a ingressão marinha ocorrida no Aptiano, poderia ter atingido primeiramente a parte centro-sul da bacia, com sentido N/NE.

PALAVRAS-CHAVE: Transgressão marinha. Paleoclimatologia. Microfósseis carbonáticos. Paleoecologia. Análise geoquímica.

ABSTRACT

A study of the microfossil association from the Romualdo Formation was carried out in 50 samples from limestones and siltstones, at the level of marine invertebrate concentrations and coquinoid limestones, which compose the transgressive strata of the Romualdo Formation, Araripe Basin - PE. The analyzed samples were collected in five different outcrops (Cedro, Santo Antônio, Arrojado, Canastra and Torre Grande), located at Exu and Araripina at the midsouthern and southwestern portions of this basin. Four biofacies were recognized among the foraminifera and ostracoda associations. Ten species of benthic foraminifera were identified and the occurrence of planktonic foraminifera was recorded. The microfossil association found is typically of transitional environment, from shallow marine to hypersaline lagoon, and demonstrates a thetian affinity with the presence of the genus *Agathammina* species. Regarding the association of ostracoda, five species were identified, these species infer a mixohaline environment and would be resisting to the variation of salinity occurred during the deposition of the Romualdo Formation. Besides the taxonomic study, the isotopic analyses were done in three outcrops (Arrojado, Canastra and Cedro). Oxygen data indicated waters with high temperature and marine limestones in all outcrops. $\delta^{13}\text{C}$ the values indicate anoxic environment and with high content of organic matter. An positive variation occurs on Cedro outcrop and is interpreted as a transgressive pulse. Combining the analysis of the microfossils association and the isotopic analysis, it was possible to infer that the depositional environment of the Romualdo Formation, Araripe Basin, has the middlesouth portion (Cedro and Santo Antônio) with characteristics linked to an environment with greater marine influence than the southwestern portion (Arrojado, Canastra and Torre Grande). Thus, the marine incursion could have initially reached the midsouthern portion of this basin, coming from N/NE.

KEYWORDS: Marine transgression. Paleoclimatology. Carbonate microfossils. Palaeoecology. Geochemical analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Área de estudo, municípios de Exu e Araripina, PE, e os pontos de coleta: Santo Antônio, Cedro, Arrojado e Torre Grande, Bacia do Araripe.

Página 13

Figura 2: Carta estratigráfica da Bacia do Araripe, NE do Brasil.

Página 15

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	12
3	LOCALIZAÇÃO	13
3.1	Bacia do Araripe	13
3.2	Geologia e estratigrafia da Bacia do Araripe	14
4	FORMAÇÃO ROMUALDO	16
4.1	Fósseis e estudos paleontológicos da Formação Romualdo	16
5	MATERIAL	18
6	MÉTODOS	19
6.1	Laboratório	19
6.2	Análise de dados	19
6.3	Análise isotópica	20
7	RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
7.1	Foraminifera and ostracoda of Lower Cretaceous (Aptian - lower Albian) from Araripe Basin (Northeast Brazil): Paleoecology implications	22
7.2	Isótopos de Oxigênio e Carbono em Microfósseis da Formação Romualdo, Cretáceo Inferior, Bacia do Araripe, Pernambuco, Nordeste do Brasil	66
8	CONCLUSÕES	79
	REFERÊNCIAS	81

1 INTRODUÇÃO

A Formação Romualdo representa o mais importante jazigo fossilífero da Bacia do Araripe em termos qualitativos e quantitativos (Cavalcanti e Viana, 1990). O conteúdo paleontológico inclui dinoflagelados, foraminíferos, ostracodes, moluscos, crustáceos, equinodermatas, peixes ósseos e cartilagosos, pterossauros, dinossauros e vegetais (Mabessone e Tinoco, 1973; Arai e Coimbra, 1990; Berthou et al., 1990; Kellner, 2002; Bruno e Hessel, 2006; Lima et al., 2012), excepcionalmente bem preservados na maioria dos casos, o que tornou esta formação conhecida internacionalmente (Maisey, 1991).

Dentre os microfósseis, os ostracodes são muito comuns e bastante estudados na Bacia do Araripe (Krommelbein & Weber, 1971; Bate, 1971, 1972, 1973; Silva, 1978a,b,c.; Arai & Coimbra, 1990; Berthou et al., 1990; Silva Tales Jr. & Viana, 1990; Colin & Depèche, 1997; Tomé 2010; Tomé et al. 2014), onde ocorrem ao longo de toda a seqüência, com exceção das formações Rio da Batateira, Arajara e Exu. São predominantemente representados por espécimes de água doce e salobra, e possuem como grupo taxonômico mais representativo os cipridáceos, mas darwinuláceos e citeráceos são também comuns (Bruno & Hessel, 2006).

Durante muito tempo, os estudos com foraminíferos da Formação Romualdo estiveram relacionados a citações casuais de sua ocorrência, sem haver aprofundamento nas informações sistemática ou paleoambiental (Lima, 1978; Arai & Coimbra, 1990; Berthou et al. 1990).

Os foraminíferos e ostracodes são de grande importância para a resolução de problemas geológicos. Nas bacias marginais brasileiras, seu uso tem sido de maior frequência no estudo das seções marinhas a partir do Aptiano (Noguti e Santos, 1972), possibilitando a datação e correlação de sedimentos e interpretações paleoambientais. Como a Bacia Sedimentar do Araripe representa a única bacia do interior do Nordeste do Brasil que guarda o registro da transgressão marinha do Cretáceo Inferior (Ponte, 1992), o estudo de microfósseis torna-se relevante para a compreensão dos paleoambientes no início da formação do Oceano Atlântico.

A presente dissertação trata do estudo taxonômico e paleoecológico de foraminíferos e ostracodes da Formação Romualdo, Cretáceo Inferior (Aptino-Albiano) da Bacia do Araripe. Assim sendo, o presente trabalho visa contribuir para uma compreensão mais detalhada sobre a associação de foraminíferos e ostracodes da Formação Romualdo e também no levantamento de informações paleoambientais inferidas a partir desses microfósseis em relação a transgressão marinha albiana.

2 OBJETIVOS

Objetivo geral:

Realizar o estudo taxonômico e paleoecológico dos foraminíferos e ostracodes da Formação Romualdo, para a obtenção de informações paleoceanográficas da transgressão marinha no Albiano da Bacia do Sedimentar do Araripe, NE/Brasil.

Objetivos específicos são:

Elaborar seções estratigráficas em afloramentos da Formação Romualdo, na porção oeste da Bacia do Araripe, coletar amostras e correlacionar com seções estratigráficas de outros grupos fósseis já estudados na localidade (invertebrados marinhos);

Identificar, descrever e inferir possíveis informações paleoecológicas e bioestratigráficas das principais assembleias de foraminíferos e ostracodes;

Utilizar análise isotópica de oxigênio e carbono para obter informações sobre o ambiente deposicional da Formação Romualdo.

Integrar os dados levantados e subsidiar informações para a interpretação paleoceanográfica da transgressão marinha albiana registrada na Formação Romualdo, Bacia Sedimentar do Araripe.

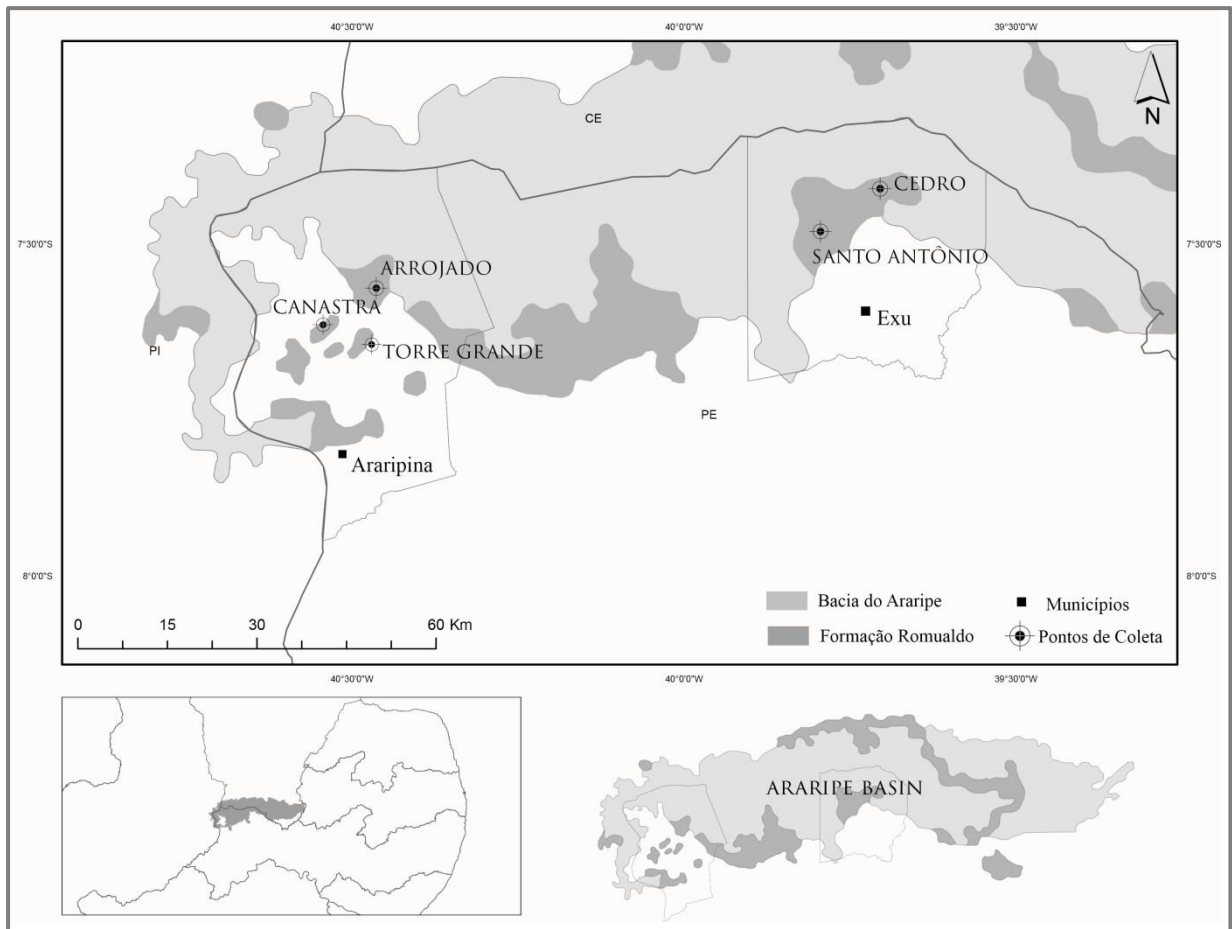
3 LOCALIZAÇÃO

3.1 Bacia do Araripe

A bacia do Araripe está implantada em terrenos pré-cambrianos da Zona Transversal da Província Borborema (Brito Neves et al. 2000), a sul do Lineamento de Patos. Dentre as bacias interiores do nordeste, a Bacia do Araripe é a que apresenta história geológica mais complexa, seu arcabouço estratigráfico é constituído por sequências estratigráficas, limitadas por discordâncias regionais, que representam o registro fragmentário de embaciamentos gerados em ambientes tectônicos distintos. (Viana e Neumann, 2002).

A Bacia do Araripe localiza-se entre os meridianos 38°30' e 40°50' de longitude oeste e os paralelos 7°05' e 7°50' de longitude sul (Viana e Neumann, 2002). Sua área de extensão não se limita à Chapada do Araripe, estendendo-se também pelo Vale do Cariri, num total de aproximadamente 9.000 km² (Figura 01), sendo a mais extensa das bacias interiores do Nordeste do Brasil (Assine, 1992).

Figura 1- Área de estudo, dos municípios de Exu e Araripina, PE, e os pontos de coleta: Santo Antônio, Cedro, Arrojado, Canastra e Torre Grande. Bacia do Araripe.



3.2 Geologia e estratigrafia da Bacia do Araripe

A Bacia do Araripe destaca-se na geomorfologia da Região Nordeste do Brasil pela Chapada do Araripe, uma feição morfológica alongada na direção EW, de topo plano mergulhante suavemente para oeste e limitada por escarpas erosivas e íngremes (Assine, 2007).

A Bacia do Araripe é composta por unidades estratigráficas associadas à fragmentação do Gondwana e abertura do Atlântico Sul. O registro do Andar Alagoas (Aptiano superior – Albiano inferior) é a megassequência pós-rifte da bacia, que litoestratigraficamente corresponde ao Grupo Santana, constituído, da base para o topo, pelas formações Barbalha, Crato, Ipubi e Romualdo (Figura 02) (Assine et al, 2014).

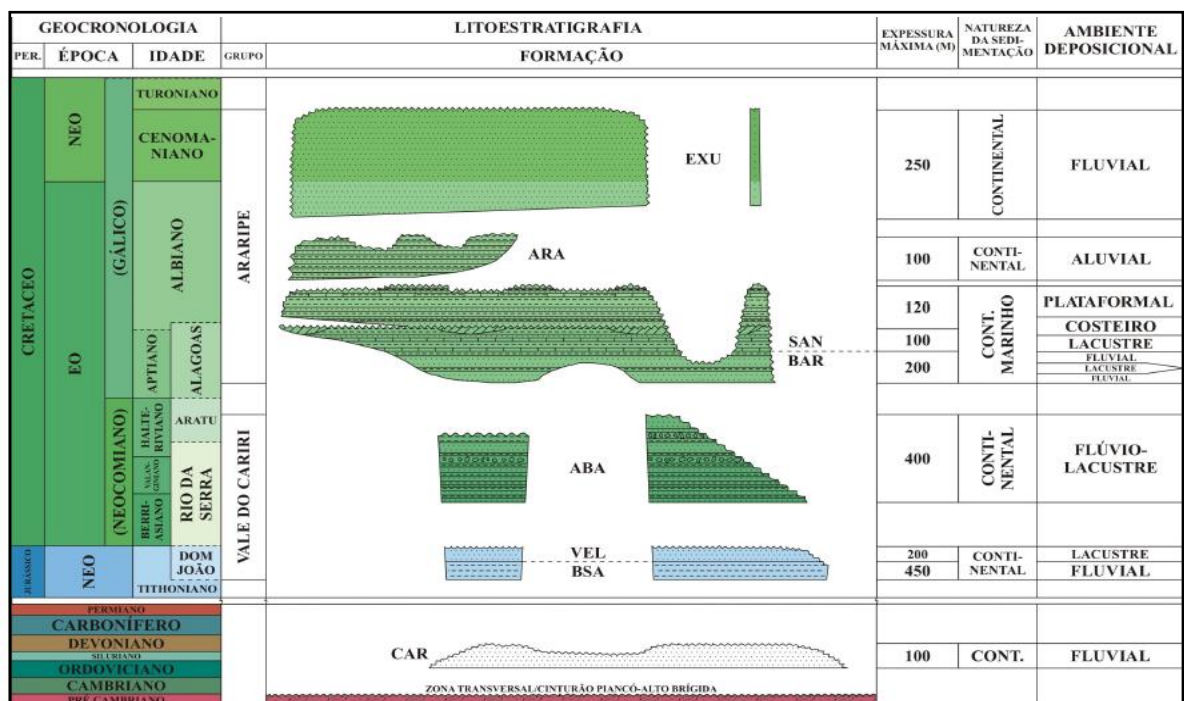
Duas desconformidades permitiram a subdivisão do registro estratigráfico do Andar Alagoas em três sequências deposicionais. A sequência inferior, pertencente à parte inferior da Formação Barbalha, apresenta sucessão vertical de fácies de canais fluviais que se

encerram com a deposição de pelitos lacustres, os quais apresentam grande continuidade lateral e espessuras reduzidas de no máximo 10m (Assine et al, 2014).

A sequência intermediária inicia com níveis delgados de conglomerado, sobrepostos por arenitos com intercalações de pelitos, pertencentes à porção superior da Formação Barbalha. Estas fácies, organizadas em ciclos fluviais, dão lugar a folhelhos cinza escuros/esverdeados e a calcários laminados de origem lacustre da Formação Crato, numa sucessão vertical de fácies atribuída a trato de sistemas transgressivo. A sucessão mista da Formação Crato, caracterizada pela alternância de bancos de calcários laminados e de fácies siliciclásticas, correspondente a trato de sistemas de nível alto, que termina com a deposição dos evaporitos (gipsita/anidrita) da Formação Ipubi em condições de extrema aridez (Assine et al, 2014).

A sequência superior, que correspondente litoestratigraficamente à Formação Romualdo, é constituída por arenitos costeiros em sua porção inferior, podendo estar presentes, nas porções proximais da bacia, delgadas camadas de conglomerado e arenito conglomerático sobre a desconformidade basal. O empilhamento é de caráter transgressivo, camadas delgadas de coquina e calcário coquinoide recobrem a seção de folhelhos marinhos, onde se encontram níveis com concreções fossilíferas (Assine et al 2014).

Figura 2 - Carta estratigráfica da Bacia do Araripe, NE do Brasil.



Fonte: Modificado de Coimbra et al.2002; Assine, 2007; Do Carmo, et al. 2008; Antonietto, 2010.

4 FORMAÇÃO ROMUALDO

4.1 Fósseis e estudos paleoecológicos da Formação Romualdo

A Formação Romualdo, é constituída por arenitos calcíferos, argilitos e margas de natureza flúvio-lacustre, estuarino, e marinho próximo ao topo. Na porção inferior é caracterizada pela presença de arenitos interestratificados com folhelhos (Chagas, 2006). Acima, o empilhamento é transgressivo e os arenitos costeiros cedem lugar a uma seção de folhelhos verdes, ricos em ostracodes. Segundo Arai e Coimbra (1990), os folhelhos apresentam uma assembleia fóssil composta por grãos de pólen, esporos, dinoflagelados, ostracodes, foraminíferos e moluscos típicos de ambientes costeiros mixohialinos, tais como estuários e lagunas, mas a ocorrência dos gêneros de dinoflagelados *Spiniferites* (Mantell) e *Subtilisphaera* (Jain e Millepied) indica inquestionável influência marinha.

Níveis de concreções fossilíferas ocorrem em toda a bacia, constituindo também importante marco estratigráfico, possíveis registros de eventos de mortandade em massa. As concreções encerram rica paleoictiofauna considerada marinha (Silva Santos e Valença, 1968), havendo também a presença de tartarugas marinhas (Price, 1973), pterossauros (Price, 1973; Campos e Kellner, 1985), dinossauros e plantas.

Níveis de calcarenitos com concreções de macroinvertebrados (equinodermas e moluscos) são observados na porção média a superior da formação e, por fim, acima do nível dos macroinvertebrados, pode aflorar um nível contendo folhelhos interdigitados a siltitos e arenitos com a presença de fósseis de água doce, caracterizando condições regressivas (Beurlen, 1971; Assine, 2007).

A ocorrência de foraminíferos na Bacia do Araripe é pouco explorada, os trabalhos anteriormente publicados citam a ocorrência de foraminíferos, tanto bentônicos quanto planctônicos, porém com pouca informação taxonômica, principalmente devido a alteração diagenética das carapaças desses microfósseis. Lima (1978) identificou a espécie *Rhodonascia bonteï* Deak 1964, em amostras de palinomorfs, presente na Formação Romualdo, e considerada pelo autor como espécie marinha não costeira. Arai & Coimbra (1990), ao estudarem amostras de poço no município de Araripe, Ceará, também mencionaram a presença de palinoforaminíferos e ainda de rotalídeos indeterminados, juntamente com uma assembleia de microfósseis composta por grãos de pólen, esporos, dinoflagelados, ostracodes e micromoluscos típicos de ambiente mixohialino. Berthou et al. (1990) registrou no mínimo duas formas de foraminíferos bentônicos, entre eles miliolídeos e

formas hialinas, provenientes de estratos da Formação Romualdo, considerando-os como de origem marinha.

Diferentemente dos foraminíferos, no que se refere aos ostracodes, tais organismos são amplamente estudados na bacia, os primeiros trabalhos envolvendo os depósitos do Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe, remetem a década de 1970, focados principalmente em morfologia e taxonomia (Krommelbein & Weber, 1971; Bate, 1971, 1972, 1973; Silva, 1978a,b,c.). Nas décadas seguintes, as pesquisas passaram a abordar outros aspectos, como distribuição populacional, bioestratigrafia, e correlações com outras bacias adjacentes (Arai & Coimbra, 1990; Berthou et al., 1990; Silva Tales Jr. & Viana, 1990; Colin & Depèche, 1997; Tomé 2011; Tomé et al. 2014). Destacam-se o trabalho de bioestratigrafia baseada em ostracodes (Coimbra et al., 2002) e os estudos paleoambientais das formações Crato e Romualdo (Gobbo, 2006).

5 MATERIAL

Foram realizadas várias etapas de campo na porção SW da Bacia do Araripe em Pernambuco, sendo selecionadas cinco localidades para estudo de microfósseis, devido à ocorrência de boa diversidade e preservação de fósseis de moluscos e equinoides cassiduloides em seções desses afloramentos. Os afloramentos selecionados estão localizados nas cidades de Exu (Cedro, Santo Antônio) e Araripina (Canastra, Arrojado e Torre Grande). Foram levantadas informações estratigráficas e feita a coleta de 50 amostras em camadas de calcarenitos e argilitos nas porções mais superiores da Formação Romualdo.

6 MÉTODOS

6.1 Laboratório

Duas frações granulométricas de cada amostra foram analisadas, 30 amostras apresentaram material para estudo sendo que 29 amostras continham ostracodes e 17 amostras continham foraminíferos.

A preparação das amostras teve início com a fragmentação de 60g de cada amostra em pedaços menores (processo mecânico), quando necessário, com uso de almofariz e pilão ou martelo. Para desagregação das carapaças da rocha matriz, cobriu-se a amostra fragmentada com 200 ml de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) a 29% por 24 horas, após a desagregação da rocha, adicionou-se água fervente até os microorganismos serem liberados (preparação química).

Posteriormente, o sedimento foi lavado em água corrente, utilizando-se peneiras de 0, 250 mm, 0,180 mm e 0,062 mm (250 Tyler). O material mais grosso, retido na primeira delas, foi examinado quanto ao seu conteúdo orgânico, para avaliar a presença de alguns foraminíferos e ostracodes de maior tamanho, porém sem a recuperação de microfósseis. A maior parte dos microorganismos, principalmente foraminíferos, ficou retida na peneira 0,062 mm que foi lavada várias vezes para a retirada das argilas. As amostras foram colocadas em cápsulas de porcelana na estufa até 60 °C.

Após a secagem, foi retirado 20g de sedimento de cada amostra para estudo. As triagens dos foraminíferos e ostracodes foram feitas sob lupa estereoscópica Zeiss SteREO Discovery V8, sendo triadas as 20g de todas as amostras (Barbosa *et al* 2009). Os espécimes foram alocados em lâminas micropaleontológicas, e quando possível, identificados a nível específico através de bibliografia especializada: Sen Gupta, 1999, Loeblich & Tappan 1988, Boltovskoy & Lena, 1966, Ellis e Messina, 1940-2006. Foi feita a montagem de “*stubs*” com os principais morfotipos e as fotomicrografias realizadas em microscópio eletrônico de varredura no (MEV) Laboratório de dispositivos e nanoestruturas (LDN) da UFPE.

6.2 Análise de dados

A classificação de morfogrupos utiliza características morfológicas externas, como arranjo das câmaras, padrão de enrolamento e configuração geral da testa, correlacionando com a função das características ecológicas. Tal aplicação nos diagnósticos de condições

ambientais, segue o mesmos conceitos básicos usados anteriormente por Chamney (1976), Severin (1983), Jones e Charnock (1985), Bernhard (1986) e Jones (1986), Koutsoukos & Hart (1990), Birch et al. (2013). Os ostracodes possuem formato da carapaça semelhante, e não foram separados em morfogrupos.

A determinação das biofácies foi realizada através da ocorrência das espécies de foraminíferos e ostracodes identificados ao longo dos afloramentos.

6.3 Análise Isotópica

O estudo foi realizado em 18 amostras, provenientes de três seções estratigráficas, sendo Cedro (Exu), localizado na porção centro-sul da bacia, Arrojado e Canastra, ambos em Araripina, na porção sudoeste da bacia.

As análises geoquímicas das amostras foram realizadas no NEG-LABISE – UFPE. Os microfósseis após triagem e separação foram pulverizados. O NEG- LABISE utiliza o método convencional de digestão (McCrea, 1950). Para os valores isotópicos de oxigênio e carbono, o pó foi diluído com ácido ortofosfórico a 25°C para liberar CO₂. Os dados isotópicos foram calibrados com padrões internacionais e os resultados apresentados em V-PDB (Vienna Pee Dee Belemnite).

A análise isotópica foi extraída da carapaça de ostracodes e foraminíferos. As espécies utilizadas foram *Pattersoncypris symmetrica* e *Agathammina* sp. selecionadas devido a maior abundância nas amostras.

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado da dissertação, foram elaborados dois manuscritos (submetidos). São eles:

Foraminifera and ostracoda of Lower Cretaceous (Aptian - lower Albian) from Araripe basin (Northeast Brazil): Paleoecology implications.

Isótopos De Oxigênio E Carbono Em Microfósseis Da Formação Romualdo, Cretaceo Inferior, Bacia Do Araripe, Pernambuco, Nordeste Do Brasil

7.1 Primeiro artigo

Foraminifera and ostracoda of Lower Cretaceous (Aptian - lower Albian) from Araripe basin (Northeast Brazil): Paleoecology implications

Rilda. C. Araripe ^{a*}, David H. D. Oliveira^b, Maria E. T. R.. Tomé^c, Renata Moura de Mello^d and Alcina M. F. Barreto^e

^a * Post-Graduate Programme in Geosciences –Department of Geology – Federal University of Pernambuco (Universidade Federal de Pernambuco) – Recife - 50670-901 – Brazil.

^b Centro de Ciências Agrárias - Campus II, Departamento de Ciências Biológicas - Centro de Ciências Agrárias – Universidade Federal da Paraíba - Centro – 58397-000 - Areia, PB – Brazil.

^c Departamento de Geologia da Universidade Federal de Pernambuco/ Laboratório de Isótopos Estáveis (NEG-LABISE)

^d PETROBRAS Research and Development Center, Av. Horácio de Macedo 950, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ 21941-915, Brazil, email: renatamouramello@yahoo.com.br

^e Departamento de Geologia e Pós-graduação em Geociências da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

* Corresponding author: Rilda Cardoso Araripe, Tel.: +55(81)2126-8240,

E-mail address: rildacardoso@gmail.com (Rilda Cardoso)

RESUMO: Um estudo da associação de microfósseis da Formação Romualdo foi realizado em 50 amostras de calcarenitos e argilitos, situados no nível das concentrações de invertebrados marinhos e nos calcários coquinoídeos, que compõem os estratos de caráter transgressivos da Formação Romualdo, Bacia do Araripe-PE. As amostras analisadas provêm de cinco afloramentos (Cedro, Santo Antônio, Arrojado, Canastra e Torre Grande), localizados nos municípios de Exu e Araripina na porção centro-sul e sudoeste da bacia. Foram identificadas 10 espécies de foraminíferos bentônicos e planctônicos são elas: *Agathammina pusilla*, *Agathammina* sp., *Spiroloculina* sp1, *Spiroloculina* sp2, *Quinqueloculina* sp. *Astacolus* sp., *Orthokarstenia* sp., *Saccamina* sp., *Conorboides minutissima* e *Lingulogavelinella ciryi*. A associação de foraminíferos encontrada nesse estudo é tipicamente de ambiente marinho raso a lagunas hipersalinas. Tal associação demonstra uma afinidade com a fauna tetiana com a presença de espécies do gênero *Agathammina*. Foram identificados cinco espécies de ostracodes: *Pattersonocypris salitrensis*, *Pattersonocypris symetrica*, *Pattersonocypris sinuata*, *Candonopsis aff. C. alagoensis* e *Damonella grandiensis*. As espécies de ostracodes são de ambiente mixohialino e estaria resistindo a variação de salinidade ocorridas durante deposição da Formação Romualdo. Foram identificadas quatro biofácies, no qual foi possível correlacionar os afloramentos e concluir que a porção centro-sul da Bacia do Araripe possui maior representatividade da influência marinha que na porção sudoeste. Dessa forma, a ingressão marinha ocorrida no Aptiano, poderia ter atingido primeiramente a parte centro-sul da bacia, sentido N/NE.

Palavras-chave: Microfósseis, Formação Romualdo, transgressão marinha.

1 INTRODUÇÃO

A Bacia do Araripe é composta por unidades estratigráficas associadas à fragmentação do Gondwana e abertura do Atlântico Sul (Assine et al, 2014). O estudo de microfósseis têm sido uma importante ferramenta para se obter informações sobre

e as transgressões marinhas que ocorreram durante o Cretáceo nesta bacia, e que ficaram registradas em estratos da Formação Romualdo. A maioria dos estudos paleoecológicos da bacia foram realizados através da análise palinológica (grãos de pólen, esporos, dinoflagelados) e de ostracodes (Lima, 1978; Do Carmo, 1998; 2008; 2004a, Coimbra et al, 2012 e Hessel et al. 2006 Arai e Coimbra, 1990; Pons *et al.*, 1990; Berthou *et al.* 1994; Pons et al., 1996; Tomé et al. 2014) e discutem a influência marinha na bacia, ainda assim, com uma série de questionamentos. Segundo Beurlen (1963, 1966) e Arai (2014) no extremo oeste da Bacia do Araripe, depósitos marinhos, representados por folhelhos com concreções e coquinas com equinodermatas, constituem o registro mais marcante, testemunhando, assim, o alcance da transgressão marinha eoalbiana no interior do Nordeste.

A micropaleontologia e a bioestratigrafia desempenham um papel importante em decifrar o registro estratigráfico produzido pelas mudanças no nível do mar. Organismos como foraminíferos (bentônicos e planctônicos) e ostracodes fornecem uma riqueza de informações paleoambientais para o reconhecimento de sistemas deposicionais, que se desenvolveram em resposta a mudanças do nível relativo do mar (Leckie e Olson, 2012).

Os estudos da fauna de ostracodes da Bacia do Araripe são bastante conhecidos, diversos trabalhos envolvendo taxonomia, bioestratigrafia, correlações com bacias adjacentes e estudos paleoecológicos já foram realizados, fazendo com que se tenha um grande conhecimento dos táxons presentes nos estratos da região. (Krommelbein & Weber, 1971; Bate, 1971, 1972, 1973; Silva, 1978a,b,c.; Arai & Coimbra, 1990; Berthou *et al.*, 1990; Silva Tales Jr. & Viana, 1990; Colin & Depèche, 1997; Tomé 2011; Tomé et al. 2014)

Ao contrário dos ostracodes, a ocorrência de foraminíferos na Bacia do Araripe é pouco explorado, os trabalhos anteriormente publicados citam a ocorrência de foraminíferos, tanto bentônicos quanto planctônicos, porém com pouca informação taxonômica, principalmente devido a preservação alteração diagenética das carapaças desses microfósseis.

O presente trabalho tem como objetivo, identificar a associação de foraminíferos e ostracodes da Formação Romualdo, e inferir possíveis informações paleoambientais sobre o processo de transgressão marinha durante o Albiano da Bacia sedimentar do Araripe.

2 CONTEXTO GEOLÓGICO

A Bacia Sedimentar do Araripe está implantada em terrenos pré-cambrianos da Zona Transversal da Província Borborema (Brito Neves et al. 2000), a sul do Lineamento de Patos. Sua área de extensão não se limita à Chapada do Araripe, estendendo-se também pelo Vale do Cariri, num total de aproximadamente 9.000 km², sendo a mais extensa das bacias interiores do Nordeste do Brasil (Assine, 1992).

O registro do Andar Alagoas (Aptiano – Albiano inferior) é a megassequência pós-rifte da bacia, que litoestratigraficamente corresponde ao Grupo Santana, constituído, da base para o topo, pelas formações Barbalha, Crato, Ipubi e Romualdo. O reconhecimento de uma superfície de máxima inundação marinha no final da megassequência (Formação Romualdo) permitiu a caracterização de um ciclo transgressivo-regressivo (Assine et al 2014).

A Formação Romualdo é representada por uma sequência de margas argilitos e folhelhos onde são encontradas concreções calcárias e bancos calcários (Beurlen, 1963). Como em um processo transgressivo, os arenitos e folhelhos costeiros que ocorrem na base da formação dão lugar a folhelhos verdes ricos em ostracodes, depositados em ambientes costeiros mixohalinos (Arai & Coimbra, 1990), seguidos pelos folhelhos escuros, onde ocorrem os famosos nódulos calcários com vertebrados fósseis. No topo da unidade são encontrados calcários coquinóides, que possuem ampla dispersão geográfica na bacia. Por fim, acima do nível dos macroinvertebrados, pode aflorar um nível contendo folhelhos interdigitados a siltitos e arenitos com a presença de fósseis de água doce, caracterizando condições regressivas (Beurlen, 1971; Assine, 2007).

De acordo com Custódio (2017) a parte mais superior da sequência deposicional da Formação Romualdo é caracterizada como Trato de Sistemas de Mar Alto, que está localizado acima da superfície de inundação máxima (nível de preservação das concreções carbonáticas). Segundo a autora, é possível reconhecer quatro diferentes fases, e interpretar mudanças ambientais durante o trato de mar alto. A fase I corresponde a um período de agradação e aumento lento do nível do mar (dinocistos, bivalves e gastrópodes), a fase II sucedendo a fase de agradação, ocorre uma progradação durante nível do mar estacionário (desaparecimento abrupto de palinomorfos marinhos e o aumento considerável de palinoformos continentais). A fase III, caracterizada por folhelhos intercalados com coquinas e calcários coquinóides agora ricos em palinomorfos marinhos e matéria orgânica e por fim, a fase IV progradação, caracterizada por coquinas em sentido ao topo a sucessão estratigráfica. Registrando um evento transgressivo no topo da Formação Romualdo.

Inúmeros trabalhos da Formação Romualdo apresentam e discutem a datação mais precisa dos depósitos dessa unidade, a maioria tendem a posicioná-la no Cretáceo Inferior

(Braun, 1966; Mabessone & Tinoco, 1973; Lima, 1978). Braun (1966) atribui idade Aptiano-Albiano para o Grupo Santana, baseando-se em dados da microfauna, tais como *Candonopsis* sp., *paraschuleridea* sp., *heterocypris* sp., *bisulcocypris* sp., similares a Formação Riachuelo (Bacia do Sergipe), pertencentes a paleozona Z-7. Segundo Brito (1984) a parte superior da Formação Romualdo, a qual é marcada por equinóides e moluscos marinhos, corresponde ao Neoptiano alcançando o Neoalbiano. Arai et al. (2000) apresentam dados paleontológicos das bacias do Nordeste do Brasil (São Luís, Potiguar, Araripe e Ceará) que marcam a Ecozona *Subtilisphaera*, compreendendo também no limite Aptiano-Albiano.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizadas várias etapas de campo na porção centro-sul e sudoeste da Bacia do Araripe, em Pernambuco, sendo selecionadas cinco localidades para estudo de microfósseis, devido à ocorrência de calcarenitos com boa diversidade e preservação de fósseis de moluscos e equinóides cassiduloides (Figura 1).

No campo, foram obtidas informações estratigráficas e feita a coleta de amostras em calcarenitos e argilitos, no nível das concentrações de invertebrados marinhos e nos calcários coquinóides, nas porções mais superiores da Formação Romualdo. As localidades selecionadas foram os sítios Cedro e Santo Antônio no município de Exu, Canastra, Arrojado e Torre Grande nos municípios de Araripina, PE, porções sudoeste e centro sul da bacia.

Foram coletadas um total de 50 amostras para investigação de microfósseis, onde duas frações granulométricas de cada amostra foram analisadas. Entre as 50 amostras estudadas, 30 apresentaram microfósseis.

A preparação e análise dos microfósseis foram realizadas no Laboratório de Paleontologia do Departamento de Geologia da UFPE (PALEOLAB). Aproximadamente 60g de cada amostra foi retirada para o tratamento com peróxido de hidrogênio (H_2O_2) a 29% por 24 horas. Após, o material foi lavado utilizando-se peneiras de 0,250 mm, 0,180 mm e 0,062 mm (250 Tyler), a maior parte dos microorganismos, principalmente foraminíferos, ficou retida na peneira 0,062 mm que foi lavada várias vezes para a retirada das argilas. O material foi colocado em estufa a 60°C para secagem e em seguida feita a triagem dos espécimes de foraminíferos e ostracodes. Para análise mais apurada, foi feita a montagem de “stubs” com os principais morfotipos e realizada as fotomicrografias em microscópio eletrônico de varredura (MEV).

A classificação de morfogrupos utiliza características morfológicas externas, como arranjo das câmaras, padrão de enrolamento e configuração geral da testa, correlacionando com a função das características ecológicas. A aplicação nos diagnósticos de condições

ambientais, segue o mesmos conceitos básicos usados anteriormente por Chamney (1976), Severin (1983), Jones e Charnock (1985), Bernhard (1986) e Jones (1986), Koutsoukos & Hart (1990), Huber et al., (1999); Leckie et al.(2002); Birch et al. (2013) e Wendler et al. (2013).

A determinação das biofácies foi realizada através da ocorrência das espécies de foraminíferos e ostracodes identificados ao longo dos afloramentos.

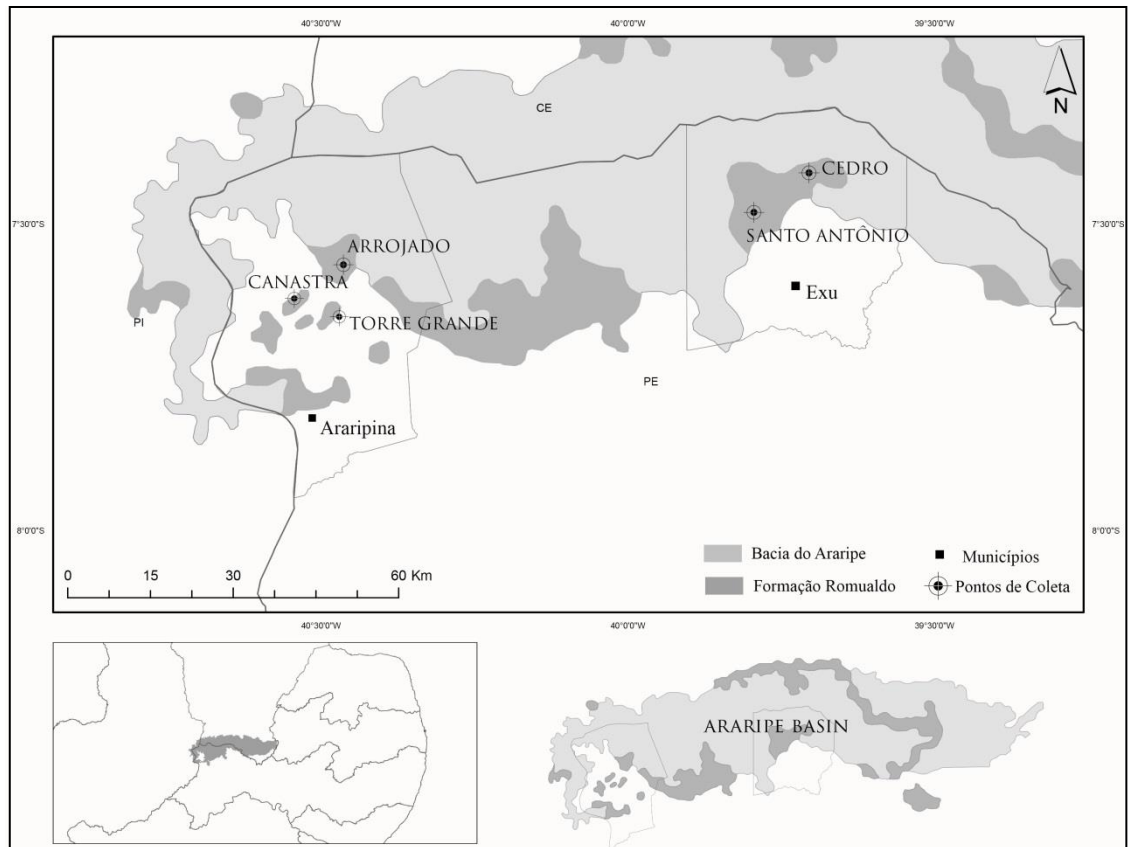


Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo, Formação Romualdo, sudoeste da Bacia do Araripe, Pernambuco, nas cidades de Exu (sítios Cedro e Santo Antônio) e Araripina (sítios Canastra, Arrojado e Torre Grande).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram identificados um total de 10 espécies de foraminíferos bentônicos, algumas espécies de foraminíferos planctônicos não identificados e, 5 espécies de ostracodes. As espécies de foraminíferos foram separados em morfogrups devido a variação no formato da carapaça. Os ostracodes possuem formato da carapaça semelhante, e não foram separados em morfogrups.

Para os cinco afloramentos, foram identificados quatro biofácies de acordo com a associação faunística e os parâmetros ambientais. Duas biofácies para a associação de foraminíferos e duas biofácies para a associação de ostracodes.

A sistemática adotada para os foraminíferos seguiu a descrição feita por Leoblich e Tappan, 1988 & Ellis e Messina, 1940-2006. Devido às condições de preservação e características diagenéticas das carapaças, muitos táxons foram identificados apenas em nível de gênero. Para os ostracodes, a sistemática supragenérica segue a mesma adotada por Liebau (2005). Os espécimes estudados foram tombados e depositados na *Coleção de Microfósseis Ivan de Medeiros Tinoco* do Laboratório de Paleontologia da UFPE.

4.1 Foraminíferos

Foram identificadas 10 espécies de foraminíferos bentônicos, são elas: *Agathammina pusilla*, *Agathammina* sp., *Spiroloculina* sp1, *Spiroloculina* sp2, *Quinqueloculina* sp. *Astacolus* sp., *Orthokarstenia* sp., *Saccammina* sp., *Conorboides minutissima* e *Lingulogavelinella ciryi*. Nos cinco afloramentos estudados, apenas o afloramento Torre Grande não obteve a recuperação de foraminíferos.

As espécies de foraminíferos encontradas foram separadas em cinco morfogrupos (A, B, C, D e E) agrupados de acordo com a forma da carapaça. O morfogrupo A é composto pelos gêneros com arranjo planoespiral ou similar ao quinqueloculina como, *Aghatammina*, *Spiroloculina* e *Quinqueloculina*. O morfogrupo B composto pelos gêneros alongados e unisseriais, *Astacolus* e *Orthokarstenia*. O morfogrupo C, composto pelo gênero globular *Saccammina*, o morfogrupo D composto pelos gêneros *Conorboides* e *Lingulogavelinella*, espécimes que possuem enrolamento trocoespiral, e o morfogrupo E, composto pelos planctônicos não identificados (Tabela 1).

Foram identificadas duas biofácies para foraminíferos:

Biofácies I: A associação de foraminíferos dessa biofácies é formada principalmente por foraminíferos bentônicos epifaunais do morfogrupo A (*Aghatammina*, *Spiroloculina* e *Quinqueloculina*). Porém, dependendo do afloramento, também é composta pela ocorrência do morfogrupo B (*Astacolus* e *Orthokarstenia*) e C (*Saccammina*), com uma menor representatividade. Essa biofácies é caracterizada por espécies típicas de ambiente marinho raso. Tal biofácies é encontrada em quatro afloramentos (Cedro, Santo Antônio, Canastra e Arrojado).

Biofácies II: A associação de foraminíferos dessa biofácies é formada principalmente pela ocorrência do morfogrupo E (indivíduos planctônicos) juntamente com as espécies bentônicas do morfogrupo D (*Conorboides* e *Lingulogavelinella*). Essa biofácies indicaria um ambiente um pouco mais profundo devido a essa associação. As espécies planctônicas não foram identificadas devido à preservação diagenética do material. Essa biofácies foi encontrada em dois afloramentos Cedro e Santo Antônio.

Tabela 1 - Morfogrupos de foraminíferos com a representação morfológica e a ocorrência dos morfogrupos nos afloramentos.

Morfogrupo	Representação	Táxon	Afloramento	Modo de vida
Morfogrupo A		<i>Quinqueloculina</i> sp.	Arrojado	Epifaunal
		<i>Spiroloculina</i> sp.	Sto. Antônio Cedro Arrojado Canastra	
		<i>Agathammina pusilla</i> <i>Agathammina</i> sp.	Sto. Antônio Cedro Arrojado Canastra	
Morfogrupo B		<i>Astacolus</i> sp.	Cedro Arrojado	Epifaunal a infaunal raso
		<i>Orthokarstenia</i> sp.	Cedro	Epifaunal a infaunal raso
Morfogrupo C		<i>Saccamina</i> sp.	Arrojado	
Morfogrupo D		<i>Conorboides</i> <i>Lingulogavelinella</i>	Sto. Antônio	Epifaunal a infaunal raso
Morfogrupo E		Planctônicos Indet.	Cedro e Sto. Antônio	

Classe **Foraminifera** Sen Gupta, (1990)
 Ordem **Miliolida** Sen Gupta, 1990
 Família **Haurinidae** Schwager, 1876

Gênero **Quinqueloculina** d'Orbigny 1826

***Quinqueloculina* sp.**

Figura 4, A-B

Descrição: Testa calcária oval muito pequena; periferia arredondada a levemente angular, organização das câmaras do tipo *Quinqueloculina*; suturas bem marcada; última câmara arredondada e arqueada na parte basal e estendendo-se além na câmara anterior, parte apical estendendo-se para a abertura terminal com um lábio na borda.

Material Ilustrado: N°. DG-CTG-UFPE- 1.442. O material ilustrado provém amostra 2,30 m.

Dimensões: L=100µm H=205µm;

Ocorrência e fauna associada: O gênero *Quinqueloculina* sp. foi identificado no afloramento Arrojado e ocorre associado a espécies do gêneros *Astacolus* sp. e *Saccamina* sp.

Observações: Testa muito pequena e com e pouco preservada.

Distribuição estratigráfica: Cretáceo ao Holoceno.

Superfamília **Miliolacea**, Ehrenberg, 1839
 Família **Hemigordiopsidae** Nikitina, 1969
 Gênero **Agathammina** Neumayr, 1887

Agathammina pusilla

Figura 4, C-D

- 1848 *Agathammina pusilla* Geinitz in Geinitz and Gutbier, p. 6, pl. 3, figs. 3-6.
 1959 *Agathammina pusilla* Geinitz; Wolanska, (p. 47-48), 57 tex fig. 1-2 (p. 37), 3 (p. 41), 4 (p. 42), pl. 1, figs. 1a-3d, pl. 2, figs. A-C, 1-23, pl. 3, figs. 24-55.
 1988a *Agathammina pusilla* (Geinitz); Pronina, pl. 1, figs. 25-26.
 1995 *Agathammina pusilla* (Geinitz); Partoazar, pl. 2, fig. 15.
 2006 *Agathammina pusilla* (Geinitz); Nestell and Nestell, p. 10, pl. 3, figs. 1-5.
 2007 *Agathammina pusilla* (Geinitz); Gaillot and Vachard, p. 87-88, pl. 2, fig. 18, pl. 53, fig. 11, pl. 66, fig. 14.
 2010 *Agathammina* aff. *pusilla* (Geinitz); Angiolini et al., fig. 4.13.?
 2011 "*Agathammina*"; Song et al., fig. 6.52.

Descrição: Testa calcária, constituída por uma única câmara longa e tubular, e arranjo planoespiral. O espécime muito parecido com o arranjo de *Quinqueloculina*, porém sem divisões entre as câmaras, periferia e contorno arredondado.

Material Ilustrado: N°. DG-CTG-UFPE – 1.443. O material ilustrado provém da amostra 0,10 m.

Dimensões: H=201µm L= 105µm.

Ocorrência e fauna associada: Foi identificado nos afloramentos Santo Antônio, Cedro, Arrojado e Canastra. Em todos os afloramentos, ocorre principalmente associado a espécies do gênero *Spiroloculina* sp.

Observações: Apesar das características corresponderem com a descrição citada por Leoblich e Tappan (1992), como possuir carapaça opaca, nos espécimes analisados a carapaça tem aspecto transparente, e possui uma idade diferente a qual, segundo os autores é limitada ao Carbonífero/Permiano. Apesar disso, tal espécie já foi citada em trabalhos do Aptiano-Albiano. (Okay e Altiner, 2007; Roozbahani, 2011).

Distribuição paleogeográfica e estratigráfica: O gênero *Agathammina* é um gênero essencialmente Palaeo- e NeoTetiano, e é encontrado em várias regiões que possuem influência tetiana: EUA, Novo México, Formação Tansill, Permiano médio (Capitaniano); Alemanha, Zechstein inferior e médio; Polônia, a zona *Agathammina pusilla* do Zechstein inferior (Wolanska, 1959); Formação Naujoji Akmene (Miklukho-Maklay e Ukharskaya, 1975); A Formação Khachik do Midiano superior na Transcaucasia (Pronina, 1990); Karakaya Complex (Hodul Unit) no nordeste da Turquia (Nestell e Nestell, 2006). (Figura 2).

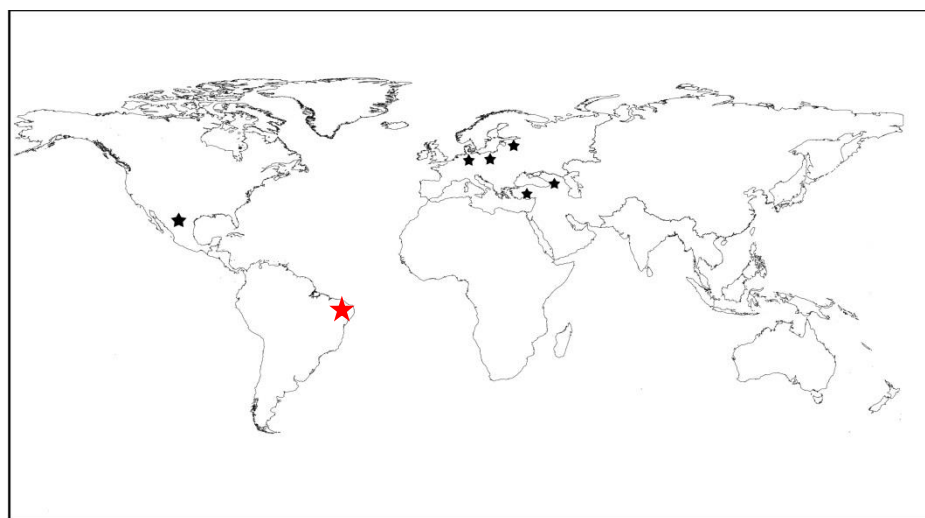


Figura 2 - Distribuição geográfica do gênero *Agathammina*. * neste trabalho.

***Agathammina* sp2.**

Figura 4, E-F

Descrição: Testa calcária, alongada, constituída por uma única câmara tubular com enrolamento planoespiral, periferia achatada com contorno arredondado; organização das câmaras semelhante ao tipo Quinqueloculina; ultima câmara maior que as demais, que se sobrepõe as câmaras da volta anterior; Abertura terminal.

Material Ilustrado: N°. DG-CTG-UFPE – 1.444. O material ilustrado provém do afloramento Cedro, com profundidade de 1,90 m.

Dimensões: L=70 µm H=235 µm.

Ocorrência e fauna associada: O gênero foi identificado no afloramento Cedro. Ocorre associado a *Agathammina* sp1 e a espécies do gênero *Spiroloculina* sp.

Observações: Se diferencia da espécie *Agathammina* sp1 por possuir testa mais alongada, e sua última volta que se sobrepõe as voltas anteriores.

Family ***Spiroloculinidae*** Wiesner, 1920

Genus ***Spiroloculina*** d'Orbigny 1826

***Spiroloculina* sp1**

Figura 4, G-L

Descrição: Testa calcária, achatada, enrolamento planoespiral; periferia arredondada, e contorno oval a semicircular; suturas marcadas; duas câmaras na última volta; última câmara se estende a uma abertura terminal, não produz pescoço.

Material Ilustrado: N°. DG-CTG-UFPE 1.445 – e N°. DG-CTG-UFPE 1.446 – e N°. DG-CTG-UFPE 1.447; O material ilustrado provém do afloramento Cedro, com profundidade 0,10 m.

Dimensões: H=225 µm L= 135µm.

Ocorrência e fauna associada: O gênero *Spiroloculina* sp1 foi identificado nos afloramento Cedro, Santo Antônio, Arrojado e Canastra. Ocorre associado a espécies *Agathammina* sp1, *Agathammina* sp2 e *Spiroloculina* sp2

Observações: É possível perceber uma espécie de prolóculo na vista ventral, o que não é observado na vista dorsal, provavelmente devido ao processo diagenético. Diferencia-se da *spiroloculina* sp2. por possuir a testa mais alongada e fusiforme. Cenomoniano a Coniaciano.

***Spiroloculina* sp2**

Figura 4, M-P

Descrição: Testa calcária e enrolamento planoespiral; Periferia achatada com contorno arredondado; suturas bem marcada e deprimida; última câmara um pouco mais larga, quando comparada com as anteriores, apresentando uma abertura terminal simples, semi-arredondada.

Material Ilustrado: N°. DG-CTG-UFPE 1.447 - N°. DG-CTG-UFPE 1.448

Dimensões: H= 233µm L= 212µm

Ocorrência e fauna associada: Afloramento Santo Antônio e Canastra. Ocorre associado a espécies dos gêneros *Agathammina* sp.1 e *Spiroloculina* sp.1 *Astacolus* sp.1.

Observações: Esta espécie diferencia-se da *Spiroloculina* sp1 por possuir uma testa mais arredondada.

Distribuição estratigráfica: Cenomoniano a Coniaciano.

Suborder Rotaliina Delage & Hérouard, 1896

Superfamily Nodosariacea Ehrenberg, 1838

Family Nodosariidae Ehrenberg, 1838

Subfamily Nodosariinae Ehrenberg, 1838

Genus *Astacolus* Montfrot, 1808

Astacolus sp.

Figura 4, R-S

Descrição: Testa calcária, uniserial, alongada; câmaras ligeiramente infladas; porção inicial trocoespiral; contorno ventral reto e contorno dorsal inclinado; suturas bem marcadas e deprimidas;

Material Ilustrado: N°. DG-CTG-UFPE – 1.449. O material ilustrado provém do afloramento Santo Antônio, com profundidade 0,10 m.

Dimensões: H=246µm L= 97µm

Ocorrência e fauna associada: O gênero *Astacolus* ocorre nos afloramentos Santo Antônio e Arrojado. Ocorre associado a espécies do gênero *Spiroloculina* sp2, *Agathammina* sp1 e *Saccamina* sp.

Observações: Não é possível observar o enrolamento da porção inicial, característico do gênero, provavelmente devido a qualidade da preservação.

Distribuição paleogeográfica e estratigráfica: Registrado em regiões boreais, Madagascar, Sinai, Canadá. A ocorrência estratigráfica da maioria das espécies é considerada como simultânea em ambos os lados do atlântico. Permiano ao Recente.

Superfamily Buliminacea Jones, 1875

Family Uvigerinidae Haeckel, 1894

***Orthokarstenia* sp.**

Figura 4, Q

Descrição: Testa calcária, alongada e uniserial; periferia semiarredondada com porção inicial um pouco curvada; suturas levemente marcadas; cerca de 4 câmaras arredondadas.

Material Ilustrado: N°. DG-CTG-UFPE – 1.450. Material ilustrado provém do afloramento Cedro, com profundidade 0,30 m.

Dimensões: H=303 µm L=102µm.

Ocorrência e fauna associada: Afloramento Cedro. Ocorre associado a espécies do gênero *Agathammina* sp, *Spiroloculina* sp. e espécies de planctônicos não identificados.

Observações: Nesse espécime, não é possível observar o estágio inicial planoespiral, provavelmente devido a preservação e característica diagenética da carapaça.

Distribuição estratigráfica: Aptiano superior.

Order **Astrorhizida** Lankester, 1885

Family **Saccaminidae** Brady, 1884

Genus **Saccamina** Sars, 1869

***Saccamina?* sp.** Tappan, 1960

Figura 4, T

Descrição: Testa aglutinante, unilocular, globular.

Material Ilustrado: N°. DG-CTG-UFPE – 1.451.

Dimensões: H= 201µm L= 212µm.

Ocorrência e fauna associada: Afloramento Arrojado. Ocorre associado a espécies do gênero *Agathammina* sp, *Spiroloculina* sp. e *Astacolus* sp.

Range: Siluriano ao recente.

Suborder **Lagenina** Delege & Herouard, 1896

Superfamily **Conorboidacea** Thalmann, 1952

Family **Conorboididae** Thalmann, 1952
Genus **Conorboides** Hofker, 1952

Conorboides minutissima (Tappan)

Figura 4, W-Z

1943, *Discorbis minutissima* Tappan, p.511, pl. 82, figs 5-6

1970, *Cornoboides minutissima* (Tappan). Eicher & Worstell, p. 295, pl. 6, figs. 9, 11, pl. 7, fig. 1.

1977a *Conorboides minutissima* (Tappan). Sliter, 1977a, pl. 13, figs 7-8.

1982 *Conorboides minutissima* (Tappan). Haig, p. 43, pl. 9, figs 6-9.

Descrição: Testa calcária, enrolamento trocoespiral, contorno levemente arredondado, ligeiramente côncavo-convexa; 12 câmaras na parte dorsal, com 4 câmaras na última volta, sendo a última câmara um pouco maior que as demais (mais inflada); Suturas bem distintas e oblíquas; 3 ou 4 câmaras visíveis na parte ventral. Abertura interomarginal situado na última câmara.

Material Ilustrado: N°. DG-CTG-UFPE – 1.452 e N°. DG-CTG-UFPE – 1.453. Material ilustrado provém do afloramento Santo Antônio (0,10 m) e Cedro (1,10 m).

Dimensões: H=232 µm L= 117µm.

Ocorrência e fauna associada: Afloramento Santo Antônio e Cedro. Ocorre associado a espécies do gênero *Agathammina*, *Spiroloculina* e espécies planctônicas não identificadas.

Observações: Devido à preservação e característica diagenética da carapaça não é possível observar o *flap* característico da espécie.

Distribuição estratigráfica: Brasil, Bacia Sergipe/Alagoas, Aptiano a Coniaciano. Espécie com ampla distribuição estratigráfica.

Suborder **Rotaliina** Delege & Herouard, 1896

Superfamily **Chilostomallacea** Brady, 1881

Family **Gavelinellidae** Hofker, 1956

Subfamily **Gavelinellinae** Hofker, 1956

Genus **Lingulogavelinella** Malapris, 1965

Lingulogavelinella ciryi Malapris-Bizouard

Figura 4, U-V

1967, *Lingulogavelinella ciryi ciryi* Malapris-Bizouard, p.137-138, PL 1, figs 16-19, PL. 2, figs 1-20.

1973, *Lingulogavelinella aff. ciryi ciryi* Malapris-Bizouard. Maync, p. 1099, PL. 4, figs 6-11.

1978, *Lingulogavelinella ciryi* Malapris-Bizouard. Gradstein, PL. 5, figs. 9, 13-17.

Descrição: Testa calcária, enrolamento trocoespiral, contorno arredondado; Vista dorsal côncava com 4 câmaras visíveis na última volta, sendo a ultima câmara mais inflada de formato triangular; Suturas distintas e bem marcadas; Vista ventral levemente convexa com 4 câmaras visíveis.

Material Ilustrado: N°. DG-CTG-UFPE – 1.454; Material ilustrado provém do afloramento Cedro (0,10 m).

Dimensões: H=226 µm L= 129µm.

Ocorrência e fauna associada: Afloramento Cedro e Santo Antônio. Ocorre associado a espécies do gênero *Agathammina*, *Spiroloculina* e espécies planctônicas não identificadas.

Distribuição estratigráfica: Brasil, Bacia Sergipe/Alagoas, Aptiano ao Coniaciano.

Planctônicos indet.

Figura 3

Descrição: Testa com formato globular, enrolamento trocoespiral com periferia arredondada. A testa é constituída por quatro grandes câmaras uniformes e infladas, dividindo a carapaça em quatro regiões simétricas, semelhante às formas globogerinoides.

Ocorrência e fauna associada: Afloramento Cedro e Santo Antônio. Ocorre associado as espécies *Lingulogavelinella ciryi* e *Conorboides ex gr. Minutíssima*.

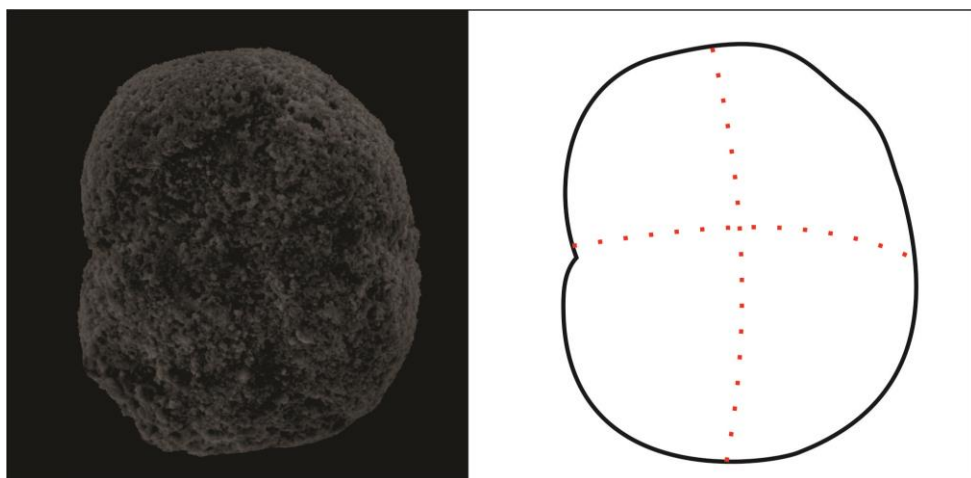


Figura 3 – Imagem de foraminífero planctônico com o detalhamento das quatro câmaras e da periferia arredondada.



Figura 4: (A–B) *Quinqueloculina* sp. Afloramento Cedro (0,10 m), Aptiano-Albiano; (A) vista dorsal e (B) vista ventral; (C–D) *Agathammina pusilla*. Afloramento Cedro (0,10 m), Aptiano-Albiano; (C) vista dorsal e (D) vista ventral; (E–F) *Agathammina* sp2 Afloramento Cedro, (0,10 m), Aptiano-Albiano; (E) vista dorsal (F)

vista ventral; **(G-H) *Spiroloculina* sp1.** Afloramento Cedro (0,10 m), Aptiano-Albiano; (G) vista dorsal (H) vista ventral; **(I-J) *Spiroloculina* sp1.** Afloramento Cedro (0,1 m), Aptiano-Albiano; (I) vista dorsal (J) vista ventral; **(K-L) *Spiroloculina* sp1.** Afloramento Canastra (3 m), Aptiano-Albiano; (K) vista dorsal (L) vista ventral; **(M-N) *Spiroloculina* sp2.** Afloramento Cedro (1,90 m), Aptiano-Albiano; (M) vista dorsal (N) vista ventral; **(O-P) *Spiroloculina* sp2.** Afloramento Cedro (1,90 m), Aptiano-Albiano; (O) vista ventral (P) vista dorsal; **(Q) *Orthokarstenia* sp.** Afloramento Cedro (0,30 m) **(R-S) *Astacolus* sp.** Afloramento Santo Antônio (0,10 m); (R) vista ventral (S) vista dorsal; **(T) *Saccamina* sp.** Afloramento Arrojado (2,3 m); **(U-V) *Lingulogavelinella ciryi*.** Afloramento Cedro (1,70 m), (U) vista ventral (V) vista dorsal; **(W-Z) *Conorboides minutíssima*.** Afloramento Santo Antônio (0,10 m), (U) vista ventral (V) vista dorsal; **(Y-Z) *Conorboides minutíssima*.** Afloramento Cedro (1,10 m), (Y) vista ventral (Z) vista dorsal.

4.2 Ostracodes

Foram identificadas cinco espécies de ostracodes: *Pattersoncypris salitrensis*, *Pattersoncypris symmetrica*, *Pattersoncypris sinuata*, *Candonopsis aff. alagoensis* e *Damonella grandiensis*. Os ostracodes são encontrados em melhor estado de preservação. Foi registrada a presença de ostracodes em todos os afloramentos estudados.

As biofácies identificadas para ostracodes foram:

Biofácies III: A associação de ostracodes dessa biofácies é formada pela abundância da espécie *Pattersoncypris symmetrica*, que corresponde a 69% da assembleia. Tal biofácies também é composta pela espécie *Pattersoncypris salitrensis*, ambas as espécies de ambiente salino lacustre. Tal biofácies é encontrada em quatro afloramentos (Cedro, Santo Antônio, Canastra e Arrojado).

Biofácies IV: A associação de ostracodes dessa biofácies é formada pela abundância da espécie *Candonopsis aff. C. alagoensis*. O gênero *Candonopsis* é tido como não marinho, porém em alguns estudos já foi descrito em ambientes de água salobra. Tal biofácies é encontrada nos quatro afloramentos Cedro, Santo Antônio, Canastra e Arrojado.

Classe **Ostracoda** Latreille, 1806
Ordem **Podocopida** Müller, 1894
Subordem **Podoopina** Sars, 1866
Superfamília **Cypridoidea** Baird, 1845
Família **Cyprididae** Baird, 1845
Subfamília **Cypridinae** Baird, 1845
Gênero ***Pattersoncypris*** Bate, 1972

Pattersoncypris salitrensis (Krömmelbein and Weber, 1971)

Figura 5, A-C

1971 *Hourcqia angulata salitrensis* - Krömmelbein & Weber, p. 22 and 50, plate 6.

1972 *Pattersoncypris angulata salitrensis* - Bate, p. 389, Text-Fig. 11 (c,d,f).

2006 *Harbinia salitrensis* - Ramos et al., p. 344, Fig. 4Q, non 4R, 4S and 4T.

2008 *Harbinia salitrensis* - Do Carmo et al., p. 795, fig.6, n° 8.

2012 *Harbinia salitrensis* - Antonietto et al., p. 662, fig.4, n° 1-10.

2012a *Pattersoncypris salitrensis* - Poropat and Colin, p.708, Fig. 4, N° 3.

2014 *Pattersoncypris salitrensis* - Tomé et al., p.167, Fig. 10Q e S and Fig. 14A e C.

Material Ilustrado: Carapaça adulta, N° DG-CTG-UFPE - 1.437, Material ilustrado provém do afloramento Cedro (0,10 m).

Dimensões: N°. DG-CTG-UFPE-1.437 (**Figura 5, A-C**); L = 720 µm, H = 500 µm, and W = 450 µm.

Comparação: Material comparado com a espécie *Pattersoncypris salitrensis* (N° DG-CTG-UFPE-1971 e N° DG-CTG-UFPE-1166) descritas e depositadas por Tomé et al. 2014 na coleção de microfósseis da UFPE.

Ocorrência e associação de fauna: Afloramento Arrojado, Cedro, Canastra e Santo Antônio. *Pattersoncypris salitrensis* está associada no presente trabalho as seguintes espécies de ostracodes: *P. sinuata*, *P. symmetrica* e *Candonopsis* aff. *alagoensis*. A mesma também ocorre associada aos seguintes gêneros de foraminíferos: *Agathammina* e *Spiroloculina*.

Observações: Dentre as espécies pertencentes ao gênero *Pattersoncypris*, a *P. salitrensis* é a mais simples de ser identificada. Em vista dorsal, a extremidade anterior é estreita a partir da região mediana, uma forma de tamanho relativamente grande de fácil reconhecimento e inflada.

Distribuição estratigráfica: Brasil, Bacia do Araripe, Grupo Santana (acima das camadas com peixes), intervalo datado como Aptiano (Krömmelbein and Weber, 1971; Bate, 1999; Poropat and Colin, 2012a) e Formação Romualdo, Albiano (Tomé et al.,2014). Bacia Grajaú, Formação Codó, Aptiano superior (Ramos et al.,2006). Bacia Potiguar, Formação Alagamar, Aptiano (Do Carmo et al., 2008). No presente estudo, Bacia Araripe, Formação Romualdo, Albiano inferior.

Pattersoncypris symmetrica (Krömmelbein and Weber, 1971)

Figura 5, D-F

- 1971 *Hourcqia angulata symmetrica* Krommelbein and Weber, p.,36-37, Est. 6, fig. 25a, b.
 1990 *Hourcqia?* sp. 2 Silva-Telles and Viana, p. 318-321, Est. 2, Fig. 8.
 1990 *Hourcqia angulata symmetrica*, Silva-Telles and Viana, p.318-321, Est. 1 e 3, Figs. 8.
 1990 *Cultella* sp.1 e sp.2. Depeche, Berthou and Campos,;p.305- 308, Pl. 2, Fig. 1-3.
 1990 *Pattersoncypris micropapillosa*, Depeche, Berthou and Campos,p.307-308, Pl. 3, Fig. 7.
 1990 *Cultella* sp. Depeche, Berthou and Campos,p.307-308, Pl.3, Fig. 19.
 Non 2006 *Harbinia* aff. *H. symmetrica* - Ramos et al., p. 344-345, Fig. 4M-P

Material Ilustrado: Carapaça adulta, N° DG-CTG-UFPE - 1.438. Material ilustrado provém do afloramento Cedro (0,10 m).

Dimensões: N°. DG-CTG-UFPE-1.438(**Figurae 5, D-F**); L = 720 µm e H = 435 µm.

Comparação: *Pattersoncypris symmetrica* do presente estudo foi comparada com as ilustrações das principais espécies pertencente ao referido gênero apresentada em Do Carmo et al. (2008). Assim como o material de N°. DG-CTG-UFPE-1164 descrito e depositado por Tomé et al. (2014). Bacia Potiguar, Formação Alagamar.

Ocorrência e associação de fauna: Afloramento Arrojado, Cedro, Canastra, Santo Antônio e Torre Grande. *Pattersoncypris symmetrica* está associada no presente trabalho as seguintes espécies de ostracodes: *P. sinuata*, *P. salitresnsis* e *Candonopsis* aff. *alagoensis*. A mesma também ocorre associada aos seguintes gêneros de foraminíferos: *Agathammina* e *Spiroloculina*.

Observações: *Pattersoncypris symmetrica* foi incluída no gênero Kroemmelbeincypris descrito por Poropat e Colin, 2012. Contudo no presente trabalho os autores não estão completamente certos da existência desse novo gênero. Uma vez que o principal argumento utilizado para a preposição, é a existência de ornamentação na superfície da carapaça das espécies pertencentes ao referido gênero. Entretanto é valido destacar a importância de um estudo envolvendo características ecofenóticas da carapaça e mudanças morfológicas devido a alterações ambientais tais como salinidade, isso por que a fauna característica desse intervalo é típica de um ambiente transicional.

Distribuição estratigráfica: Brasil, Bacia do Araripe, Grupo Santana (acima das camadas com peixes, intervalo datado como Aptiano (Krömmelbein e Weber, 1971; Bate, 1999; Poropat e Colin, 2012a) e Formação Romualdo, Albiano (Tomé et al., 2014). Bacia Grajaú, Formação Codó, Aptiano superior (Ramos et al., 2006). Bacia Potiguar, Formação Alagamar, Aptiano (Do Carmo et al., 2008).

Pattersoncypris sinuata (Krömmelbein and Weber, 1971)

Figura 5, G-I

1971 - *Hourcquia angulata sinuata* (Krömmelbein and Weber), p.21, est. 6, figs. 24a-c.

1990 - *Hourcquia angulata* ssp. Silva-Telles Jr. e Viana, est. 3, fig. 4.

2006 - *Harbinia sinuata* Gobbo-Rodrigues. p.38-39, fig. 9:1-3.

2008 - *Harbinia angulata* Do Carmo et al., fig. 4, nº 10.

2012 - *Pattersoncypris sinuata* Poropat and Colin, p. 714, fig. 4.2.

2013 - *Harbinia sinuata* Do Carmo et al., p.95, Figs 4. 1- 4.27.

Material Ilustrado: Carapaça juvenil, Nº DG-CTG-UFPE - 1.439, Material ilustrado provém do afloramento Cedro (0,10 m).

Dimensões: Nº. DG-CTG-UFPE-1.439 (Figura 5, G-I); L = 520 µm, H = 350 µ.

Comparação: Afloramento Arrojado, Cedro, Canastra e Santo Antônio. *Pattersoncypris sinuata* do presente estudo foi comparada com as ilustrações das principais espécies pertencente ao referido gênero apresentada por Do Carmo et al. 2008 e Do Carmo et al. 2013. É válido lembrar que este último autor descarta o fato que a espécie descrita em Krömmelbein e Weber, 1971 é um exemplar juvenil e faz uma *emend* apresentando um exemplar adulto, entretanto a forma encontrada no presente estudo é idêntica a forma juvenil ilustrada por Krömmelbein and Weber, 1971 e Do Carmo et al. 2013.

Ocorrência associação de faunal: *Pattersoncypris sinuata* está associada no presente trabalho as seguintes espécies de ostracodes: *P. symmetrica*, *P. salitresnsis* e *Candonopsis* aff. *alagoensis*. A mesma também ocorre associada aos seguintes gêneros de foraminíferos: *Quinqueloculina* e *Spiroloculina*

Observações: é valido destacar uma pequena estrutura na extremidade antero-ventral que parece um pequeno “beak”. Observada apenas em vista lateral direita, tal estrutura foi relatada por Do Carmo et al. 2008.

Distribuição estratigráfica: Brasil, Formação Riachuelo, Bacia Sergipe-Alagoas (Krommelbein e Weber, 1971), intervalo considerado Aptiano superior (Koutsoukos et al., 1991; Feijo', 1994). Formação Romualdo, Bacia Araripe (Silva-Telles Jr. E Viana, 1990), Aptiano–Albiano (Regali, 1990, Coimbra et al., 2002). Formação Alagamar, Bacia Potiguar, Aptiano. No presente estudo, Bacia do Araripe, Formação Romualdo, Albiano inferior.

Familiay **Candonidae** Kaufmann, 1900
Subfamiliay **Candoninae** Kaufmann, 1900

Gêneroenus **Candonopsis** (Vavra, 1891) *emend.* Karanovic and Marmonier, 2002

***Candonopsis aff. alagoensis* Tomé et al. 2014**

Figurae 5, J-L

2010 *Mantelliana* sp. - Tomé e Lima Filho, p. 63, Est. 02, Figs. g-i.

2014 *Candonopsis alagoensis* – Tomé et al., p.170, Fig. 14 (D-F).

Material Ilustrado: Carapaça Adulta, Nº DG-CTG-UFPE - 1.440, Material ilustrado provém do afloramento Cedro (0,10 m).

Dimensões: Nº. DG-CTG-UFPE-1.439 (Figura 5, J-L); L = 1700 µm, H =1050µm, e W =± 800 µm.

Comparação: Material comparado com a espécie *Candonopsis aff. C. alagoensis* (Nº DG-CTG-UFPE-1167 e Nº DG-CTG-UFPE-1168) descritas e depositadas por Tomé et al. 2014 na coleção de microfósseis da UFPE.

Ocorrência e associação de fauna: Afloramento Arrojado, Cedro, Canastra e Santo Antônio. *Candonopsis aff. C. alagoensis* está associada no presente trabalho as seguintes espécies de ostracodes: *P. symmetrica*, *P. salitresnsis* e *P. sinuata*. A mesma também ocorre associada aos seguintes gêneros de foraminíferos: *Agathammina* e *Spiroloculina*.

Observações: a referida espécie é semelhante a espécie posta em afinidade, entretanto apresenta um ângulo antero-dorsal menos proeminente.

Distribuição estratigráfica: Brasil, Bacia de Cedro, Formação Crato, intervalo datado como Aptiano (Tomé, 2007; Tomé e Lima Filho, 2010). Bacia Jatobá, Serra Negra Em estratos correlacionados a Formação Crato. Bacia Sergipe/Alagoas, onde Krömmelbein identificou a ocorrência dessa espécie nos anos 70, porém não publicou a descrição oficial. No presente estudo, Bacia do Araripe, Formação Romualdo, Albiano inferior.

Familia Candonidae Kaufmann, 1900

Subfamilia Cyclocypridinae Kaufmann, 1900

Gênero *Damonella* Anderson, 1966

Damonella grandiensis Tomé et al. 2014

Figura 5, M-P

1996 *Mantelliana* (?) sp. - Colin et al., p. 368, planche III, Fig. 1;

1999 Ostracode 207 - Neumann, p. 93, photos 2 and 4;

2002 Ostracode 207 - Coimbra et al., Plate IV, Fig. 31;

2006 Candona sp. - Ramos et al., p. 344, Fig. 4 Z-Z”.

2010 *Damonella* sp. - Tomé and Lima Filho, Plate 02, Figs. a-c.

2013 *Candona* (?) sp. - Do Carmo et al., p. 95-103, Fig. 5, N°. 12-14.

2014 *Damonella grandiensis* – Tomé et al., p.163 and 167, Fig. 10 (A-C)

Non 2014 *Damonella grandiensis* – Tomé et al., p.163 and 167, Fig. 10 (D-F)

Non 2015 *Damonella* aff. *grandiensis* - K. Trabelsi et al., p. 10, Fig. 5D1–3.

2017 *Damonella grandiensis* - Nascimento et al., p. 124, Fig 9K

Material Ilustrado: Carapaça Adulta, N° DG-CTG-UFPE - 1.441 e 1.442, Material ilustrado provém do afloramento Santo Antônio (1,0 m).

Dimensões: N°. DG-CTG-UFPE-1.441 (Figura 5, M-N); L = 1000 µm, H =450µm, e N°. DG-CTG-UFPE-1.442 (Figura 5, O-P); L = 950 µm, H =420 µm.

Comparação: Material comparado com a espécie *Damonella grandiensis* Tomé et al. 2014 (N°. DG-CTG-UFPE-1157) descritas e depositadas por Tomé et al. 2014 na coleção de microfósseis da UFPE.

Observação: A espécie dita como *D. aff. grandiensis* (male) por Trabelsi et al. 2015 não é reconhecida no presente trabalho como sendo a mesma, a vista dorsal ilustrada pelos autores é semelhante, entretanto a vista lateral é totalmente diferente. Em Tomé et al. 2014 a vista lateral da *D. grandiensis* (male) é retangular o que não confere na ilustração apresentada por tais autores. No entanto, a observação realizada por Trabelsi et al. 2015, quanto ao tamanho das valvas foi muito pertinente, Tomé et al. 2014 claramente se equivocaram ao afirmar que $RV > LV$ na diagnose. O correto é $LV > RV$ como está estampado em todas as suas outras ilustrações. Tomé et al 2014 apresentaram formas diferentes ditas como dimorfismo. É válido destacar que a forma encontrada no presente estudo é muito semelhante apenas a fêmea descrita por tal autores.

Distribuição estratigráfica: Ocorrência mais comum na África: Bacia d'Hama-Koussou, Cretáceo inferior (Aptiano). Brasil: Bacia do Araripe, Formação Crato, (Neumann, 1999), intervalo datado como Aptiano. Bacia Grajaú, Formação Codó, Aptiano inferior (Ramos et al., 2006). Bacia de Cedro, Formação Crato, Aptiano superior (Tomé, 2007; Tomé e Lima Filho, 2010); Bacia Potiguar, Formação Alagamar, Aptiano (Do Carmo et al., 2013). Bacia Sergipe/Alagoas, Krömmelbein identificou a ocorrência dessa espécie, porém não descreveu.. Bacia do Jatobá, Serra Negra, estratos correlacionados a Formação Crato, Aptiano superior (Tomé et al. 2014) e Bacia do Araripe, Formação Romualdo, Albiano inferior.

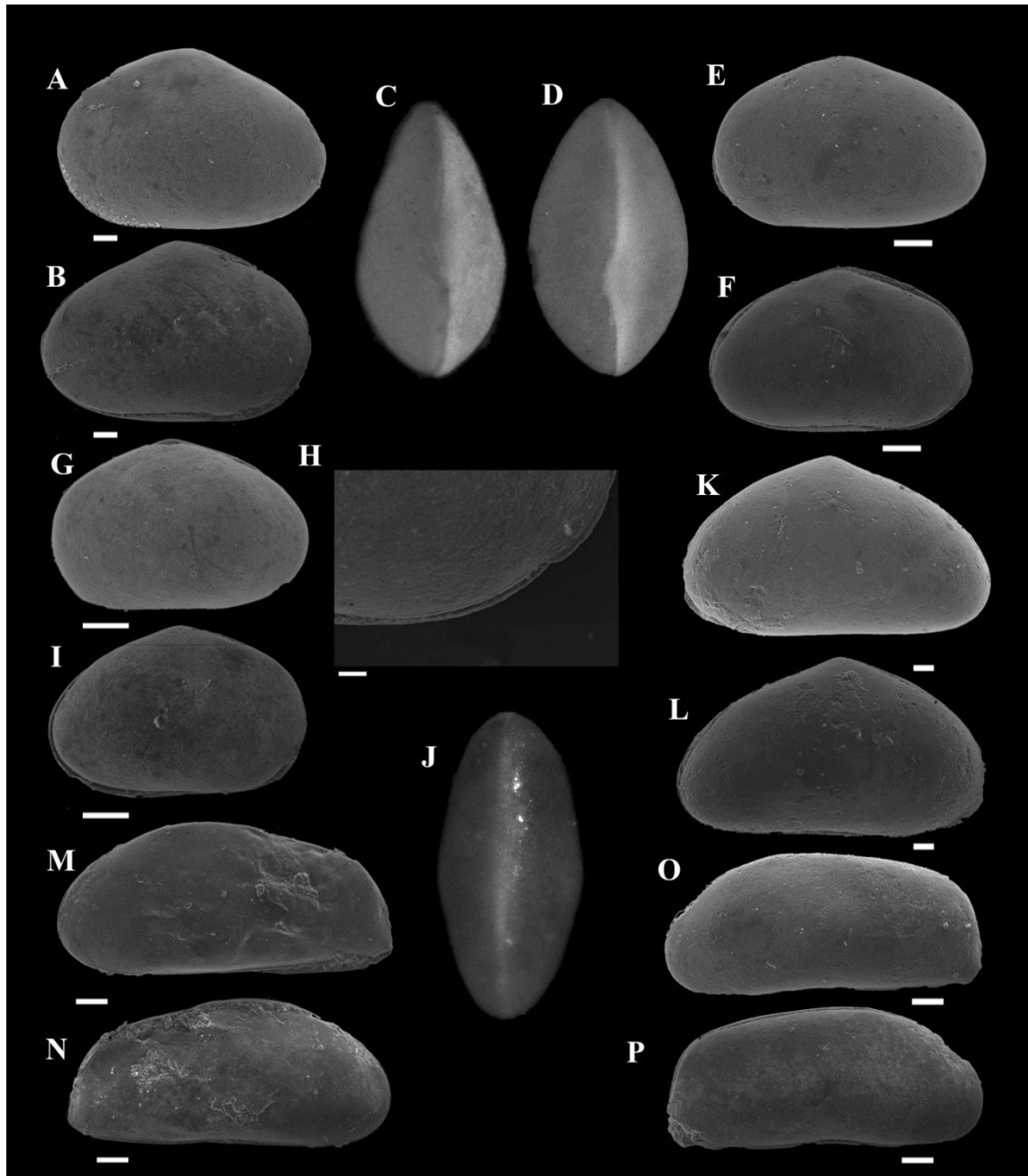


Figura 5: (A-C) *Pattersonocypris salitrensis*: Afloramento Cedro (0,10 m), Lower-Albian; (A) vista esquerda, (B) vista direita, (C) vista dorsal; (D-F) *Pattersonocypris symmetrica*: afloramento Cedro (0,10 m), lower Albian; (D) vista esquerda (E) vista direita (F) vista dorsal; (G-I) *Pattersonocypris sinuata* (juvenil): Afloramento Cedro, (0,10 m), lower Albiano); (G) vista esquerda (H) vista direita (I) vista dorsal; (J-L) *Candonopsis* aff. *C. alagoensis* (juvenil): Afloramento Cedro (0,10 m) lower Albian. (J) vista esquerda (K) vista direita (L) vista dorsal; (M-N) *Damonella grandiensis*: Afloramento Santo Antônio (0,32 m), Aptiano-Albiano. (M) vista esquerda (N) vista direita; (O-P) *Damonella grandiensis*: Afloramento Santo Antônio (1,0 m), Aptiano-Albiano; (O) vista esquerda (P) vista direita. Scale bars are equal to 100 µm.

É registrado ainda a ocorrência de bioclatos como microgastrópodes, microbivalves e espinhos de equinoide ocorrendo associados aos foraminíferos e ostracodes (Figura 6).

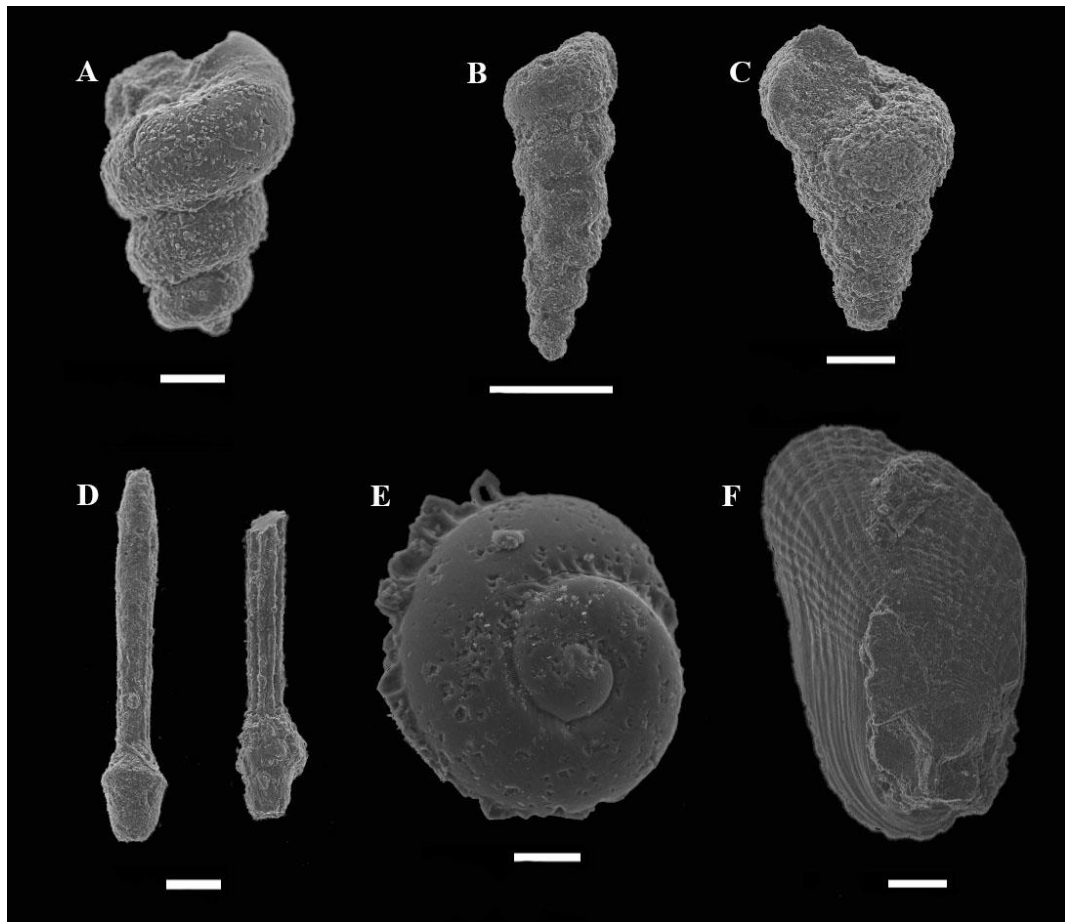


Figura 6: **(A) Gastrópode** Afloramento Cedro (0,10 m); **(B) Gastrópode** Afloramento Cedro (0,10 m) **(C) Gastrópode** (D) Afloramento Santo Antônio (0,32 m) **Espinho de equinoide** Afloramento Cedro (0,10 m) **(E) Gastrópode** Afloramento Cedro (0,10 m) **(F) Brachidonte** Afloramento Cedro (0,10 m).

AFLORAMENTO CEDRO

O afloramento Cedro (Exu) possui cerca de 6 m de seção, os primeiros três metros são compostos por folhelho com intercalação de arenito com base erosional e estruturas de sobrecarga, seguido de uma camada fina de arenito calcífero. O topo da seção é composto de intercalações de siltito seguido de 10 camadas de arenito calcífero. Foram coletadas 18 amostras no afloramento, no qual foi obtido a maior ocorrência de foraminíferos, com um total de 579 espécimes distribuídos em 9 camadas. Tal afloramento obteve a maior abundância de espécimes, também com uma grande porcentagem do gênero *Agathammina pusilla*, que apresentou uma média de frequência nas amostras de 62,4%, seguido pelo gênero

Spiroloculina sp1. com 33, 3% de frequência no afloramento. Ainda pode ser observada a ocorrência de espécies do gênero *Orthokarstenia* sp. (11,8%) e foraminíferos planctônicos não identificados (10,1%).

Foi registrada a presença de ostracodes em 14 das 17 camadas analisadas. As camadas 1,90 m e 2,20 m tiveram um pico de abundância muito alta, com número de espécimes acima de 300 cada uma. É possível observar nesse afloramento a grande quantidade da espécie *Pattersoncypris symmetrica* (69,7%), *Candonopsis aff. alagoensis* (45,1%) , *Pattersoncypris salitrensis* (2,2%). A espécie *Damonella grandiensis* (1,5%) também é registrada.

As quatro biofácies foram identificadas nesse afloramento. A biofácies I é registrada de 0,10 m a 2,4 m, onde ocorre a maior porcentagem de *Agathammina* e *Spiroloculina*. É possível observar que no intervalo de 1,1 a 1,7 m ocorre a biofácies II, mostrando que nesse intervalo ocorreu um aumento na influência marinha. A biofácies III é registrada de 0,10 a 0,50 m e mais abaixo de 1,9 a 2,4 m. Nesse afloramento, tal biofácies ocorre associada a biofácies I. A biofácies IV é registrada de 0,7 a 1,1 m.

Também são presentes, micro-bivalves, micro-gastrópodes e equinoides em vários níveis do afloramento Cedro. A grande ocorrência de equinoides nesse afloramento sugere um ambiente marinho raso estabelecido, já que sua ocorrência é limitada por fatores como salinidade e oxigenação (Albuquerque, 2016) (Figuras 6 e 7).

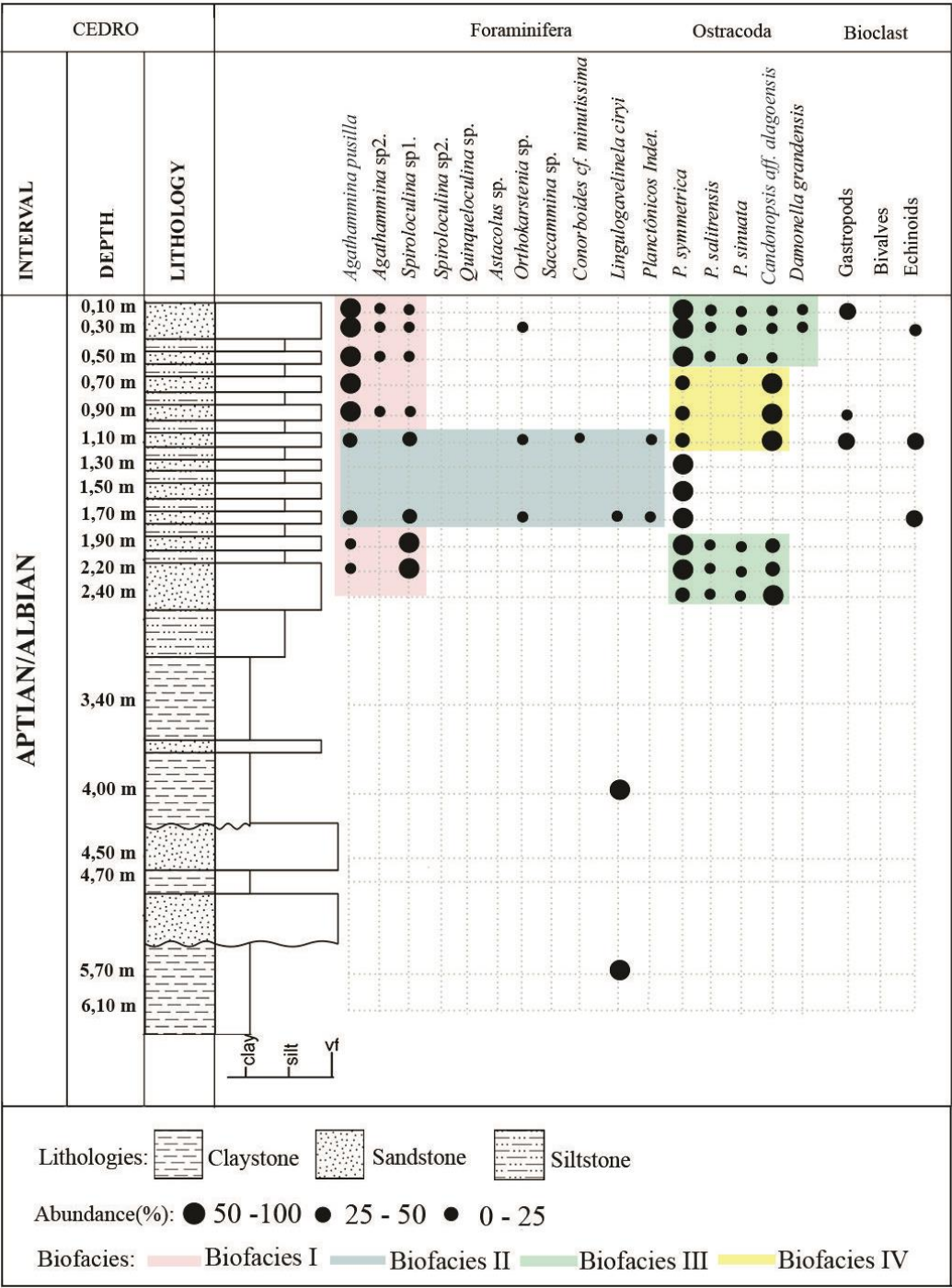


Figura 7- Afloramento Cedro com a distribuição dos microfósseis e suas biofácies.

AFLORAMENTO SANTO ANTÔNIO

O afloramento Santo Antônio (Exu) possui aproximadamente 1,92 m de seção, é composto, desde a base, por folhelhos esverdeados, intercalados a 9 camadas de arenitos calcíferos estratificados. Foram coletadas 15 amostras nas duas litologias, 7 amostras tiveram boa recuperação de microfósseis, que predominaram no arenito calcífero. Foi encontrado um total de 73 espécimes de foraminíferos.

A amostra 0,20 m, do afloramento, obteve a maior quantidade de foraminíferos com 52 espécimes. É possível observar nesse afloramento a grande quantidade de espécimes do gênero *Aghatammina* cf. *pusilla*, que teve uma média de 83,8% nas amostras. Também são encontradas espécies como: *Spiroloculina* sp1. (11%), *Spiroloculina* sp2. (60%) e *Astacolus* sp. (20%). Também nesse afloramento foi registrada a presença de foraminíferos planctônicos não identificados (6%).

Os ostracodes foram registrados em 7 camadas. Foi encontrado um total de 485 espécimes, onde a amostra 0,52 m obteve a maior quantidade de ostracodes. Em relação aos outros, esse afloramento não obteve uma grande abundância de espécimes. É possível observar a ocorrência de espécies como *Candonopsis* aff. *alagoensis* (48,5%), *Pattersoncypris* *symmetrica*, (47,2%), *Damonella* *grandiensis* (3,2%) e *Pattersoncypris* *salitrensis* (1,1%).

As quatro biofácies foram reconhecidas no afloramento Santo Antônio. Nos primeiros 0,20 m, é possível observar a biofácies II, onde seria o momento de maior influência marinha devido a presença das espécies planctônicas. A biofácies III, que possuem maior porcentagem de *P. symmetrica* e *P. salitrensis*, ocorre de 0,20 m a 0,47m, onde já pode ser observada uma diminuição na profundidade devido a uma menor porcentagem de *P. symmetrica*. A biofácies I está logo abaixo da biofácies II, de 0,20 a 0,63 m, demonstrando que ocorreu uma diminuição na profundidade e onde as espécies típicas de ambiente marinho raso estão em maior porcentagem. A biofácies IV ocorre de 5,2 a 5,65 m onde há maior porcentagem da espécie *Candonopsis* aff. *alagoensis*.

Além da associação de foraminíferos e ostracodes, são presentes nesse afloramento espécies de gastrópodos, que estão associados a ambiente marinho, comuns em águas mais rasas, e espécies de bivalvíos, que apresentam grande tolerância a variações de temperatura e salinidade (Albuquerque, 2016) (Figura 8).

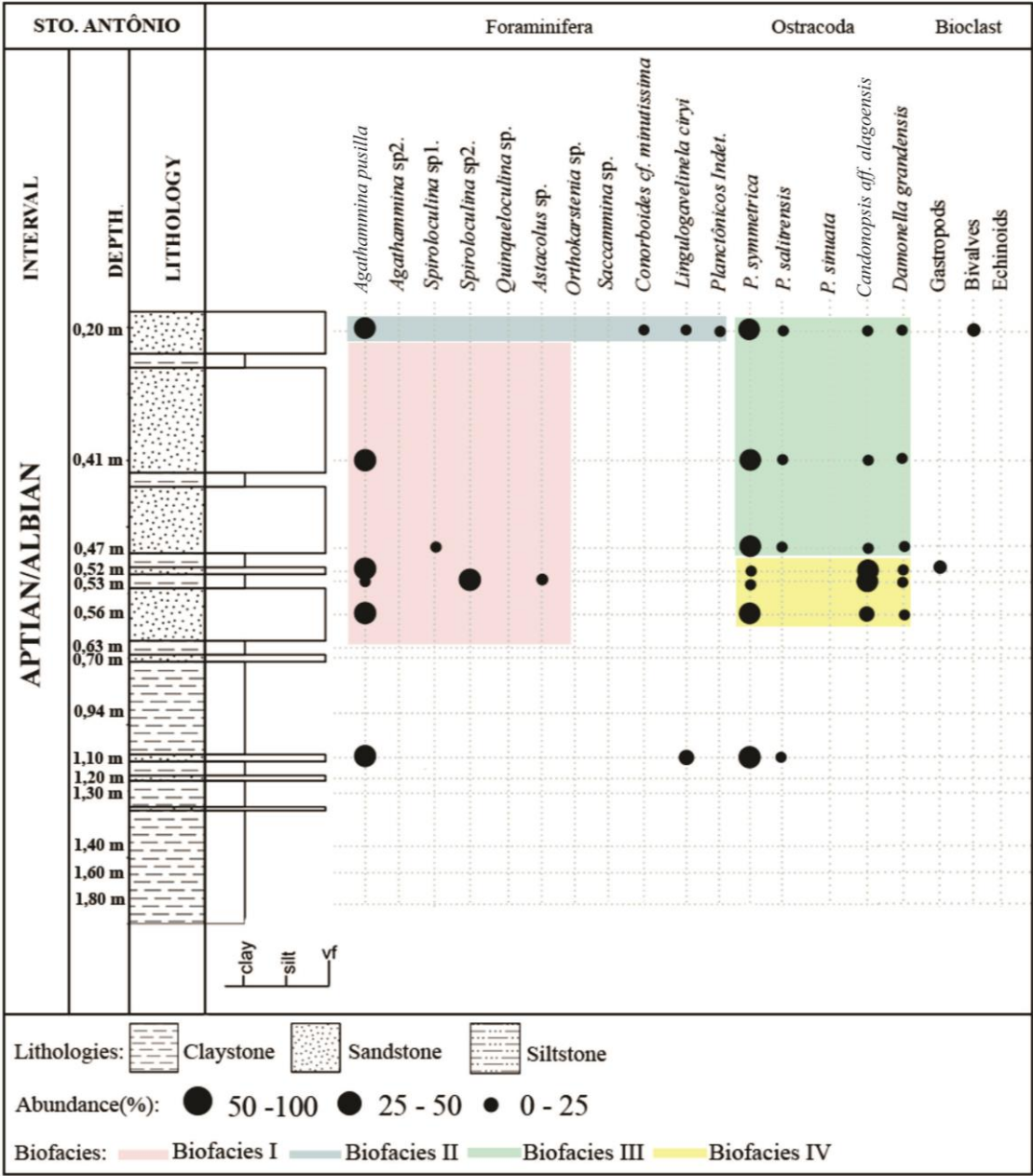


Figura 8 - Afloramento Santo Antônio com a distribuição dos microfósseis e suas biofácies.

AFLORAMENTO ARROJADO

O afloramento Arrojado (Araripina) apresenta seção de 13 m, na base, é observado o contato do folhelho da Formação Romualdo com rochas do embasamento cristalino. Há um predomínio de camadas de arenito calcífero intercalados aos folhelhos. Onze amostras foram coletadas e delas, apenas uma única camada (2,30 m) possui associação de foraminíferos bentônicos. Foram triados 95 espécimes, ocorrendo principalmente o gênero *Agathammina*

sp., que totalizou 96% da abundância de espécies. Foi registrada a presença de espécimes do gênero *Spiroloculina* sp1. (7%) *Astacolus* sp. (2%) e *Saccamina* sp. (3%).

Em relação aos ostracodes, as camadas 7,5 m, 8,5 m e 9,4 m obtiveram número de espécimes acima de 300 organismos cada uma. É possível observar nesse afloramento a grande quantidade de espécies juvenis do gênero *Pattersonocypris symmetrica*. (88,6%), e a ocorrência da espécie *Candonopsis aff. alagoensis* (11%). A *Pattersonocypris salitrensis* também é registrada (1%).

No afloramento Arrojado foram identificadas duas biofácies. A biofácies I, que ocorre no topo do afloramento 2,3 m, que indica um ambiente marinho raso. E a biofácies III, de 7,5 a 9,4 m, com a ocorrência da *Pattersonocypris symmetrica*.

No folhelho é registrada a presença de concreções fossilíferas e alguns níveis de arenito calcífero contém peixes, gastrópodes, bivalves e crustáceos (Prado et al. 2015, Albuquerque, 2015) (Figura 9).

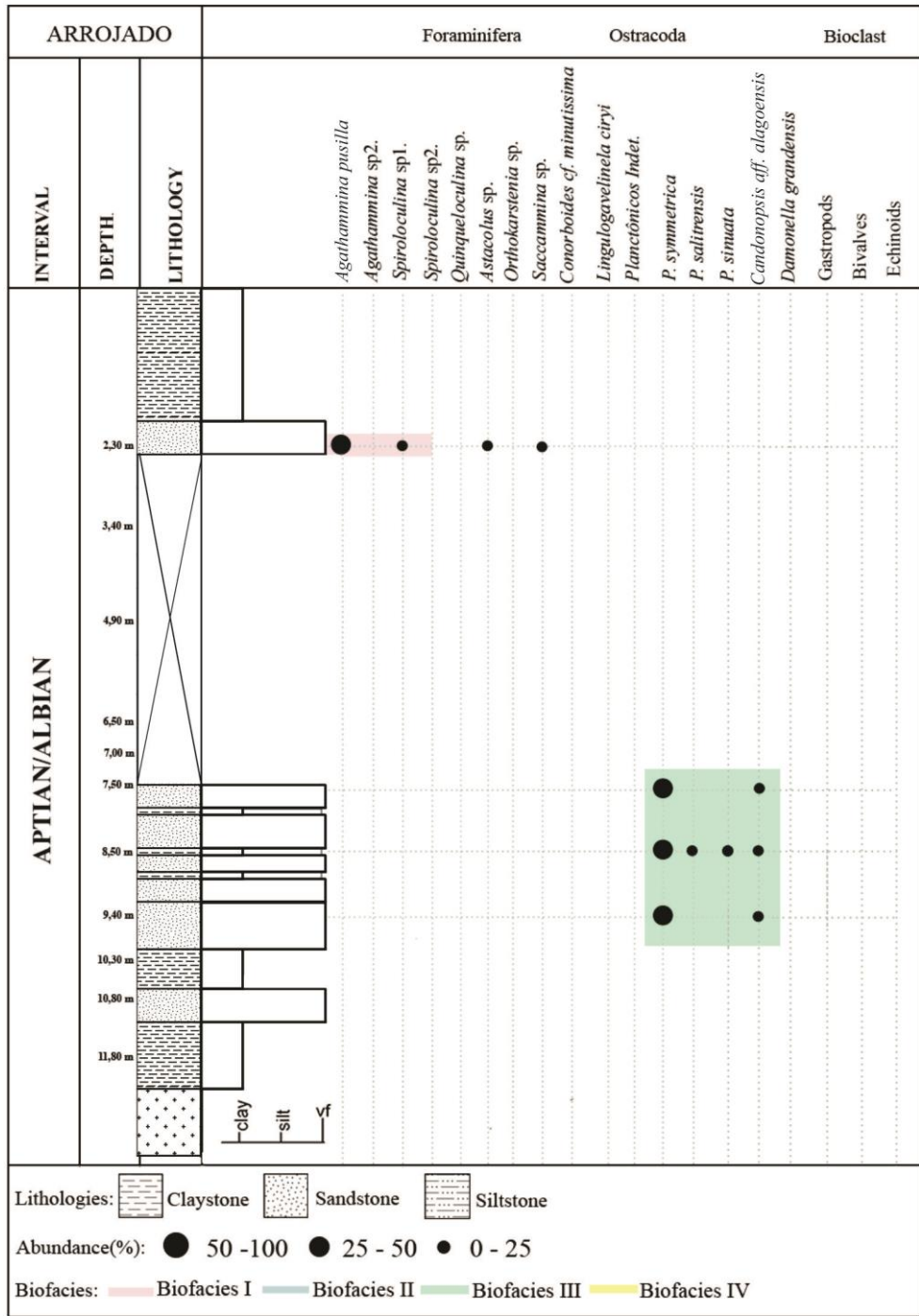


Figura 9 - Afloramento Arrojado com a distribuição dos microfósseis e suas biofácies.

AFLOAMENTO CANASTRA

O afloramento Canastra (Araripina), com uma seção de 4 m, é formado na base por folhelho com concreções carbonáticas, intercalados a arenitos calcíferos, que exibem estratificação cruzada de pequeno porte e na porção superior, por arenito calcífero. Foram coletadas 9 amostras, onde apenas uma apresentou foraminíferos (0,40 m). Foram triados um

total de 128 espécimes, ocorrendo principalmente o gênero *Agathammina* com 85% e *Spiroloculina* sp1. com 11%. Também é encontrada espécies do gênero *Spiroloculina* sp2. (8%). O morfogrupo que representa o afloramento Canastra é o morfogrupo A.

No afloramento Canastra foi registrada a presença de ostracodes em 5 camadas (2,5 m, 3 m, 3,20 m, 3,50 m, 3,70 m e 4m) que obtiveram número de espécimes acima de 300 organismos cada uma. É possível observar nesse afloramento a grande quantidade de espécies *Pattersoncypris symmetrica* com 71,8%, *Candonopsis aff. alagoensis* com 27,8% e a ocorrência da espécie *Pattersoncypris salitrensis* com 1%.

Nesse afloramento foram identificadas duas biofácies. A biofácies I também no topo do afloramento a 0,4 m e a biofácies III a 2,5 a 3,5 m.

Além dessas espécies, também estão associados, espinhos de equinoide e fragmentos de conchas de micro-bivalves. São encontradas ainda, camadas fossilíferas com os macroinvertebrados, como equinoides e bilválvios mitilídios (Figura 10).

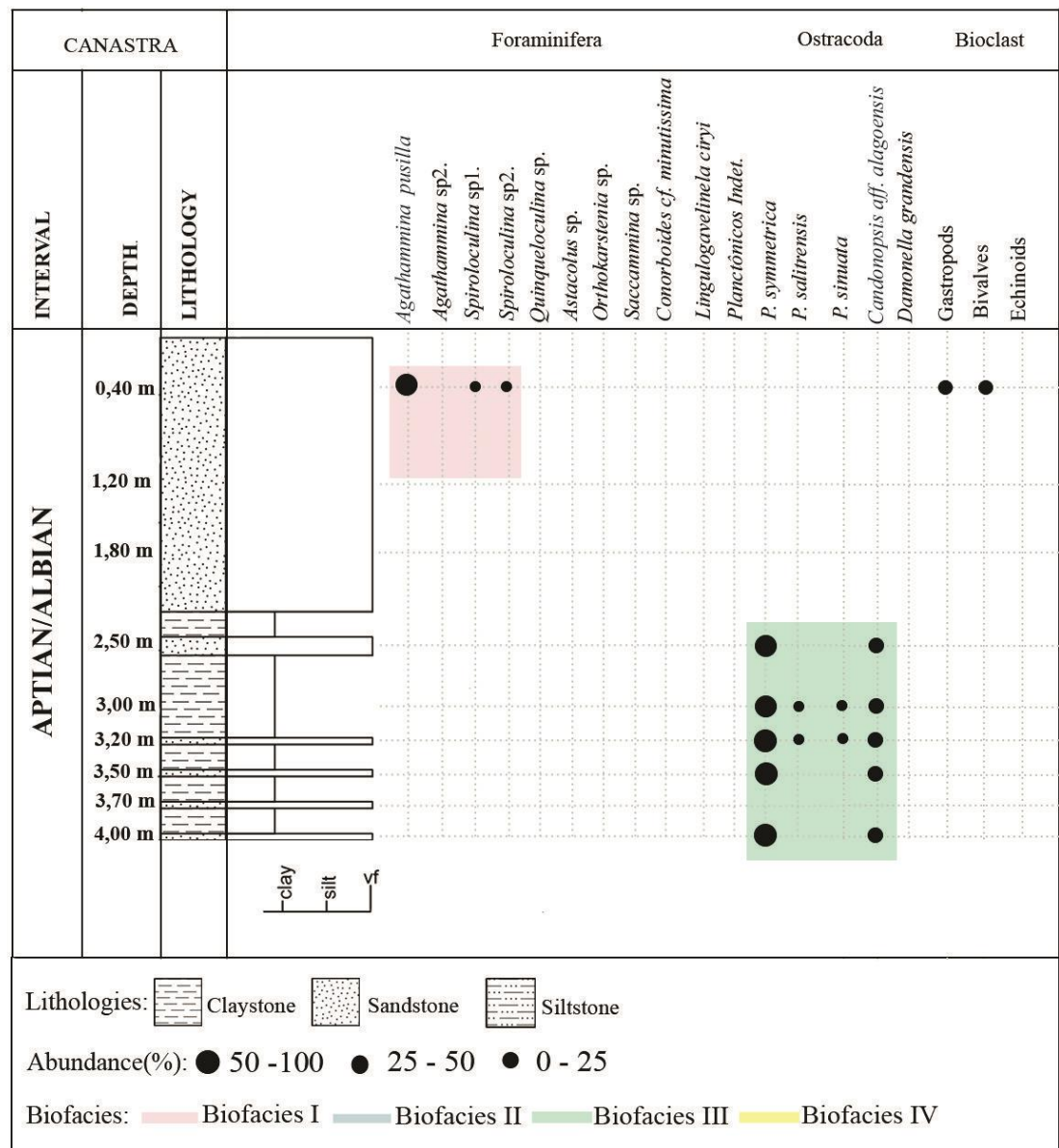


Figura 10 - Afloramento Canastra com a distribuição dos microfósseis e suas biofácies.

AFLORAMENTO TORRE GRANDE

O afloramento Torre grande (Araripina) possui aproximadamente 4 m de seção, os primeiros 1,5 m são formados por folhelhos onde nódulos calcários contendo peixes são frequentes. Acima ocorrem camadas de arenito calcífero intercaladas com camadas de siltito, com aproximadamente 5 cm cada, totalizando um pacote sedimentar de aproximadamente 1 m de espessura. Nesse afloramento não foi registrado a presença de foraminíferos, e apenas uma das três camadas estudadas, houve a presença de ostracodes. Foram encontradas no total 139 espécimes do gênero *Pattersoncypris* spp.

O Afloramento Torre Grande foi o único onde não houve a recuperação de foraminíferos, embora em estudos de macrofósseis, foi identificada fauna de invertebrados, semelhante a do afloramento Canastra. (Figura 11).

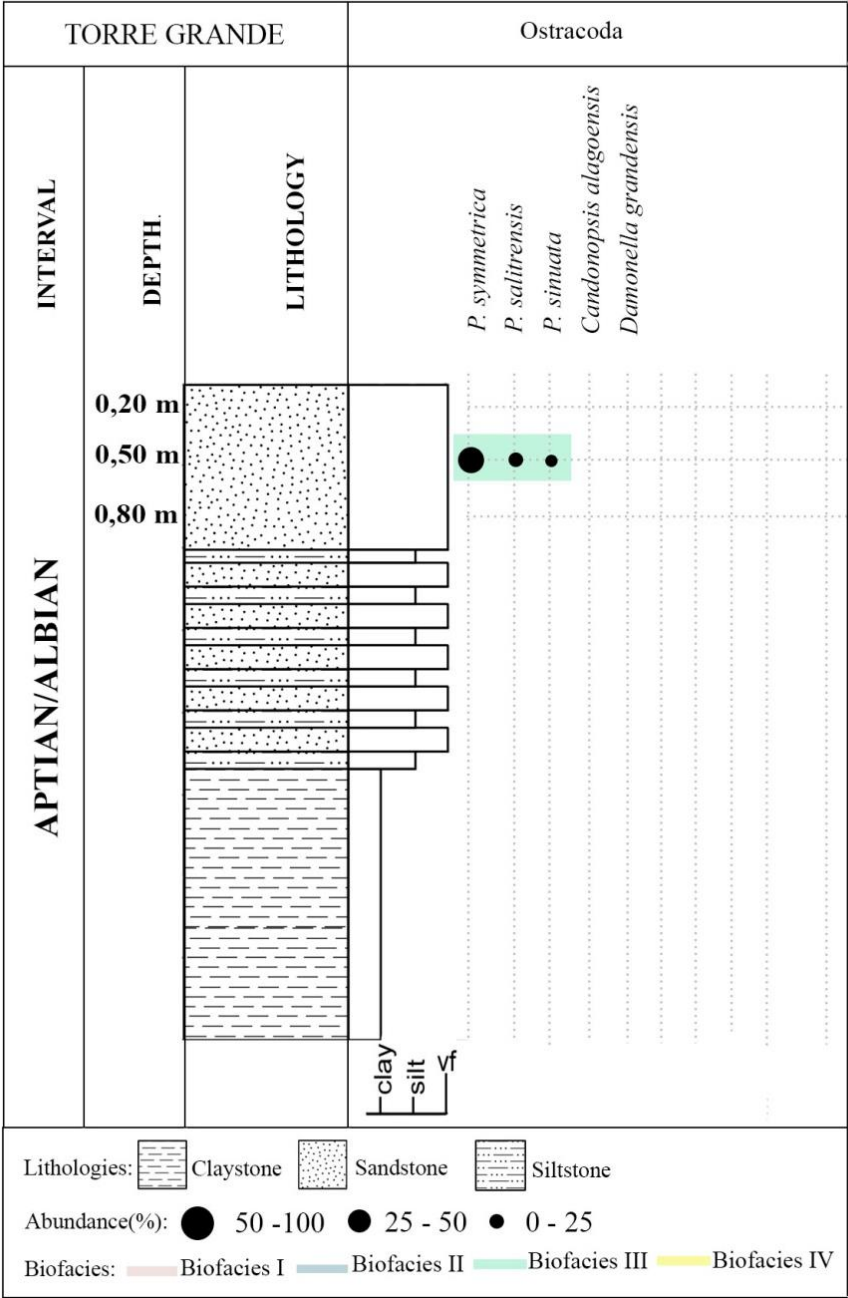


Figura 11- Afloramento Torre Grande com a distribuição dos microfósseis e suas biofácies.

ANÁLISE PALEOECOLÓGICA

Para esse estudo, não foi possível estabelecer biozonas baseada em análise de conteúdo de microfósseis devido à ausência de espécies diagnósticas de idade, embora as ocorrências do foraminífero *Lingulogavelinella ciryi* e do ostracode *Pattersoncypris sinuata* sugere idade Aptiano superior para os afloramentos estudados. Esse dado é corroborado por Antonietto (2015) que descreveu a Subzona MAS-0.1 baseado na primeira e última ocorrência de *Harbinia sinuata*? (*Pattersoncypris sinuata*) registrada na Formação Riachuelo, Bacia de Sergipe. Também por Koutsoukos (1989), que descreveu a Zona *Lingulogavelinella ciryi*, baseado na associação faunística encontrada na Formação Riachuelo, Bacia Sergipe. Ambos autores, acima citados, determinam idade Aptiano superior para as biozonas.

De acordo com isso, a associação faunística encontrada permite sugerir idade Aptiano superior para os afloramentos estudados.

Em relação ao paleoambiente, a associação de microfósseis caracteriza um ambiente marinho com variações na salinidade principalmente devido a abundância de foraminíferos bentônicos com carapaça porcelanosa (Murray, 1991), a pouca frequência de foraminíferos plânctônicos, e a abundância de ostracodes mixohialinos, dependendo do nível do afloramento.

Quanto a paleoprofundidade e salinidade, a alta porcentagem de espécies de foraminíferos de carapaça calcário porcelanosa (corresponde a mais de 90%, em todos os afloramentos estudados), a baixa porcentagem de espécies calcário hialinas (< 5%) e a ausência de espécimes aglutinantes, são indicativos de que a Formação Romualdo, nas seções analisadas, foi depositada em ambiente marinho raso com salinidade normal, a lagunas hipersalinas (Murray, 1991).

A abundância de espécies calcário porcelanosas, também é indicativa de águas tropicais com de temperatura elevada. Normalmente essas espécies podem se desenvolver em ambientes hipersalinos ou em salinidades normais (Braisier, 1975; Hottinger et al., 1993; Haunold et al., 1997; Cherif et al., 1997; Gonera, 2012) e até mesmo em ambientes lagunares (e.g., Murray, 1991; Amao et al., 2016) (Figura 12).

Em alguns afloramentos (Arrojado e Canastra), é possível observar uma baixa abundância de espécies de foraminíferos, que estão geralmente relacionadas a mudanças na circulação das massas d'água e na produtividade primária (Bergue, 2008).

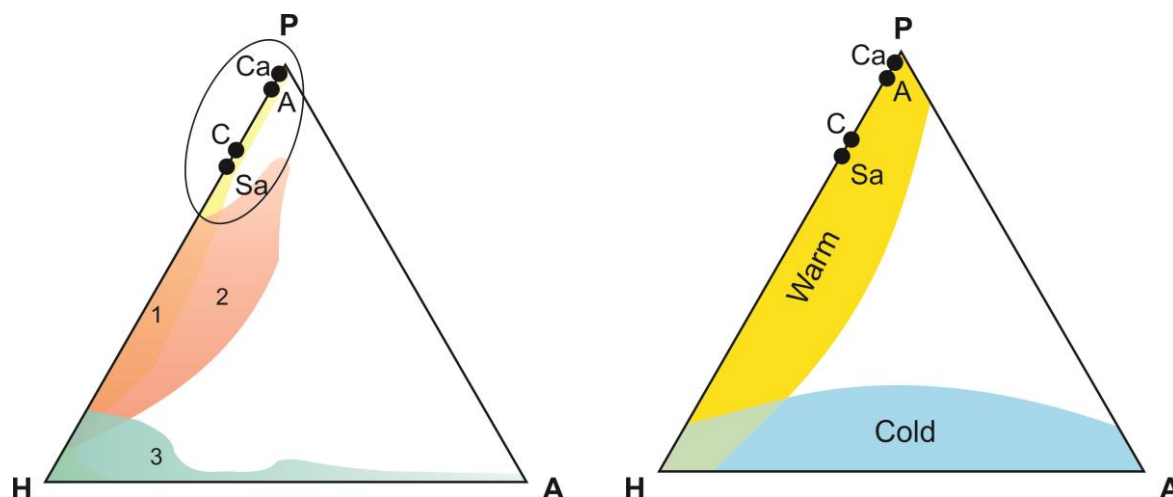


Figura 12 – (a) Diagrama triangular para carapaças de foraminíferos (proposto por Murray, 1991), que indica ambiente de marinho raso a lagunar hipersalino (1- lagunas hipersalinas; 2- marinho normal; 3- ambiente hipossalino) (b) Diagrama triangular de temperatura de acordo com a porcentagem das carapaças de foraminíferos (Murray, 2006).

A associação de ostracodes é pouco diversa, porém abundante, principalmente nos afloramentos Cedro, Arrojado e Canastra. As carapaças possuem ótima preservação e são encontradas em sua grande maioria, articuladas, sugerindo ambiente de baixa energia deposicional, nos níveis que são encontrados em grande abundância. A espécie *Pattersonocypris symmetrica* é a mais abundante nos afloramentos, tal espécie, juntamente com a *Pattersonocypris salitrensis* faz parte da assembleia diagnóstica do Andar Alagoas (Poropat e Colin, 2012).

Segundo Poropat & Colin (2012), o gênero *Pattersonocypris* é fortemente correlacionado a áreas com salinidade elevada, uma vez que está presente em áreas evaporíticas. A dominância de espécies de gêneros tradicionalmente interpretados como de ambientes de altas concentrações salinas, como *Pattersonocypris*, permite a interpretação de um lago hipersalino, onde as espécies favorecidas pelos altos níveis de salinidade tendem a se estabelecer (Antonietto, 2010). A dominância desse gênero, alternados com a dominância de espécies de água doce, como a *Candonopsis* aff. *alagoensis* infere um paleoambiente transicional, onde pode ter ocorrido um aporte maior de água doce, que permitiu o desenvolvimento de gêneros de maior influência continental.

Apesar dos afloramentos dos municípios de Exu e Araripina, se distanciarem cerca de 90 km, há uma correlação entre as seções, registrando a ocorrência de espécies de foraminíferos do mesmo gênero (*Agathammina* sp., *Spiroloculina* sp., *Astacolus* sp.) e a mesma associação de ostracodes. Porém, através das associações de foraminíferos mais

diversa, a ocorrência de foraminíferos planctônicos e da ocorrência de bioclastos como moluscos e equinóides, é possível observar que, os afloramentos situados em Exu (Santo Antônio e Cedro), localizados na porção centro-sul da bacia, possuem uma associação faunística mais diversa e com maior influência marinha.

No afloramento Cedro, a 2,40 m, os foraminíferos e ostracodes aparecem associados. Nessa situação, seria uma fase de transição de ambiente, que caracteriza um leve aumento do nível do mar, fazendo com que ocorra o aparecimento de espécies de foraminíferos planctônicos entre 1,70 m a 1,10 m, ocorrendo associados a espinhos de equinóides e gastrópodes. Nesses níveis, apenas a espécie de ostracode *Pattersonocypris symmetrica* ocorre em abundância, provavelmente devido ao aumento de salinidade. Mais no topo desse afloramento, os foraminíferos bentônicos ainda estão presentes juntamente com a grande ocorrência dos ostracodes.

No afloramento Santo Antônio ocorre a mesma associação que em Cedro, inicialmente ocorre a associação de foraminíferos bentônicos juntamente com os ostracodes, e só no topo da seção ocorre o aparecimento das espécies planctônicas, com uma diminuição nas associações dos ostracodes.

Nos afloramentos da cidade de Araripina (Arrojado, Canastra e Torre Grande), localizados na porção sudoeste da bacia, constatou-se uma menor diversidade na fauna. No entanto, não se descarta a influência marinha nessa região, a presença de espécies de foraminíferos bentônicos juntamente com a associação de macroinvertebrados (gastrópodes, bivalves e equinóides) infere um ambiente marinho raso para essa região da bacia.

Na base dos afloramentos Canastra e Arrojado é possível perceber o domínio de ostracodes e a ausência de foraminíferos, o que caracteriza um ambiente com uma baixa salinidade, provavelmente com um aporte maior de água doce. Já no topo ocorre uma mudança na salinidade que permite o aparecimento dos foraminíferos bentônicos e a ausência dos ostracodes.

A dominância das espécies de ostracodes em alguns níveis dos afloramentos é interpretada nesse estudo, como a caracterização das variações ambientais ocorridas no Trato de Sistema de Mar alto proposto por Custódio (2017).

Dentro do modelo proposto por Custódio (2017), os afloramentos estudados se correlacionam as fases II, III e IV, do Trato de Sistema de Mar Alto, no topo da Formação Romualdo.

Além dos foraminíferos e ostracodes, microfósseis como: grãos de pólen, esporos, dinoflagelados, (Arai e Coimbra, 1990; Lima, 1978; Coimbra et al., 2002; (Dias-Brito et al., 2015b), e outros diversos organismos já comprovam a influência marinha na região da Bacia do Araripe. Desde a paleoictiofauna considerada marinha (Silva Santos e Valença, 1968; Fara et al., 2005), até invertebrados, como gastrópodes, bivalves (Santos, 1982; Pereira et al., 2016; Prado et al. 2014; 2015; 2016) e equinoides (Beurlen, 1963,1966; Manso e Hessel 2007, 2012). Tal influência é decorrente da grande transgressão aptiana, que inundou praticamente todas as bacias da margem continental brasileira, atingindo a Bacia do Araripe, uma bacia de origem continental.

No entanto, vários questionamentos sobre a possível rota dessa ingressão têm sido levantados. Alguns autores *e.g.*, Ojeda (1982); Figueiredo (1985); Dias (1991, 2005, 2008) levantam hipóteses sobre a rota dessa incursão marinha, que poderia ocorrer de três formas: pelo norte via Bacia do Parnaíba (Beurlen 1963, 1966, Beurlen 1971 apud Lima 1978, Braun 1966 apud Lima 1978, Arai et al. 1994; 2014); pelo sudeste via Bacia Sergipe-Alagoas (Beurlen 1971 apud Lima 1978, Tinoco & Mabesoone 1973 apud Lima 1978, Brito 1976 apud Lima 1978, Silva Santos 1991); ou pelo nordeste via Bacia Potiguar (Lima 1978, Viana 1998).

Das bacias de margem equatorial brasileira, a única que possui um estudo mais detalhado sobre a associação de foraminíferos do intervalo Aptiano/Albiano é a Bacia de Sergipe-Alagoas (Koutsoukos, 1989). Parte da fauna analisada neste trabalho coincide com as espécies bentônicas encontradas por Koutsoukos, (1989) (*Lingulogavelinella ciryi*, *Conorboides minutissima*, *Quinqueloculina* sp., *Spiroloculina* sp. e *Astacolus* sp.). Em seu trabalho o autor, correlaciona à associação de foraminíferos da Bacia Sergipe/Alagoas, tanto bentônicos como planctônicos, como assembleia de influência tetiana, principalmente às espécies planctônicas *Globigerinelloides aptiensis*, *G. barri*, *ferreolensis*, *G. maridalensis*, *Hedbergella labocaensis*, *H. maslakovae*, *H. semielongata* e *H. Similis*, (Bengtson & Koutsoukos 1992, Bengtson *et al.* 2007, Koutsoukos & Bengtson, 2007a, b) e interpreta que houve uma ligação permanente do mar com o Atlântico Norte no final do Aptiano.

Na Bacia Potiguar, as formações Ponta de mel e Jandaíra são formadas por grãos carbonáticos de água rasa dominados, entre outros grupos, por foraminíferos bentônicos principalmente miliolídios não identificados (Okubo, 2011). Nas outras bacias não há registros ou estudos desses organismos, existindo a necessidade de novos estudos para possível correlação da fauna.

Os ostracodes foram alvos de diversos estudos nas bacias de margem equatorial brasileira. Entre eles, estudos taxonomicos, paleoecológicos e bioestratigráficos (Bate, 1971, 1972, 1973, 1994, 1999; Coimbra e Arai, 2002; Colin e Dépêche, 1997; Costa et al. 2007; Do Carmo et al. 2008, 2012; Hessel et al. 2006; Poropat e Colin, 2012; Silva, 1976, 1978a, 1978b, 1978c).

A fauna de ostracodes pouco diversa e abundante é a mesma em todos afloramentos, e corresponde a fauna característica da Formação Romualdo já descrita por vários autores. (Dépêche et al., 1990, Silva-Telles and Viana, 1990, Do Carmo, 1998; 2008; 2004a, Coimbra et al , 2012 e Hessel et al. 2006).

Das espécies identificadas, o gênero *Pattersonocypris* é amplamente distribuído na maioria das bacias de margem equatorial brasileira, ocorrendo principalmente nas bacias Parnaíba, Grajaú, Potiguar, Sergipe-Alagoas e Araripe. A fauna composta pelas espécies *P. symmetrica*, *P. salitrensis* e *P. sinuata* são de grande importância em estudos bioestratigráficos do cretáceo, e estão relacionadas à abertura do Atlântico (Bate, 1999; Do Carmo et al., 2008; Poropat e Colin, 2012). Além da sua ocorrência nas bacias brasileiras, ocorrem em bacias do oeste da África, localizadas no Congo, Gabão e Angola (Poropat e Colin, 2012). A espécie *Candonopsis aff. alagoensis* tem sua ocorrência na bacia do Araripe, Bacia Jatobá e Bacia Sergipe-alagoas.

Os estudos de organismos marinhos, como equinoides e a diversidade de moluscos na parte sudoeste da bacia do Araripe, sugerem que o sentido da ingressão seria via norte (Santos, 1982; Pereira, 2015; Prado et al. 2015), e que tal incursão marinha seria de origem Tetiana. A associação de foraminíferos encontrada nesse estudo não corresponde totalmente com as espécies citadas por Koutsoukos (1989) como de influência tetiana, porém, a ocorrência de espécies do gênero *Agathammina* em quatro dos cinco afloramentos, sugere que os estratos da Formação Romualdo, possuem afinidade com o Mar de Tétis.

De acordo com a associação de microfósseis e levando em consideração os estudos anteriormente realizados com invertebrados marinhos na porção sudoeste da bacia, é possível sugerir que a rota de ingressão seria N/NE. Analisando a fauna de ostracodes e a associação de foraminíferos é possível perceber uma correlação faunística com as bacias Parnaíba, Potiguar e Sergipe-Alagoas indo de acordo com a hipótese de Arai (1999, 2009, 2014) para a rota de ingressão.

Porém, é necessário que se faça estudos futuros com coletas de dados em outras localidades (principalmente ao norte da bacia) para que se possa inferir com mais precisão a rota da ingressão marinha na Bacia do Araripe.

CONCLUSÃO

A associação de foraminíferos encontrada nesse estudo é tipicamente de ambiente marinho raso a lagunas hipersalinas.

A associação de ostracodes é abundante, porém pouco diversa, as principais espécies encontradas são de ambiente mixohialino que estariam resistindo a variação de salinidade ocorridas durante deposição da Formação Romualdo.

Através das quatro biofácies identificadas, foi possível correlacionar os afloramentos e concluir que a porção centro-sul da Bacia do Araripe possui maior representatividade da influência marinha que na porção sudoeste. Dessa forma, a ingressão marinha ocorrida no Aptiano, poderia ter atingido primeiramente a parte centro-sul da bacia, tendo o sentido de ingressão N/NE.

A associação de ostracodes e foraminíferos possui correlação com as bacias Parnaíba, Potiguar e Sergipe-Alagoas indo de acordo com a hipótese de Arai (1999, 2009, 2014) para a rota de ingressão. Porém, o estudo com coletas em outras localidades, principalmente na região norte da Bacia do Araripe, é necessário para que se possa inferir com mais precisão a rota de ingressão.

A associação de foraminíferos bentônicos, encontrada nos afloramentos da Formação Romualdo, pode demonstrar uma afinidade tetiana com a presença de espécies do gênero *Agathammina*, tal gênero é amplamente distribuído nas águas do Mar de Tétis.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado concedida para a primeira autora. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro (processos 40714812010-3, 201716/2010-0 e 303071/2014-1).

REFERENCIAS

- Amao, A.O., Kaminski, M.A., Setoyama, E., 2016. Diversity of foraminiferalina shallow restricted lagoon in Bahrain. *Micropaleontology* 62 (3), 197–211.
- Arai M. 2014. Aptian/Albian (Early Cretaceous) paleogeography of the South Atlantic: a paleontological perspective. *Brazilian Journal of Geology*, 44(2):339-350.
- Arai, M. & Coimbra, J. C. 1990. Análise paleoecológica do registro das primeiras ingressões marinhas na Formação Santana (Cretáceo Inferior da Chapada do Araripe). In: 1º Simpósio Sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste, Atas, p. 226-233.

Okay & Demir Altiner, 2007. A Condensed Mesozoic Succession North of izmir: A Fragment of the Anatolide-Tauride Platform in the Bornova Flysch Zone. *Turkish Journal of Earth Sciences* (Turkish J. Earth Sci.), Vol. 16, p. 257–279.

Assine, M. L. 2007. Bacia do Araripe. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 15(2):371-389.

Assine, M. l. 1992. Análise Estratigráfica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira De Geociências*, v.22, n. 3, p.289-300.

Assine, M. L., Perinotto, J. A. J., Custódio, M. A., Neumann, V. H., Varejão, F. G. e Mescolotti, P. C. 2014. Sequências deposicionais do Andar Alagoas da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Boletim de Geociências da Petrobras*, Rio de Janeiro, v. 22, n. 1, p. 3-28.

Bate, R.H. 1971. Phosphatized ostracods from the Cretaceous of Brazil. *Nature* 230: 397-398.

Bate, R.H. 1972. Phosphatized ostracods with appendages from the Lower Cretaceous of Brazil. *Paleontology*, 15(3): 379-393.

Bate, R.H. 1973. On *Pattersoncypris micropapillosa* Bate. *Stereo-Atlas of Ostracods Shells*, 1(19): 101-108.

Bengtson P. & Koutsoukos E.A.M. 1992. Ammonite and foraminiferal dating of the first marine connection between the Central and South Atlantic. In: Curnelle R. (ed.), *Géologie Africaine* (Recueil des Communications: 1er. Colloque de Stratigraphie et de Paléogéographie des bassins sédimentaires Ouest-Africains/ 2e. Colloque Africain de Micropaléontologie, Libreville, Gabon, 6-8 mai 1991). Boussens, Elf Aquitaine Edition, p. 403 (Elf Aquitaine Mémoire, v.13).

Bengtson P., Koutsoukos E.A.M., Kakabadze M.V., Zucon, M.H. 2007. Ammonite and foraminiferal biogeography and the opening of the Equatorial Atlantic gateway. In: 1st International Palaeobiogeography Symposium. Paris, Abstracts, p. 12.

Bernhard, J. M. 1986. Characteristic assemblages and morphologies of benthic foraminifera from anoxic organic-rich deposits: Jurassic through Holocene. *Journal of Foraminifera Research* 16, 207-215.

Berthou, P. Y., Depeche, F., Colin, JP., Figueira, J.B.M., Tales, M.S.L., 1994. New data on the ostracodes from the Crato lithologic units (lower member of the Santana formation, Latest Aptian-Lower Albian) of the Araripe basin (Northeastern Brazil). *Acta Geológica Leopoldensia* 17 (39/2), 539-554.

Berthou, P. Y., Viana, M. V., Campos, D. A. 1990. Coupe da La Formation Santana dans Le secteur de “Pedra Branca” (Santana do Cariri) (Bassin D’ Araripe, NE du Brésil). 71 Contribution a l’ étude de La sedimentologie et des paleoenvironnements. In: 1° Simpósio Sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste, Atas, p. 173- 1991.

Beurlen, K., 1963. Geologia e estratigrafia da Chapada do Araripe. In: Congresso Nacional de Geologia, 17. Anais, vol. 1, p. 47.

- Beurlen, K., 1966. Novos Equinóides no Cretáceo do Nordeste do Brasil. *An. Acad. Bras. Ciência.* 38, 455-464.
- Brasier, M.D., 1975. Morphology and habitat of living benthonic foraminiferids from Caribbean carbonate environments. *Rev. Esp. Micropaleontol.* 7 (3), 567–578.
- Braun, O.P.G., 1966. Estratigrafia dos sedimentos da parte inferior da região Nordeste do Brasil (Bacias de Tucano-Jatobá, Mirandiba e Araripe). *Bol. D.N.P.M. Div. Geol. Miner.* 236, 1-15.
- 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, p. 151-182.
- Chamney, T. P. 1976. Foraminiferal morphogroup symbol for paleoenvironmental interpretation of drill cutting samples: Arctic America, Albian continental margin. *Spec Publ Marit Sediments* 1b, 585-624.
- Cherif, O.H., Al-Ghadban, A.N., Al Rifaiy, I.A., 1997. Distribution of foraminífera in the Arabian Gulf. *Micropaleontology* 43, 253–280.
- Coimbra, J.P., Arai, M & Carreño, A.L. 2002. Bioestratigraphy of Lower Cretaceous microfossils from the Araripe basin, northeastern Brazil. *Geobios.* 35(6): 687-698.
- Colin, J.P. & Depèche, F. 1997. Faunes d' ostracodes lacustres des bassins intra-cratonique d'agê albo-aptien en Afrique de l'Ouest (Cameroun, Tchad) et au Brésil: considerations d'ordre paléocéologique et paléogéographique. *African, Geoscience Review*, 4(2/3).
- Custódio, M. A. 2017. Arquitetura estratigráfica da Formação Romualdo, pós-rifte da Bacia do Araripe, Brasil. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas.
- Dias-Brito, D., Tibana, P., Assine, M.L., Rossetti, D.F., 2015b. Laminitos lacustres organo-calcários neoaptianos ricos em ostracodes, NE do Brasil: bacias do Araripe, Potiguar e Parnaíba, Aptiano superior (Alagoas superior). In: D. Dias-Brito, P. Tibana (Eds.), *Calcários do Cretáceo do Brasil: um Atlas.* UNESP/UNESPetro, Rio Claro, pp. 49-119.
- Do Carmo, D. A., Whatley, R. C., Quiroz, J. V. N., Coimbra, J C., 2008. On the validity of two lower cretaceous non-marine ostracode genera: bioestratigraphic and paleogeographic implications. *Journal of Paleontology* 82, 790-799
- Ellis, B. F.; Messina, A. (1940-2006). *Catalogue of Foraminifera.* Micropaleontology Press, American Museum of Natural History, New York.
- Fara, E.; Saraiva, A. Á. F.; Campos, D. A.; Moreira, J. K. R.; Siebra, D. C.; Kellner, A. W. A. 2005. Controlled excavations in the Romualdo Member of the Santana Formation (Early Cretaceous, Araripe Basin, northeastern Brazil): stratigraphic, palaeoenvironmental and palaeoecological implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 218: 145-160.

- Gonera, M., 2012. Palaeoecology of the Middle Miocene foraminifera of the Nowy Sącz Basin (Polish Outer Carpathians). *Geol. Quart.* 56 (1), 107–116.
- Haunold, T.G., Baal, C., Piller, W.E., 1997. Benthic foraminiferal associations in the northern Bay of Safaga, Red Sea, Egypt. *Mar. Micropaleontol.* 29 (3), 185–210.
- Hessel, M.H., Tomé, M.E. e Moura, C.R. 2006. Ostracodes mesozóicos das bacias do interior nordestino: estado da arte. *Simpósio do Cretáceo do Brasil*, 7, São Pedro, Boletim: 66.
- Hottinger, L., Halicz, E., Reiss, Z., Drobne, K., 1993. Recent Foraminifera from the Gulf of Aqaba, Red Sea. 33. *Slovenska Akademiya Znanosti in Umetnosti, Dela* (1–179+230pls).
- Jones, R. W. 1986. Distribution of morphogroups of Recent agglutinating foraminifera in the Rockall Trough—a synopsis. *Proc R Soc Edinburgh* 88B, 55–58.
- Jones, R. W. e Charnock, M. A. 1985. “Morphogroups” of agglutinating foraminifera. Their life positions and feeding habits and potential applicability in (paleo)ecological studies. *Rev. Paleobiology* 4, 311–320.
- Koutsoukos E.A.M. & Bengtson P. 2007a. Evaluating the evidence on the opening of the Equatorial Atlantic gateway and its global impact. In: *GSA Annual Meeting. Denver, GSA Abstracts with Programs*, v. 39, n. 6, p. 445.
- Koutsoukos E.A.M. & Bengtson P. 2007b. Paleontological gauging of the first equatorial Atlantic breakthrough. In: *20° Congresso Brasileiro de Paleontologia. Búzios, Anais*, p. 229.
- Koutsoukos, E. A. M. e Hart E. B. 1990. Cretaceous foraminiferal morphogroup distribution patterns, palaeocommunities and trophic structures: a case study from the Sergipe Basin, Brazil. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences*, 81, 221–246
- Krommelbein, K. & Weber, R. 1971. Ostracoden des “Nordost-Brasilianischen Wealden”. *Geologisches Jahrbuch*, 115:1–93.
- Leckie, R. M. e Olson, H. C. 2012. Foraminifera as proxies for sea-level change on siliciclastic margins. (SEMP) *Society for sedimentary Geology*, ISBN 1 56576- 084-0, p. 5–19.
- Liebau, A., 2005. A revised classification of the higher taxa of the ostracoda (Custacea). *Hydrobiologia* 538, 115–137.
- Lima, M. R., 1978. *Palinologia da Formação Santana (Cretáceo do Nordeste do Brasil)*. PhD Thesis, Universidade de São Paulo, 337 p., 27 plates.
- Loeblich, A.R. & Tappan, H. *Foraminiferal Genera and their Classification*. Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1782p. 1988
- Manso, C. L. d. C. & Hessel, M. H. 2012. Novos equinóides (Echinodermata: Echinoidea) do Albiano da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 42: 187–197.

Murray, J. W. 2006 Ecology and applications of benthic foraminifera. Cambridge: Cambridge University Press. 426p.

Murray, J.W. 1991. *Ecology and palaeoecology of benthic foraminifera*. London, Longman Scientific & Technical, 397 p.

Nestell, G. P. e Nestell, M. K. 2006. Middle Permian (late Guadalupian) foraminifers from Dark Canyon, Guadalupe Mountains, New Mexico. *Micropaleontology*, 55: 495-513.

Pereira, P. A.; Cassab, R. d. C. T.; Barreto, A. M. F. 2016. Cassiopidae gastropods, influence of Tethys Sea of the Romualdo Formation (Aptian–Albian), Araripe Basin, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 70: 211-223.

Pons, D., Berthou, P.-Y., Campos, D. A., 1990. Quelques observations sur La plynologie de l’Aptien Supérieur et de l’Albien Du Bassin d’Araripe (NE Du Brésil). Atas I simpósio sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste, Crato, 241-252.

Pons, D., Berthou, P.-Y., Melo Figueira, J. P., Alcantara Sampaio, J.J., 1996. Palynologie des unités lithostratigraphiques “Fundão”, “Crato” et “Ipubi” (Aptien Supérieur à Albien Inférieur-Moyen, Bassin d’Araripe, NE Du Brésil): enseignements paléocéologiques, stratigraphiques et climatologiques. In: Jardiné, S., de Klasz, I., Debenay, J.P. (Eds.), *Géologie de l’Afrique et de l’Atlantique Sud. Compte-rendu des Colloques de Géologie d’Angers, Pau, 16-20 July 1994, Ef-Aquitaine Édition. Mémoire*, 16 (B), p. 383-401.

Prado, L. A. C.; Pereira, P. A.; Sales, A. M. F.; Barreto, A. M. F. 2014. Análise tafonômica e taxonômica da concentração de invertebrados fósseis do topo da Formação Romualdo, Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe em Araripe, Ceará (CE). *Estudos Geológicos*, 24: 5364.

Prado, L. A. C.; Pereira, P. A.; Sales, A. M. F.; Barreto, A. M. F. 2015. Taphonomic and paleoenvironmental considerations for the concentrations of macroinvertebrate fossils in the Romualdo Member, Santana Formation, Late Aptian–Early Albian, Araripe Basin, Araripina, NE, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 62: 218-228.

Prado, L. A. C.; Pereira, P. A.; Sales, A. M. F.; Barreto, A. M. F. 2016. Tafonomia dos Invertebrados do Sítio Canastra, Formação Romualdo, Cretáceo Inferior, Bacia do Araripe, Araripina, Pernambuco, Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências*, 39: 77-87.

Pronina, G. P. E Gubenko, T. A. 1990. Planoarkhedistsidy pozdnei Permi Zakavkazya (Late Permian planoarchaediscids from Transcaucasia). *Paleotologicheskii Zhurnal*, 1990 2:119-123. (In Russian; English translation: *Paleontological Journal*, 1990 2:119-123).

Roobahani, P. R, 2011. Lithostratigraphy and biostratigraphy of the Lower Cretaceous of the Jalmajird area (northeast of Khomeyn, Central Iran Basin), *Ira. Geo.Alp*, v. 9, S. 48–58.

Santos, M. E. C. M. 1982. Ambiente deposicional da Formação Santana - Chapada do Araripe (PE/PI/CE). In: *Anais do XXXII Congresso Brasileiro de Geologia, Salvador (BA), Anais*, v.4, p.1413-1426.

Silva Tales Jr., A.C. & Viana, M.S.S. 1990. Paleoecologia dos ostracodes da Formação Santana (Bacia do Araripe): Um estudo ontogenético de populações. In: Simpósio sobre a Bacia do Araripe e bacias interiores do nordeste, I, *Atas* p. 309-328.

Silva, M. D. 1978a,b,c. Ostracodes da Formação Santana (Cretáceo Inferior) – Grupo Araripe. Nordeste do Brasil – I – Novas espécies do gênero *Bisulcocypriis*, *Cypridea* e *Darwinula*. Congresso Brasileiro de Geologia. XXX. Anais.

Tomé. M. E. , Lima Filho M. F., 2010. Ostracodes da Bacia de Cedro, Andar Alagoas, Estado de Pernambuco, NE, Brasil: Implicações Paleoambientais e bioestratigráficas, Estudos Geológicos 21, 56-70.

Tomé. M. E. , Lima Filho M. F., Neumann V. 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 Research* 48, 153-176.

Wolanska, H. 1959. *Agathammina pusilla* (Geinitz) z dolnego cechsztynu Sudetów i Gór Swietokryskich. *Acta Paleontologica Ponica*, 4:27-59.

7.2 Segundo Artigo

ISOTÓPOS DE OXIGÊNIO E CARBONO EM MICROFÓSSEIS DA FORMAÇÃO ROMUALDO, CRETACEO INFERIOR, BACIA DO ARARIPE, PERNAMBUCO, NORDESTE DO BRASIL

Rilda. V. C. de Araripe ^{a*}, David H. D. Oliveira^b, Maria E. T. R.. Tomé^c, Renata Moura de Mello^d, Alcina M. F. Barreto^e, A. N. Sial^c

^a * *Post-Graduate Programme in Geosciences –Department of Geology – Federal University of Pernambuco (Universidade Federal de Pernambuco) – Recife - 50670-901 – Brazil.*

^b *Centro de Ciências Agrárias - Campus III, Departamento de Ciências Biológicas - Centro de Ciências Agrárias – Universidade Federal da Paraíba - Centro – 58397-000 - Areia, PB – Brazil. davidhollanda@gmail.com.*

^c *Departamento de Geologia da Universidade Federal de Pernambuco/ Laboratório de Isotopos Estáveis (NEG-LABISE). maria.tome@ufpe.br.*

^d *PETROBRAS Research and Development Center, Av. Horácio de Macedo 950, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ 21941-915, Brazil, email: renatamouramello@yahoo.com.br*

^e *Departamento de Geologia e Pós-graduação em Geociências da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). alcinabarreto@gmail.com; ans@ufpe.br*

* Corresponding author: Rilda Cardoso Araripe, Tel.: +55(81)2126-8240,

E-mail address: rildacardoso@gmail.com (Rilda Araripe)

RESUMO: O presente trabalho examinou o comportamento de isótopos de O e C em carapaças de ostracodes e foraminíferos da Formação Romualdo, Bacia do Araripe - PE. As amostras analisadas são de afloramentos (Arrojado, Canastra e Cedro) localizados nos municípios de Exu e Araripina, nas porções centro-sul e sudoeste da bacia. Os valores de $\delta^{18}\text{O}$ apresentaram variação entre -10.1‰ a -10.2‰ VPDB, e os valores de $\delta^{13}\text{C}$ variaram entre -12,6‰ e +2.7‰ VPDB. Os resultados encontrados para os dados isotópicos de oxigênio indicam águas de temperatura elevada e origem marinha para os calcários. Para os dados isotópicos de carbono nos afloramentos Arrojado e Canastra, os valores indicam ambiente anóxico e com alto teor de matéria orgânica. No afloramento Cedro, ocorre uma variação positiva indicando um aumento na produção primária, também associada a um evento anóxico, sendo os valores positivos interpretados como um pulso transgressivo, ou seja, o afloramento cedro localizado na porção centro-sul da bacia possui características ligadas a ambiente com maior influência marinha do que nos afloramentos Arrojado e Canastra, localizados na porção sudoeste.

Palavras-Chave: foraminíferos, ostracodes, isótopos estáveis, influencia marinha, Cretáceo.

ABSTRACT: This work examined the behavior of C and O isotope in carapaces of ostracodes and foraminifera from the Romualdo Formation, Araripe Basin – PE. The analyzed samples were collected from three outcrops (Arrojado, Canastra and Cedro) located in the cities of Exu and Araripina. The $\delta^{18}\text{O}$ values ranged from -10.1‰ to -10.2‰ VPDB and the $\delta^{13}\text{C}$ values ranged from -12,6‰ to +2.7‰ VPDB. Oxygen isotope data indicate high temperature of waters and the deposition of marine limestones in all outcrops. For Arrojado and Canastra outcrops, $\delta^{13}\text{C}$ values indicate an anoxic environment with high content of organic matter. In Cedro outcrop, a positive variation occurs indicating an increase in primary production, also associated to an anoxic event, and the positive values are interpreted as a transgressive pulse. These results indicate that Cedro outcrop, located in the midsouthern portion of this basin, has environmental characteristics with greater marine influence than in the Arrojado and Canastra outcrops, located in the southwestern portion of this basin.

Keywords: Foraminifera, ostracods, stable isotopes, marine influence, Cretaceous.

INTRODUÇÃO

A Bacia Sedimentar do Araripe é a única bacia interior do Nordeste do Brasil que guarda o registro de uma transgressão marinha durante o Cretáceo Inferior (Ponte, 1992). A Formação Romualdo, é composta de rochas sedimentares de ambiente transicional a marinho raso, depositadas durante o Neoaptiano-Eoalbio. Tal formação é caracterizada por ampla gama de tipos litológicos (arenito calcífero, calcário, marga, folhelho, calcário coquinoide) embora haja discussões em relação aos níveis estratigráficos com fácies propriamente marinha (Assine, 2014).

Os microfósseis fornecem uma riqueza de informações paleoambientais que auxiliam no reconhecimento de sistemas deposicionais, que se desenvolveram em resposta a mudanças do nível relativo do mar (Leckie e Olson, 2012).

O comportamento de $\delta^{13}\text{C}$ e de $\delta^{18}\text{O}$ é uma ferramenta que permite inferências de parâmetros como temperatura da água, salinidade, produtividade e disponibilidade de nutrientes, resultando em reconstruções paleoambientais. São importantes para a estratigrafia isotópica, e eventos que estão registrados de forma indireta em carapaças e microfósseis.

O presente trabalho tem como objetivo contribuir para as interpretações paleoambientais através de análise das razões isotópicas de C e O em carapaças de foraminíferos e ostracodes da Formação Romualdo.

ÁREA DE ESTUDO

A Bacia do Araripe está localizada entre os meridianos 38°30' e 40°50' de longitude oeste e os paralelos 7°05' e 7°50' de longitude sul (Viana e Neumann, 2002). Sua área de extensão não se limita à Chapada do Araripe, estendendo-se também pelo Vale do Cariri, num total de aproximadamente 9.000 km², sendo a mais extensa das bacias interiores do Nordeste do Brasil. Tal bacia é formada por unidades das seqüências pré-rift, rift, pós-rift I e pós-rift II (Assine, 1992; 2007). A Formação Romualdo é inserida na seqüência pós-rift I (Aptiano/Cenomaniano).

As coletas foram feitas com controle estratigráfico em três afloramentos, nos sítios Arrojado e Canastra, em Araripina e Cedro, em Exu, Pernambuco, regiões centro-sul e sudoeste da Bacia do Araripe (Figura 01).

O afloramento Arrojado, localizado em Araripina apresenta espessura de 11 m. Na base, é observado o contato do folhelho da Formação Romualdo com rochas do embasamento cristalino. Há um predomínio de camadas de arenito calcífero intercalados nos folhelhos. São encontrados foraminíferos bentônicos no topo da seção e níveis com abundância de ostracodes mixohialinos na base.

O afloramento Canastra, também localizado em Araripina, é caracterizado por uma seção de quatro metros, tendo na base, folhelhos com concreções carbonáticas, intercalados em arenitos calcíferos, que exibem estratificação cruzada de pequeno porte e, na porção superior, arenitos

calcíferos. Assim como no afloramento Arrojado, são encontrados foraminíferos bentônicos no topo da seção, e níveis com abundância de ostracodes mixohialinos na base.

O afloramento Cedro, próximo a cidade de Exu, possui cerca de seis metros de espessura, sendo os primeiros três metros compostos de camadas de folhelho com intercalações de arenito com base erosional e estruturas de sobrecarga, seguido de uma fina camada de arenito calcífero. O topo da seção é composto por intercalações de siltito seguido de 10 camadas de arenito calcífero. Nesse afloramento, é encontrada uma diversidade de foraminíferos bentônicos ao longo da seção, e a ocorrência de foraminíferos planctônicos em alguns níveis (1,3 e 1,9 m). A associação de microfósseis nesse afloramento é composta de foraminíferos e ostracodes, nos mesmos níveis.

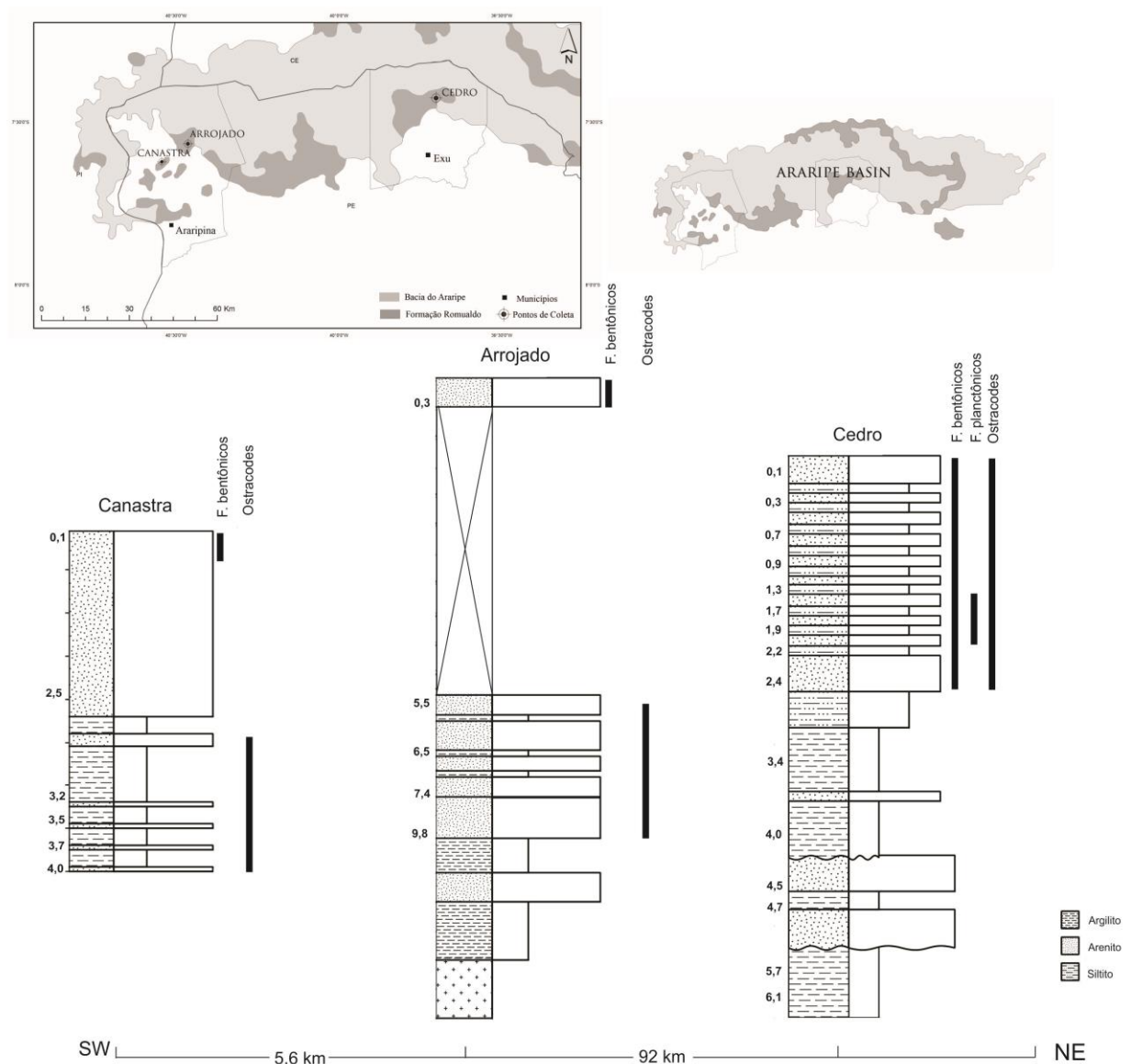


Figura 01 – Localização dos afloramentos na Bacia do Araripe, municípios de Exu e Araripina. Perfis estratigráficos dos afloramentos, com a distribuição dos microfósseis ao longo da seção.

MATERIAL E METODOS

O estudo das associações de ostracodes e foraminíferos foi realizado em 18 amostras, provenientes de três seções estratigráficas, sendo Cedro (Exu), localizado na porção centro-sul da bacia, e Arrojado e Canastra, ambos em Araripina, sudoeste da bacia. Essas áreas foram selecionadas para estudo por conter concentrações de fósseis de invertebrados (equinoides, gastrópodes e bivalvíos) em bom estado de preservação. Devido à ocorrência de calcarenitos com boa diversidade e preservação de fósseis de moluscos e equinoides cassiduloides.

A preparação, triagem e análise dos microfósseis seguiu a metodologia padrão para microfósseis carbonáticos proposto por Leipnitz & Aguiar (2002). Os procedimentos foram realizados no Laboratório de Paleontologia do Departamento de Geologia da UFPE (PALEOLAB).

As análises isotópicas foram realizadas no NEG-LABISE – UFPE. Os microfósseis após triagem e separação foram pulverizados. O NEG- LABISE utiliza o método convencional de digestão (McCrea, 1950). Os dados isotópicos foram calibrados com padrões internacionais e os resultados apresentados em V-PDB (Vienna Pee Dee Belemnite).

A análise isotópica foi extraída da carapaça de ostracodes e foraminíferos. As espécies utilizadas para análise foram *Pattersoncypris symmetrica* e *Agathammina* sp. que se apresentaram mais frequentes, ocorrendo em todos os afloramentos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de $\delta^{18}\text{O}$ apresentaram comportamento homogêneo, oscilando entre -10.1‰ e -10.2‰. Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ variam entre -12,6‰ (valor mais negativo no afloramento Canastra), e valor mais positivo a +2.7‰ (afloramento Cedro) (Tabela 1, Figura 2).

Tabela 1 – Resultados das análises isotópicas de oxigênio e carbono provenientes dos afloramentos Cedro, Arrojado e Canastra.

	Profundidade (m)	$\delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}} \text{‰}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{VPDB}} \text{‰}$
CEDRO	0,1	-2,1	-10,1
	0,3	-1,4	-10,2
	0,7	-0,4	-10,2
	0,9	-2,2	-10,1
	1,3	1,5	-10,1
	1,9	2,7	-10,2
	2,2	-4,2	-10,2
	2,4	-4,7	-10,1
ARROJADO	2,3	-3,7	-10,2
	7,5	-5,8	-10,2
	8,5	-2,7	-10,2
	9,4	-4,3	-10,2

	11,8	-7,6	-10,2
CANASTRA	2,5	-5,9	-10,1
	3,2	-12,6	-10,2
	3,5	-5,3	-10,1
	3,7	-6,2	-10,1
	4	-4,5	-10,1

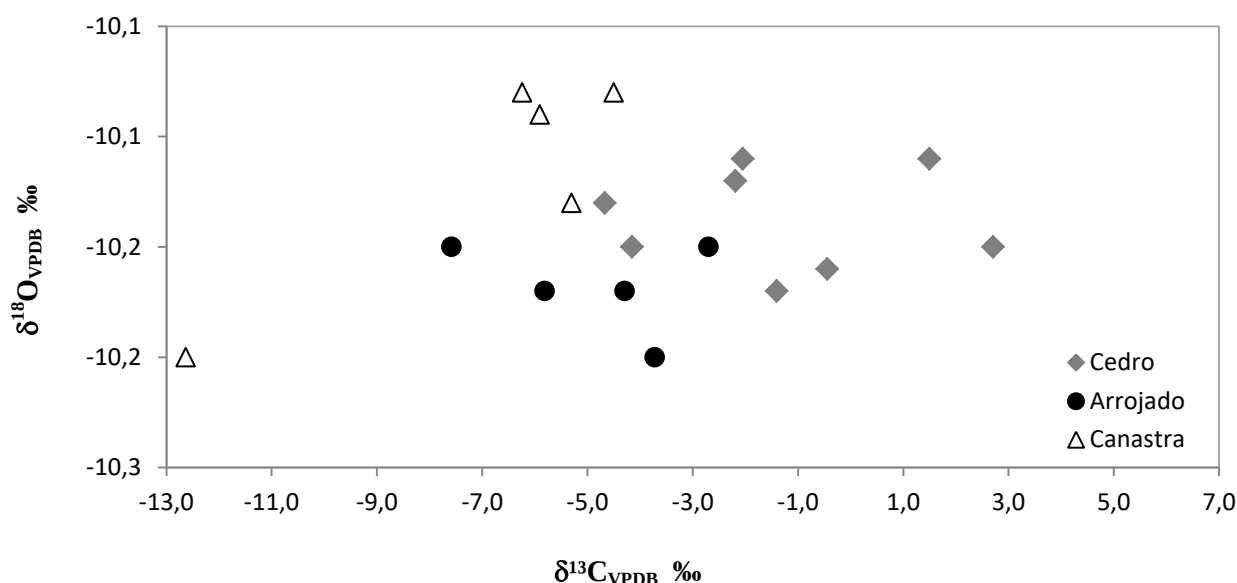


Figura 2 - Análise bivariada de $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$ para os afloramentos Cedro, Arrojado e Canastra.

Análises de $\delta^{18}\text{O}$

A composição isotópica da água e a temperatura são consideradas fatores importantes que causam o fracionamento isotópico do oxigênio. Nas águas oceânicas o O^{16} evapora mais rápido que o O^{18} , no entanto o O^{16} (por ser mais leve) também precipita mais que o O^{18} . Os carbonatos precipitados em água morna acabam incorporando mais O^{16} e menos O^{18} (e frequentemente tem um valor de razão $\delta^{18}\text{O}$ mais negativo) que aqueles precipitados em águas frias (Rodrigues e Fauth, 2013).

A salinidade é igualmente afetada, em uma escala regional, a água doce tem muito mais O^{16} que a água do mar. Os carbonatos precipitados em água doce, portanto, tendem a incorporar mais O^{16} e menos O^{18} (tendo um $\delta^{18}\text{O}$ mais negativo) que aqueles precipitados em água do mar normal. Assim, em ambientes de água salobra, os valores de δO^{18} são geralmente mais baixos que os calcários marinhos normais, devido a influência isotópica do O^{16} da água doce (Armstrong & Brasier, 2005).

De acordo com isso, na figura 3 estão representados os valores de $\delta^{18}\text{O}$ nas seções estudadas, observa-se que os valores se apresentaram bastante negativos e com pouca variação.

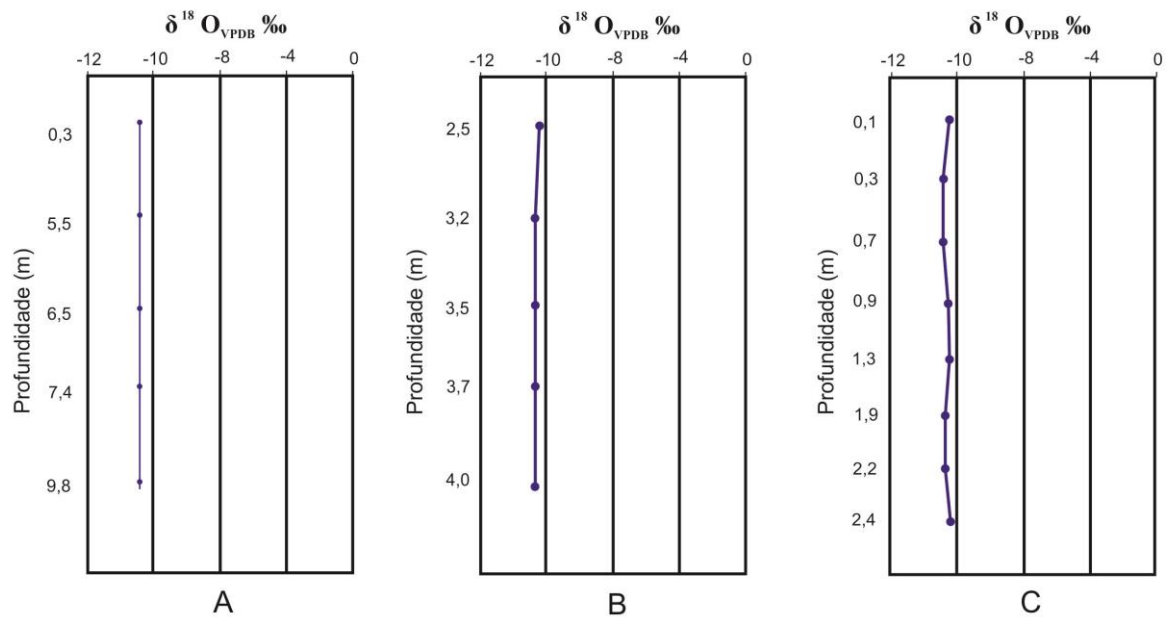


Figura 3 – Distribuição de $\delta^{18}\text{O}$ ao longo das seções (A), Arrojado, (B) Canastra e (C) Cedro.

Tais valores estão dentro da média global de calcários marinhos para o Cretáceo, e apresentam características típicas da época, demonstrando que não havia grande variação de temperatura da água, e estas permaneciam altas como em períodos interglaciais. Em relação a salinidade, as amostras estudadas, também estão dentro da média global para para o Cretáceo, cujo os valores de calcários marinhos variam entre -30‰ e -4‰ (Figura 4).

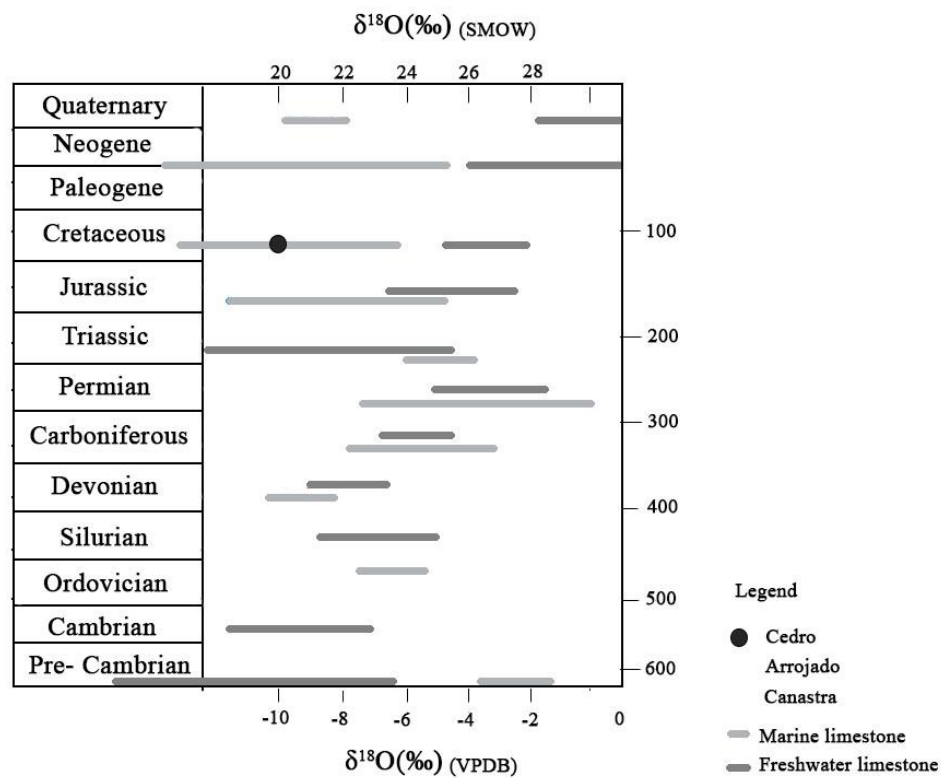


Figura 4 - Variação de isótopos de oxigênio em cherts e carbonatos com o tempo geológico (Modificado de Anderson & Arthur, 1983).

Análises de $\delta^{13}\text{C}$

Na figura 5 é possível observar os valores da composição isotópica do C^{13} dos afloramentos estudados. O afloramento Arrojado teve valores que oscilaram entre -7.6‰ e -2.7‰. Os valores do afloramento Canastra oscilaram entre -12.6‰ e -4.5‰ e os valores do afloramento Cedro oscilaram entre -4.7‰ e +2.7‰.

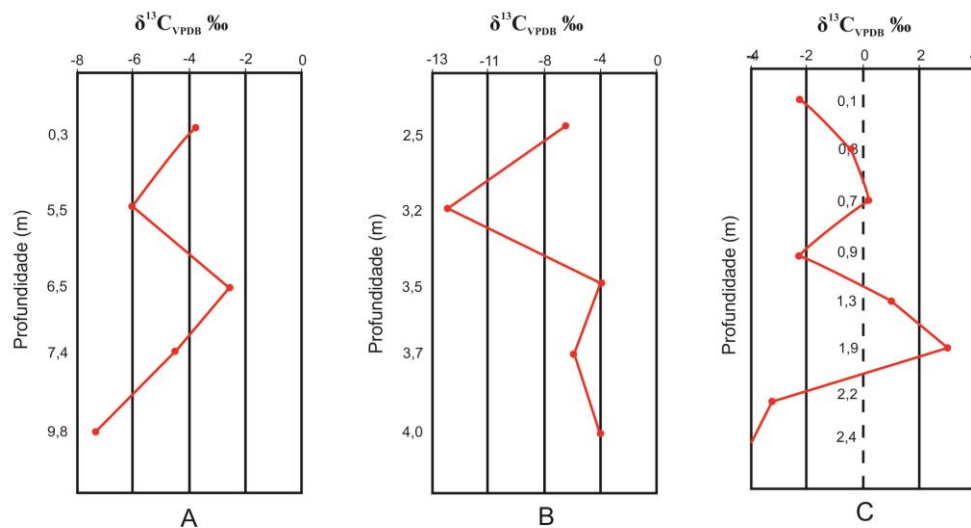


Figura 5 – Distribuição de $\delta^{13}\text{C}$ ao longo dos afloramentos (A) Arrojado, (B) Canastra e (C) Cedro.

Os afloramentos Arrojado e Canastra apresentaram apenas valores negativos oscilando ao longo das seções, indicando provavelmente um ambiente anóxico e com alto teor de matéria orgânica. Devido ao caráter transgressivo dos afloramentos os valores mais negativos são esperados. Em episódios de transgressões marinhas e inundações de extensas plataformas carbonáticas, ocorrem as melhores condições de preservação da matéria orgânica (rica em C^{12}). Desta forma, durante períodos de anoxia são depositados folhelhos de ambientes marinhos com valores da razão de $\delta^{13}\text{C}$ mais negativos. Este empobrecimento se deve à alta concentração de C^{12} no ambiente (Rodrigues & Fauth, 2013).

Quando comparados os resultados de C^{12} com a distribuição dos microorganismos ao longo das seções, não é possível perceber correlações entre as análises. Isso provavelmente acontece pelo fato das espécies possuírem uma tolerância maior em relação a variação de nutrientes.

A associação de microfósseis encontrada nesses afloramentos é bastante semelhante, com a ocorrência de espécies de ostracodes mixohialinos em abundância na base dos afloramentos e, a ocorrência de foraminíferos bentônicos no topo (Figura 6).

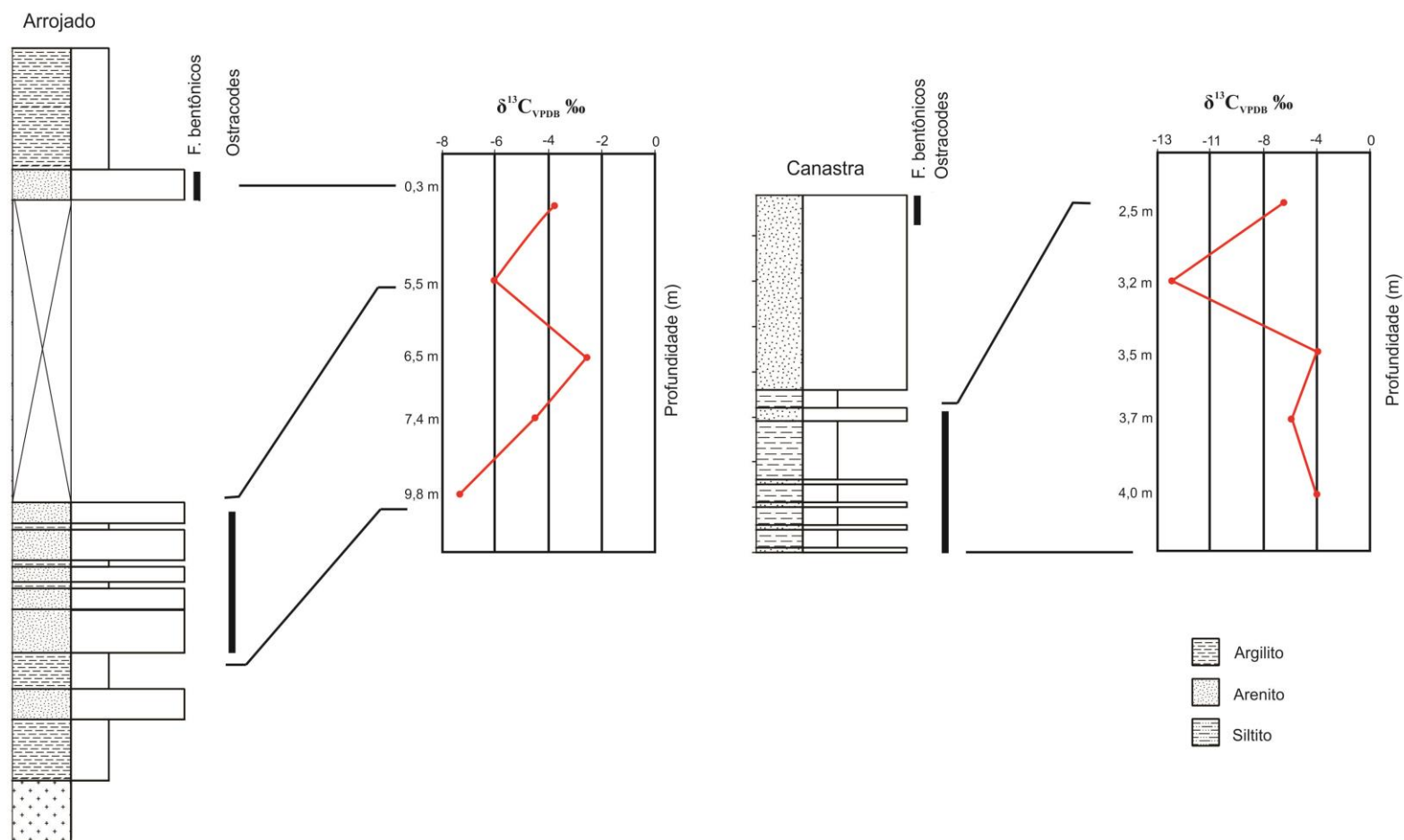


Figura 6 - Perfis estratigráficos dos Afloramentos Arrojado e Canastra; Correlação dos microfóssies com os dados de $\delta^{13}\text{C}$.

O afloramento Cedro (Figura 7) foi o único que oscilou entre valores positivos e negativos ao longo do perfil estratigráfico. No meio da seção é possível observar um aumento súbito de -4.2‰ para $+2.7\text{‰}$, seguido por uma queda brusca de $+1.5\text{‰}$ para -2.2‰ e logo após por um gradual decaimento no topo da seção. De acordo com Berger e Vincent (1986) a remoção de 1% do reservatório oceânico de carbono orgânico produz $0,2\text{‰}$ de mudança positiva. Os valores positivos observados nas amostras intermediárias do afloramento Cedro tem uma amplitude de 6.9‰ , o que indica uma mudança significativa no fluxo de carbono durante esse intervalo. Essa variação positiva nos valores de $\delta^{13}\text{C}$ indica um decréscimo da produção primária, associada a um evento óxico.

Segundo Hoefs (2004) e Armstrong & Brasier (2005), os carbonatos marinhos são isotopicamente mais pesados e apresentam um valor médio de razão de $\delta^{13}\text{C}$ ao redor de 0‰ (variável entre 1 e 3‰). Nesse estudo, os valores mais positivos nos níveis 1.90 e 1.30 m indicam que a deposição provavelmente ocorreu em ambiente com maior influência marinha. Esse dado é corroborado pela associação de microfósseis, onde é registrada uma maior diversidade de foraminíferos (com presença de foraminíferos planctônicos) e ostracodes mixohialinos que estariam associados a um pulso transgressivo ocorrido naqueles intervalos. Além disso, tal comportamento, indica uma diminuição da matéria orgânica e aumento da quantidade de oxigênio, oriundo provavelmente da entrada desse novo aporte de água marinha.

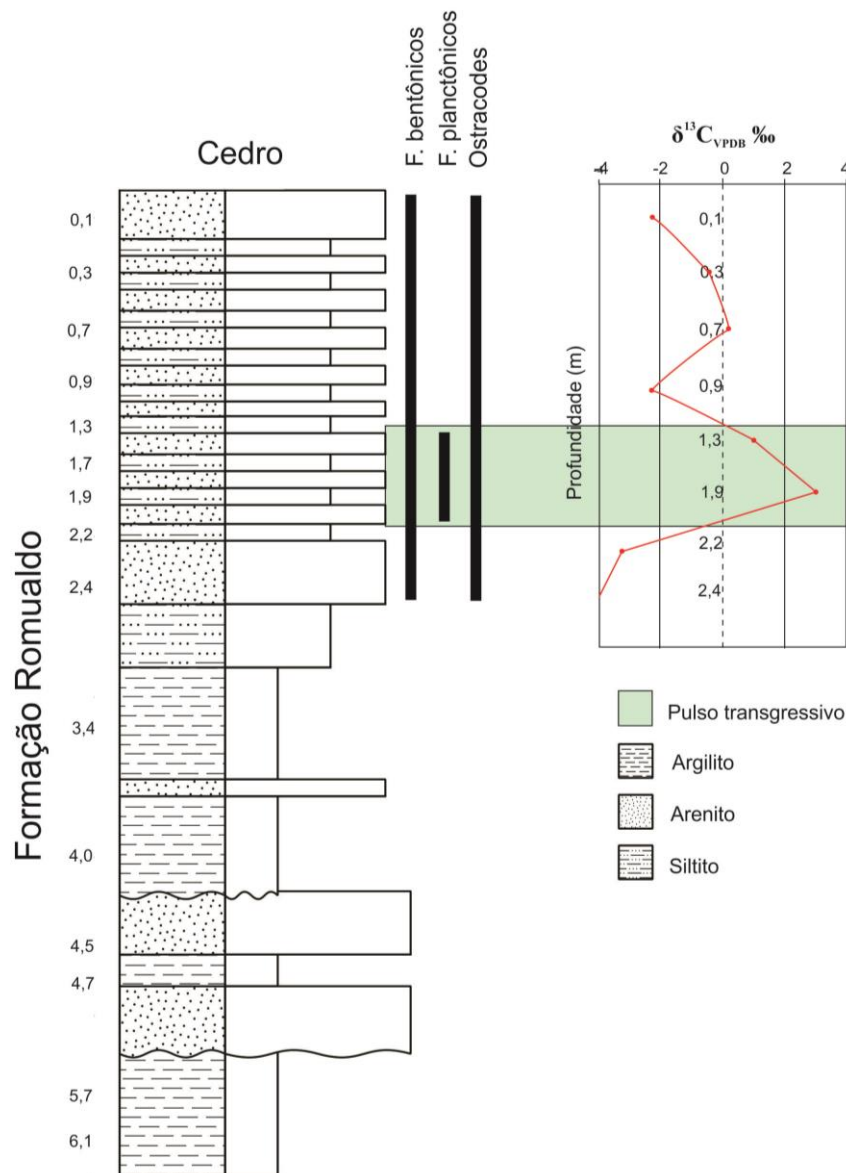


Figura 7 – Perfil estratigráfico do afloramento Cedro (6,1 metros), Correlação dos microfóssies com os dados de $\delta^{13}\text{C}$ caracterizando um pulso transgressivo entre 2,2 m e 1,3 m de profundidade da seção analisada.

Os dados isotópicos de carbono indicam uma maior similaridade entre os afloramentos Arrojado e Canastra, que se localizam na porção sudoeste da bacia. Porém, no afloramento Cedro, que se localiza na porção centro-sul, é possível observar que os valores $\delta^{13}\text{C}$ tendem a ser mais positivos em determinados níveis da seção, demonstrando que a região centro-sul sofreu uma maior influência marinha do que a região sudoeste da Bacia do Araripe.

CONCLUSÃO

Os dados isotópicos de oxigênio de uma maneira geral se apresentam bastante similares, nos três afloramentos, com valores negativos e com pouca variação indicando um ambiente de águas com temperaturas elevadas e precipitação de calcários marinhos nos afloramentos.

Para os dados isotópicos de carbono nos afloramentos Arrojado e Canastra, os valores se apresentaram mais negativos indicando ambiente anóxico e com alto teor de matéria orgânica.

No afloramento Cedro, os dados isotópicos de carbono sofrem uma variação positiva indicando uma diminuição na produção primária, associada a um evento óxico, sendo os valores positivos interpretados como de maior influência marinha, com registro de um pulso transgressivo.

De acordo com a análise isotópica e a análise da associação de microfósseis é possível inferir que o ambiente deposicional do afloramento Cedro tem características ligadas a um ambiente com maior influência marinha do que nos afloramentos Arrojado e Canastra.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado concedida para a primeira autora. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro (processos 40714812010-3, 201716/2010-0 e 303071/2014-1).

REFERÊNCIAS

- Allan, J.R., Matthews, R.K., 1982, Isotope signatures associated with early meteoric diagenesis: *Sedimentology*, 29, 797-817.
- Anderson, T.F., Arthur, M.A., 1983, Stable isotopes of oxygen and carbon and their application to sedimentologic and paleoenvironmental problems, in Arthur, M.A.,
- Anderson, T.F., Kaplan, I.R., Veizer, J., Land, L.S. (eds.), *Stable Isotopes in Sedimentary Geology: Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Short Course Notes*, 10, 1-151.
- Armstrong, H.A., Brasier, M.D. 2005. Microfossil, stable isotopes and ocean atmosphere history. In: *Microfossils*. Blackwell Publishing – Malden-USA. 2 ed. 4:25-34.
- Armstrong-Altrin, J.S., Madhavaraju, J., Sial, A.N., Kasper-Zubillaga, J.J., Nagarajan, R., Flores-Castro, K., Rodríguez, J.L., 2011, Petrography and stable isotope geochemistry of the Cretaceous El Abra Limestones (Actopan), Mexico: Implication on diagenesis: *Journal of the Geological Society of India*, 77(4), 349-359.
- Assine, M. L. 2007. Bacia do Araripe. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, 15(2):371-389.
- Assine, M. l. Análise Estratigráfica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira De Geociências*, v.22, n. 3, p.289-300.1992.
- Assine, M. L., Perinotto, J. A. J., Custódio, M. A., Neumann, V. H., Varejão, F. G. e Mescolotti, P. C. 2014. Sequências deposicionais do Andar Alagoas da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Boletim de Geociências da Petrobras*, Rio de Janeiro, v. 22, n. 1, p. 3-28.
- Berger, W.H., Vincent, E., 1986, Deep sea carbonates: reading the carbon isotope signal: *Geologische Rundschau*, 75, 249-269.

Camoin, G., Casanova, J., Rouchy, J. M., Blanc-Valeron, M. M., e Deconinck, J. F., 1997. Environmental control on perennial and ephemeral carbonate lakes: the central Palaeo-Andean basin of Bolivia during Late Cretaceous to Early Tertiary times. *Sedimentary Geology*, 113, p. 1-26.

Hoefs J. 2004. *Stable Isotope in Geochemistry*. Springer- Verlag, Germany. 5 ed. 244 p.

Kaufman, A.J., Knoll, A.H., 1995, Neoproterozoic variations in the C-isotopic composition of seawater: stratigraphic and biogeochemical implications: *Precambrian Research*, 73(1-4), 27-49.

Leipnitz, I.I. & Aguiar, E.S. 2002. Foraminíferos Recentes e Fósseis. in: t.l. Dutra (org.); técnicas e procedimentos de trabalho com fósseis e formas modernas comparativas. São Leopoldo, ppgeo/unisinos/capes. nº 01. editora unisinos. p. 8-10.

Madhavaraju J., Sial A.N., González-León C.M. & Nagarajan R. (2013b).- Carbon and oxygen isotopic variations in Early Albian limestone facies of the Mural Formation, Pitaycachi section, northeastern Sonora, Mexico.- *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, vol. 30, p. 526-539.

Madhavaraju, J., Kolosov, I., Buhlak, D., Armstrong-Altrin, J.S., Ramasamy, S., Mohan, S.P., 2004, Carbon and oxygen isotopic signatures in Albian-Danian limestones of Cauvery basin, southeastern India: *Gondwana Research*, 7(2), 527-537.

Marshall, J.D., 1992, Climatic and oceanographic isotopic signals from the carbonate rock record and their preservation: *Geological Magazine*, 129, 143-160.

Rodrigues, G. B.; Fauth, G. 2013. Isótopos estáveis de carbono e oxigênio em ostracodes do Cretáceo: metodologias, aplicações e desafios. *Terra Didática*, v. 9, p. 34-49.

Talbot, M. R. & K. R. Kelts (eds), 1989. Phanerozoic record of lacustrine basins and their environmental signals. *Palaeogeog. Palaeoclimat. Palaeoecol.* 70: 1–304.

Talbot, M. R., 1990. A review of the paleohydrological interpretation of carbon and oxygen isotope ratios in primary lacustrine carbonates. *Chemical Geology*, 80, p. 261-279.

Veizer, J., 1983, Chemical diagenesis of carbonates; theory and application of trace element technique, in Arthur, M.A., Anderson, T.F., Kaplan, I.R., Veizer, J., Land, L.S. (eds.), *Stable Isotopes in Sedimentary Geology*: Society of Economic Palaeontologists and Mineralogists, Short Course 10, 3-100.

Viana, M.S.S.; Neumann, V.H.L., 2002. Membro Crato da Formação Santana, Chapada do Araripe, CE: riquíssimo registro de fauna e flora do Cretáceo. In: Schobbenhaus, C.; Campos, D.A.; Queiroz, E.T., Winge, M.; Berbert-Born, M.L.C. (eds.) *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. DNPM/CPRM – Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP) – vol. 1, p. 113-120.

8 CONCLUSÕES

Foram identificados um total de dez espécies de foraminíferos bentônicos nos afloramentos estudados, e registrado a ocorrência de foraminíferos planctônicos nos afloramentos Cedro e Santo Antônio. A associação de foraminíferos encontrada é tipicamente de ambiente marinho raso a lagunas hipersalinas.

A associação de foraminíferos bentônicos, encontrada nos afloramentos da Formação Romualdo, demonstra uma afinidade tetiana com a presença de espécies do gênero *Agathammina*, tal gênero é amplamente distribuído nas águas do Mar de Tétis.

Foram identificadas cinco espécies de ostracodes. A associação é similar em todos os afloramentos, apresentando-se abundante, porém pouco diversa. As principais espécies encontradas são de ambiente mixohialino que estariam resistindo a variação de salinidade ocorridas durante deposição da Formação Romualdo.

Foram identificadas quatro biofácies, no qual foi possível correlacionar os afloramentos e concluir que os afloramentos localizados na porção centro-sul da Bacia do Araripe (Cedro e Santo Antônio) possui maior representatividade da influência marinha que na porção sudoeste (Canastra, Arrojado e Torre Grande). Dessa forma, a ingressão marinha ocorrida no Aptiano, poderia ter atingido primeiramente a parte centro-sul da bacia, com sentido de N/NE.

A associação de ostracodes e foraminíferos possui correlação com as bacias Parnaíba, Potiguar e Sergipe-Alagoas indo de acordo com a hipótese de Arai (1999, 2009, 2014) para a rota de ingressão. Porém, o estudo com coletas em outras localidades, principalmente na região norte da Bacia do Araripe, é necessário para que se possa inferir com mais precisão a rota de ingressão.

Os dados isotópicos de oxigênio de uma maneira geral se apresentam bastante similares, nos três afloramentos, os valores negativos indicaram elevadas temperaturas de águas e a presença de calcários marinhos em todos os afloramentos.

Para os dados isotópicos de carbono, os afloramentos Arrojado e Canastra, apresentaram valores mais negativos em todos os níveis, indicando ambiente anóxico e com alto teor de matéria orgânica. Porém, no afloramento Cedro, os dados isotópicos sofreram uma variação positiva indicando uma diminuição na produção primária, associada a um

evento óxico, que estaria associado a um ambiente de maior influência marinha, com registro de um pulso transgressivo.

De acordo com análise da associação de microfósseis e a análise isotópica foi possível inferir que o ambiente deposicional da Formação Romualdo, Bacia do Araripe, possui a porção centro-sul, (Cedro e Santo Antônio) com características ligadas a um ambiente com maior influência marinha do que a porção sudoeste (Arrojado, Canastra e Torre Grande).

REFERÊNCIAS

- Antonietto, L. S., 2010. Ostracodes da Formação Santana (Cretáceo Inferior, Aptiano Superior), Bacia do Araripe, NE-Brasil: Taxonomia, distribuição estratigráfica e paleoecologia. Dissertação de Mestrado. Programa de pós graduação em geologia, Universidade de Brasília.
- Arai, M. & Coimbra, J. C. 1990. Análise paleoecológica do registro das primeiras ingressões marinhas na Formação Santana (Cretáceo Inferior da Chapada do Araripe). In: 1º Simpósio Sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste, Atas, p. 226-233.
- Assine, M. L. 1992. Análise Estratigráfica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. Revista Brasileira De Geociências, v.22, n. 3, p.289-300.
- Assine, M. L. 2007. Bacia do Araripe. Boletim de Geociências da Petrobrás, v.15, n.2 p. 371-389.
- Assine, M. L., Perinotto, J. A. J., Custódio, M. A., Neumann, V. H., Varejão, F. G. e Mescolotti, P. C. 2014. Sequências deposicionais do Andar Alagoas da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. Boletim de Geociências da Petrobras, Rio de Janeiro, v. 22, n. 1, p. 3-28.
- Barbosa, C.F., Prazeres, M.F., Ferreira, B.P., Seoane, J.C.S., 2009. Foraminiferal assemblage and reef check census in coral reef health monitoring of East Brazilian margin. *Marine Micropaleontology* vol.73, pp. 62-69.
- Bate, R.H. 1971. Phosphatized ostracods from the Cretaceous of Brazil. *Nature* 230: 397-398.
- Bate, R.H. 1972. Phosphatized ostracods with appendages from the Lower Cretaceous of Brazil. *Paleontology*, 15(3): 379-393.
- Bate, R.H. 1973. On *Pattersoncypris micropapillosa* Bate. Stereo-Atlas of Ostracods Shells, 1(19): 101-108.
- Bernhard, J. M. 1986. Characteristic assemblages and morphologies of benthic foraminifera from anoxic organic-rich deposits: Jurassic through Holocene. *Journal of foraminífera research* 16, 207-215.
- Berthou, P. Y., Viana, M. V., Campos, D. A. 1990. Coupe da La Formation Santana dans Le secteur de “Pedra Branca” (Santana do Cariri) (Bassin D’ Araripe, NE du Brésil). 71 Contribution a l’ étude de La sedimentologie et des paleoenvironnements. In: 1º Simpósio Sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste, Atas, p. 173-191.
- Beurlen, K., 1971. As condições ecológicas e faciológicas da Formação Santana na Chapada do Araripe (Nordeste do Brasil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 43, 411-415.

- Birch, H.S., Coxall, H.K., Pearson, P.N., 2012. Evolutionary ecology of Early Paleocene planktonic foraminifera: size, depth habitat and symbiosis. *Paleobiology* 38 (3), 374–390.
- Boltovskoy, E. & Lena H. 1966. Foraminiferos Recientes de la Zona Litoral de Pernambuco (Brasil), *Revista Del Museo Argentino De Ciencias Naturales “Bernardino Rivadavia”*. 7 (4): 215-340.
- 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, p. 151-182.
- Bruno, A. P. & Hessel, M. P. 2006. Registros paleontológicos do Cretáceo marinho na Bacia do Araripe. *Estudos Geológicos*, 16(1):30-49.
- Campos, D. D. A. e Kellner, A. W. A. 1985. Pannorama Fo the flying reptiles study in Brazil and South America. *Anais da academia brasileira de ciências* 57(4): 453-466.
- Cavalcanti, V. M. M. & Viana, M. S. S. 1990. Faciologia dos sedimentos não lacustres da Formação Santana (Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil). 1º Simpósio sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste, Atas, p. 173-192.
- Chagas, D. B. 2006. Das. Litoestratigrafia Da Bacia Do Araripe: Reavaliação E Propostas Para Revisão. 127 f. Dissertação (Mestrado em Geociências), Programa de Pós-Graduação em Geologia Regional, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro.
- Chamney, T. P. 1976. Foraminiferal morphogroup symbol for paleoenvironmental interpretation of drill cutting samples: Arctic America, Albian continental margin. *SPEC PUBL MARIT SEDIMENTS* 1B, 585-624.
- Coimbra, J.P., Arai, M & Carreño, A.L. 2002. Bioestratigraphy of Lower Cretaceous microfossils from the Araripe basin, northeastern Brazil. *Geobios*. 35(6): 687-698.
- Colin, J.P. & Depèche, F. 1997. Faunes d’ ostracodes lacustres des bassins intra-cratonique d’agê albo-aptien en Afrique de l’Ouest (Cameroun, Tchad) et au Brèsil: considerations d’ordre paléoécologique et paléogeographique. *African, Geoscience Review*, 4(2/3).
- Do Carmo, D. A., Whatley, R. C., Quiroz, J. V. N., Coimbra, J C., 2008. On the validity Fo two lower cretaceous non-marine ostracode genera: bioestratigraphic and paleogeographic implications. *Journal of Paleontology* 82, 790-799.
- Ellis, B. F.; Messina, A. (1940-2006). *Catalogue of Foraminifera*. Micropaleontology Press, American Museum of Natural History, New York.
- Gobbo, S.R. 2006. Taxonomia, paleoecologia e bioestratigrafia de ostracodes da Formação Santana (Aptiano Superior – Albiano Inferior), bacia Araripe, NE Brasil. Tese de Doutorado, Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 188p.

- Jones, R. W. 1986. Distribution of morphogroups of Recent agglutinating foraminífera in the Rockall Trough-a synopsis. *PROC R SOC EDINBURGH* 88B, 55-58.
- Jones, R. W. e Charnock, M. A. 1985. "Morphogroups" of agglutinating foraminífera. Their life positions and feeding habits and potential applicability in (paleo)ecological studies. *REV PALEOBIOL* 4, 311-320.
- Kellner, A. W. A. 2002. Membro Romualdo da Formação Santana, Chapada do Araripe, CE—Um dos mais importantes depósitos fossilíferos do Cretáceo brasileiro. In: Schobbenhaus, C., Campos, D. A., Queiroz, E. T.; Winge, M., Berbetborn, M. L. C. (edits.), *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. 1. ed. Brasília: DNPM/CPRM – Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleontológicos (SIGEP), 1:121-130.
- Krommelbein, K. & Weber, R. 1971. Ostracoden des "Nordost-Brasilianischen Wealden". *Geologisches Jahrbuch*, 115:1-93.
- Lima, F. J. , Saraiva, A. A. F. , 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). PhD Thesis, Universidade de São Paulo, 337 p., 27 plates.
- Loeblich, A.R. & Tappan, H. 1988. *Foraminiferal Genera and their Classification*. Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1782p.
- Mabessone, J. M. & Tinoco, I. M. 1973. Paleoecology of the Aptian Santana Formation (Northeastern Brazil). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 14:97-118.
- Maisey, J. G. 1991. *Santana Fossil an Illustrated Atlas*. Tropical Fish Hobbyist Publications, 459 p.
- McCrea, J. M., 1950, On the isotopic chemistry of carbonates and a paleotemperature scale: *Jour. Chem. Phys.*, v. 18, p. 849-857.
- Noguti, I. e Santos, J. F., 1972. Zoneamento preliminar por foraminíferos planctônicos do Aptiano ao Mioceno na plataforma continental do Brasil. *Boletim técnico da Petrobrás*, 15(3):265-283.
- Ponte, F.C. 1992. Origem e evolução das pequenas bacias cretácicas do interior do Nordeste do Brasil. In: *Simpósio sobre as Bacias Cretácicas*.
- Price, L. I. 1973. Quelônio Amphichelydia no Cretáceo Inferior do nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 3: (2) 84-96.
- Sen Gupta, B.K. 1999. Systematics of Modern Foraminifera. In: B.K. Sen Gupta (ed.). *Modern Foraminifera*. Kluwer Academic Publishers, London, 371p

- Severin, K. P. 1983. Test morphology in benthic foraminífera as a discriminator of biofacies. *Marine Micropaleontology* 8, 65-76.
- Silva Tales Jr., A.C. & Viana, M.S.S. 1990. Paleoecologia dos ostracodes da Formação Santana (Bacia do Araripe): Um estudo ontogenético de populações. In: Simpósio sobre a Bacia do Araripe e bacias interiores do nordeste, I, *Atas* p. 309-328.
- Silva, D.M. 1978 a,b,c. Ostracodes da Formação Santana (Cretáceo Inferior) – Grupo Araripe. Nordeste do Brasil – I – Novas espécies do gênero *Bisulcocypris*, *Cypridea* e *Darwinula*. Congresso Brasileiro de Geologia. XXX. Anais.
- Silva-Santos, R. and Valença, J. G., 1968. A Formação Santana e sua Paleoictiofauna. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 40(3):339-360.
- Tomé. M. E. , Lima Filho M. F., 2010. Ostracodes da Bacia de Cedro, Andaraí Alagoas, Estado de Pernambuco, NE, Brasil: Implicações Paleoambientais e bioestratigráficas, *Estudos Geológicos* 21, 56-70.
- Tomé. M. E. , Lima Filho M. F., Neumann V. 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 Research* 48, 153-176.
- Viana, M.S.S. & Neumann, V.H.L. 2002. Membro Crato da Formação Santana, Chapada do Araripe, Ce. Riquíssimo Registro de Fauna e Flora do Cretáceo. In: Schobbenhaus, C.; Campos, D.A.; Queiroz, E.T.; Winge, M. & Born, M.L.C.B. (Eds.). *Sítios Geológicos E Paleontológicos Do Brasil*. Brasília, Dnrm/Cprm/Sigep, Brasília, P.113-120.