



**Paleoecologia e Paleogeografia dos Moluscos e Equinoides da
Formação Romualdo, Aptiano-Albiano da Bacia do Araripe, Brasil**

**Paleoecology and Paleogeography of Mollusks and
Echinoids from Romualdo Formation, Aptian-Albian of the Araripe Basin, Brazil**

Priscilla Albuquerque Pereira¹; Rita de Cassia Tardin Cassab² & Alcina Magnólia Franca Barreto¹

¹Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Departamento de Geologia, Laboratório de Paleontologia, Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n, Cidade Universitária, 1235, 50740-533, Recife, PE, Brasil

²Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, Avenida Athos da Silveira Ramos, 274, 21910-900, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
E-mail: palbuquerquep@hotmail.com; rcassab@gmail.com; alcinabarreto@gmail.com

Recebido em: 05/05/2017 Aprovado em: 28/06/2017

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2017_2_180_198

Resumo

A influência marinha no Aptiano-Albiano da bacia sedimentar do Araripe, sempre foi sugerida a partir de fósseis de vários grupos taxonômicos como os equinoides e diversos moluscos gastrópodos e bivalvíos. Apesar da Formação Romualdo apresentar assembleias com fósseis desses invertebrados, relevantes para a indicação dessa influência marinha durante o Aptiano-Albiano, passaram muitos anos sem receber estudos apropriados. Somente após os recentes trabalhos feitos tanto com os equinoides como os moluscos ali representados possibilitou a análise paleoecológica dessas assembleias. Esses estudos possibilitarão configurar uma possível rota dessa incursão marinha ocorrida no início da formação do Oceano Atlântico. Nesse trabalho foram analisados fósseis de invertebrados de vinte sítios da Formação Romualdo, distribuídos ao longo da bacia do Araripe em Pernambuco, Ceará e no Piauí. A partir deste estudo foram feitas inferências paleoecológicas, bem como a distribuição paleogeográfica da fauna mostrando prováveis ambientes de sedimentação marinho, lagunar e estuarino, mostrando as possíveis entradas do mar na bacia. Foram constatadas espécies em comum com o Albiano da bacia de Sergipe e com a Formação Codó, no Maranhão. Essa associação de invertebrados marinhos é composta predominantemente pelos equinodermos: *Pygurus (Echinopygus) tinocoi* e *Bothryopneustes araripensis*, pelos gastrópodos: *Tylostoma ranchariensis*, *Cerithium sergipensis*, *Paraglauconia (Diglauconia) araripensis* e pelos bivalvíos: *Aguileria dissita* e *Brachidontes araripensis*. Já na associação lagunar predominam gastrópodos *Paraglauconia (Diglauconia) araripensis*, *Gymnentome (Gymnentome) romualdoi*, *Gymnentome (Craginia) beurleni*, "*Pseudomesalia*" ("*Pseudomesalia*") *santanensis*, "*Pseudomesalia*" ("*Pseudomesalia*") *menessieri*", *Cerithium sergipensis* e *Tylostoma ranchariensis* e ausência de equinoides. Na estuarina predominam os bivalvíos *Brachidontes araripensis* e *Corbula* sp. **Palavras-chave:** Aptiano-Albiano, bacia do Araripe, Formação Romualdo, gastrópodos, bivalvíos, equinoides, associações faunísticas marinha, lagunar e estuarina.

Abstract

The marine influence in the Aptian-Albian of the Araripe Sedimentary Basin, has always been suggested from fossils of several different taxonomic groups. Although the Romualdo Formation presented fossil assemblages of these invertebrates, relevant for the indication of this marine influence during the Aptian-Albian, they spent many years without receiving appropriate studies. Only after the recent work done with both the echinoids and the molluscs represented there allowed the paleoecological analysis of these assemblages. These studies will make it possible to configure a possible route of this marine incursion that occurred at the beginning of the formation of the Atlantic Ocean. From this study were made paleoecological inferences, as well as the paleogeographic distribution of the fauna showing probable environments of marine, lagoon and estuarine sedimentation, showing the possible entrances of the sea in the basin. Common species were found with the Albian of the Sergipe basin and with the Codó Formation, in Maranhão. This association of marine invertebrates is predominantly composed of echinoderms *Pygurus (Echinopygus) tinocoi* and *Bothryopneustes araripensis*; the gastropods *Tylostoma ranchariensis*, *Cerithium sergipensis*, *Paraglauconia (Diglauconia) araripensis* and the bivalves *Aguileria dissita* and *Brachidontes araripensis*. In the lagoon association prevails the gastropods *Paraglauconia (Diglauconia) araripensis*, *Gymnentome (Gymnentome) romualdoi*, *Gymnentome (Craginia) beurleni*, *Pseudomesalia (Pseudomesalia) santanensis*, *Pseudomesalia (Pseudomesalia) mennessieri* and *Cerithium sergipensis* and absence of echinoids. In the estuarine association occurs *Tylostoma ranchariensis* and predominates bivalves *Brachidontes araripensis* and *Corbula* sp.

Keywords: Aptiano-Albiano; Araripe Basin; Romualdo Formation; bivalves; gastropods; echinoids; lagoon fauna; estuarine fauna

1 Introdução

A Bacia Sedimentar do Araripe é a única bacia interior do Nordeste do Brasil que guarda o registro da transgressão marinha durante o Cretáceo Inferior (Ponte, 1992). A Formação Romualdo (Neoaptiano/Eoalbiano) guarda o mais importante jazigo fossilífero da Bacia do Araripe, em termos qualitativos e quantitativos (Cavalcante & Viana, 1990). Dentre uma fauna diversificada, representada por peixes, répteis, moluscos, crustáceos, dinoflagelados e plantas (Branner, 1915; Beurlen, 1963, 1964, 1966; Silva-Santos & Valença, 1968; Arai & Coimbra, 1990; Maisey, 1991; Bruno & Hessel, 2006; Lima *et al.*, 2012; Pinheiro *et al.*, 2014), a presença de organismos bentônicos marinhos, como moluscos e equinodermos, merece destaque por constituir uma evidência de deposição em ambiente marinho raso (Beurlen, 1963, 1964).

Durante a década de 1960 foram registradas muitas citações de ocorrências dos moluscos da Formação Romualdo, em várias localidades da Bacia do Araripe (Beurlen, 1962a, 1962b; 1963; 1966; Albuquerque, 1963; Anjos, 1963; Costa, 1963; Leite, 1963) onde, além de moluscos bivalvíos e gastrópodos, foram descritos também equinodermos da classe Echinoidea (Beurlen, 1966). A exceção de Beurlen, 1964, os moluscos só passaram a ser descritos e ilustrados formalmente a partir de Prado *et al.* (2015) e Pereira *et al.*, (2015, 2016) permitindo uma melhor compreensão do paleoambiente da Formação Romualdo, a partir da análise desses elementos.

Atualmente, a diversidade de bivalvíos da Formação Romualdo abrange 3 famílias e 3 espécies: Bakevelliidae - *Aguilera dissita* White, 1887; Mitylidae - *Brachidontes araripensis* Pereira *et al.*, 2015 e; Corbulidae - *Corbula* sp. Entre os gastrópodos, são 3 famílias e 9 espécies: Cassiopidae - *Paraglauconia (Diglauconia) araripensis* (Beurlen, 1964; *Paraglauconia (Diglauconia) lyrica* Maury, 1936; *Gymnentome (Gymnentome) romualdoi* (Beurlen, 1964); *Gymnentome (Gymnentome) carreziana* Maury, 1936; *Gymnentome (Craginia) beurleni* Pereira *et al.*, 2016; ‘*Pseudomesalia*’ (‘*Pseudomesalia*’) *mennessieri* Pereira *et al.*, 2016 e ‘*Pseudomesalia*’ (‘*Pseudomesalia*’) *santanensis* Pereira *et al.*, 2016; Cerithiidae - *Cerithium sergipensis* Maury, 1936 e Naticidae - *Tylostoma ranchariensis* Pereira *et al.*, 2015.

Apesar da ocorrência desses fósseis ao longo de toda a extensão da Bacia do Araripe (Ceará, Pernambuco e Piauí), é na porção oeste, mais precisamente nos municípios de Ipubi, Araripina e Exu, em Pernambuco, que são encontradas as camadas de arenitos calcíferos mais ricas em invertebrados. Além dos moluscos, são conhecidos em Araripina os equinoides *Pygurus (Echinopygus) tinocoi*, *Bothryopneustes araripensis*, *Douvillaster benguellensis* e *Hemiasiter proclivus* (Beurlen, 1966; Manso & Hessel, 2007, 2012). Beurlen (1966) já citava que, quase sempre, os equinoides se encontravam associados a uma fauna de pequenos moluscos.

A proposta deste trabalho é integrar dados do registro bibliográfico somado a novos dados de campo, como a coleta de fósseis, análise das associações faunísticas e suas relações paleoautoecológicas e paleogeográficas para contribuir com novos dados sobre o paleoambiente e a provável rota de entrada marinha na Bacia do Araripe durante o Aptiano-Albiano.

2 Área de Estudo e Geologia

A área de estudo está situada no NE do Brasil nos estados de Pernambuco, Ceará e Piauí, distando cerca de 700 km a norte, e a leste das capitais e do litoral (Figura 1). Geologicamente, está inserida na Bacia Sedimentar do Araripe. Foram considerados os afloramentos com relevante identificação das associações faunísticas.

Assine (2007) e Ponte & Appi (1990) subdividiram a Bacia Sedimentar do Araripe em três tectono-sequências: pré-rifte e rifte, pós-rifte I e pós-rifte II, estando a Formação Santana incluída na sequência pós-rifte I. Neumann & Cabrera (1999) elevaram a categoria da Formação Santana para Grupo Santana (Aptiano-Albiano), subdividida nas formações Crato, Ipubi e Romualdo. Essa estratigrafia é a adotada aqui neste trabalho.

A Formação Romualdo é caracterizada por calcarenitos estratificados na base, gradando para argilitos e folhelhos, contendo concreções calcárias com peixes e outros vertebrados. Para o topo da unidade, o empilhamento é transgressivo (Assine, 2007), com a porção superior da formação, acima

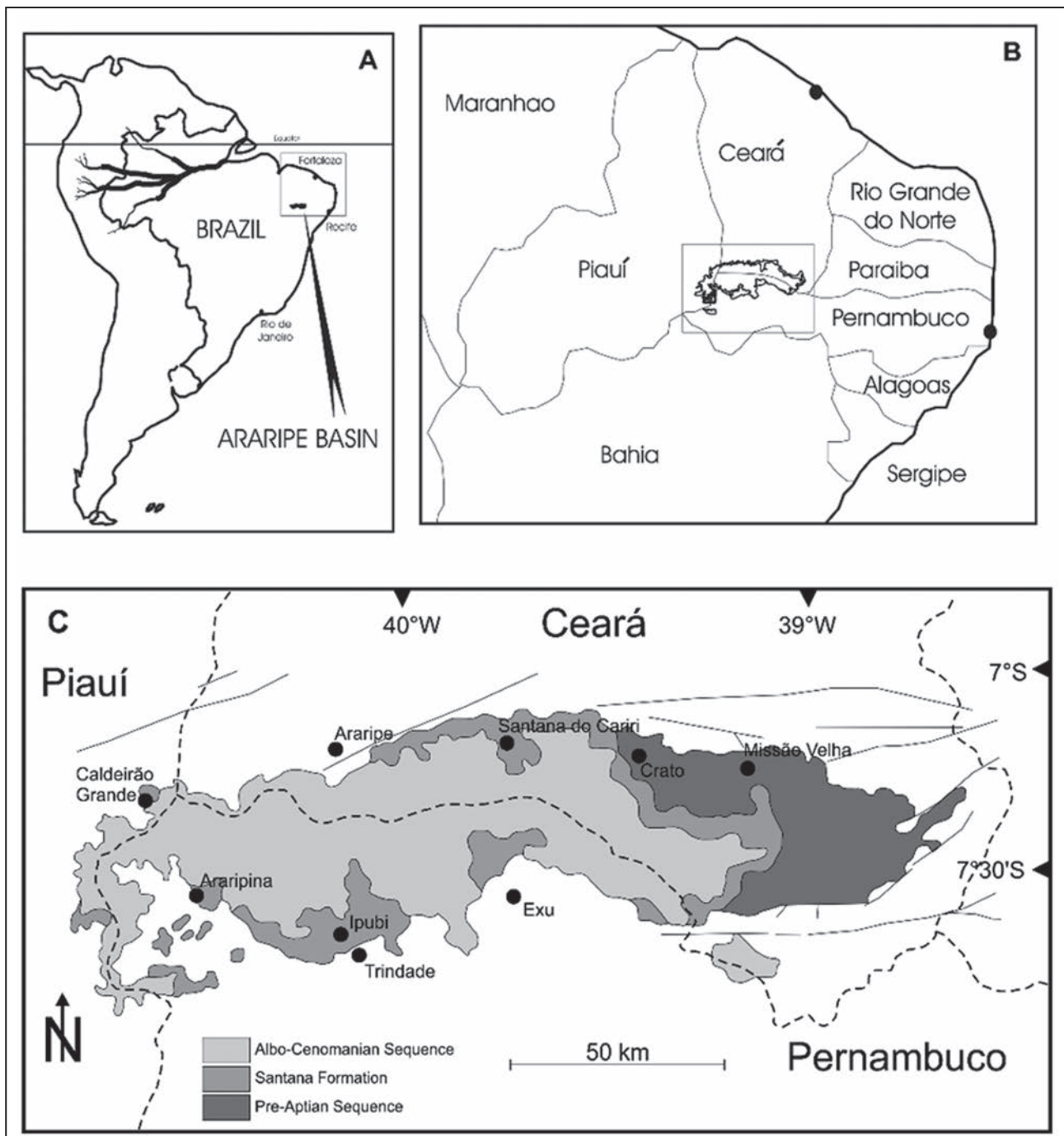


Figura 1 A. Localização da Bacia do Araripe na América do Sul; B. chapada do Araripe no Brasil, presente nos estados do Ceará, Pernambuco e Piauí; C. localidades onde foram coletadas as associações (modificado de Neumann & Cabrera, 1999).

do nível das concreções, apresentando calcarenitos coquínoides geralmente com cerca de 1-3 metros de espessura. Algumas dessas concentrações apresentam além de moluscos, equinóides caracterizando a influência marinha para a bacia (Beurlen, 1963; Silva, 1988; Sales *et al.*, 2001) baseada também na presença de alguns microfósseis como ostracodes

(Mabesoone & Tinoco, 1973) e dinoflagelados *Subtilisphaera* (Arai, 2009, 2014). As localidades de estudo apresentam todas as características sedimentológicas e estratigráficas específicas da Formação Romualdo, com algumas variações nas espessuras das camadas e na composição das associações faunísticas.

3 Material e Métodos

Apartir de um vasto levantamento bibliográfico, foram consideradas 20 localidades distribuídas nos estados de Piauí, Ceará e Pernambuco e apresentadas na Figura 2 e na Tabela 1. Algumas publicações descrevem a ocorrência de invertebrados apenas em nível de gênero. Já outras, apresentam a descrição do perfil estratigráfico, aspectos tafonômicos e dados de sistemática mais completos.

Foram selecionadas as localidades fossilíferas com tafocenoses descritas com características de fauna primariamente biogênica, com pouco ou nenhum transporte, para que os dados levantados apresentassem o mínimo de desvio espaço-temporal.

Das concentrações selecionadas, nove foram analisadas quantitativamente (abundância relativa) e qualitativamente (bioestratigrafia, disposição em planta e dados morfofuncionais/autoecológicos), as demais, por presença e ausência de espécie, considerando, desta forma, as características autoecológicas dos gêneros.

4 Resultados

4.1 Moluscos e Equinodermos da Formação Romualdo

A fauna de moluscos fósseis é composta por bivalvíos e gastrópodos, por vezes associados a

equinoides irregulares. As espécies presentes correspondem a bivalvíos da família Bakevelliidae: *Aguileria dissita* (White, 1887) – Família Mitylidae: *Brachidontes araripensis* Pereira *et al.*, 2015 e Família Corbulidae: *Corbula* sp. e gastrópodos da Família Cassiopidae: *Paraglauconia (Diglauconia) araripensis* (Beurlen, 1964), *Paraglauconia (Diglauconia) lyrica* Maury, 1936, *Gymnentome (Gymnentome) romualdoi* (Beurlen, 1964), *Gymnentome (Gymnentome) carregozica* Maury, 1936, *Gymnentome (Craginia) beurleni* Pereira *et al.*, 2016, ‘*Pseudomesalia*’ (‘*Pseudomesalia*’) *mennessieri* Pereira *et al.*, 2016 e ‘*Pseudomesalia*’ (‘*Pseudomesalia*’) *santanensis* Pereira *et al.*, 2016 – Família Cerithiidae: *Cerithium sergipensis* Maury, 1936 e Família Naticidae: *Tylostoma ranchariensis* Pereira *et al.*, 2015.

Os bivalvíos correspondem a 15% da fauna de moluscos (Figura 3) no qual *Aguileria dissita* são raros (5%) e, *Brachidontes santanensis* e *Corbula* sp. são comuns apresentando praticamente o mesmo percentual de ocorrência (45% e 40%, respectivamente), variando nas concentrações em relação ao domínio das espécies. Os bivalvíos indeterminados correspondem a 10% do material coletado, que são basicamente moldes internos de valvas fechadas.

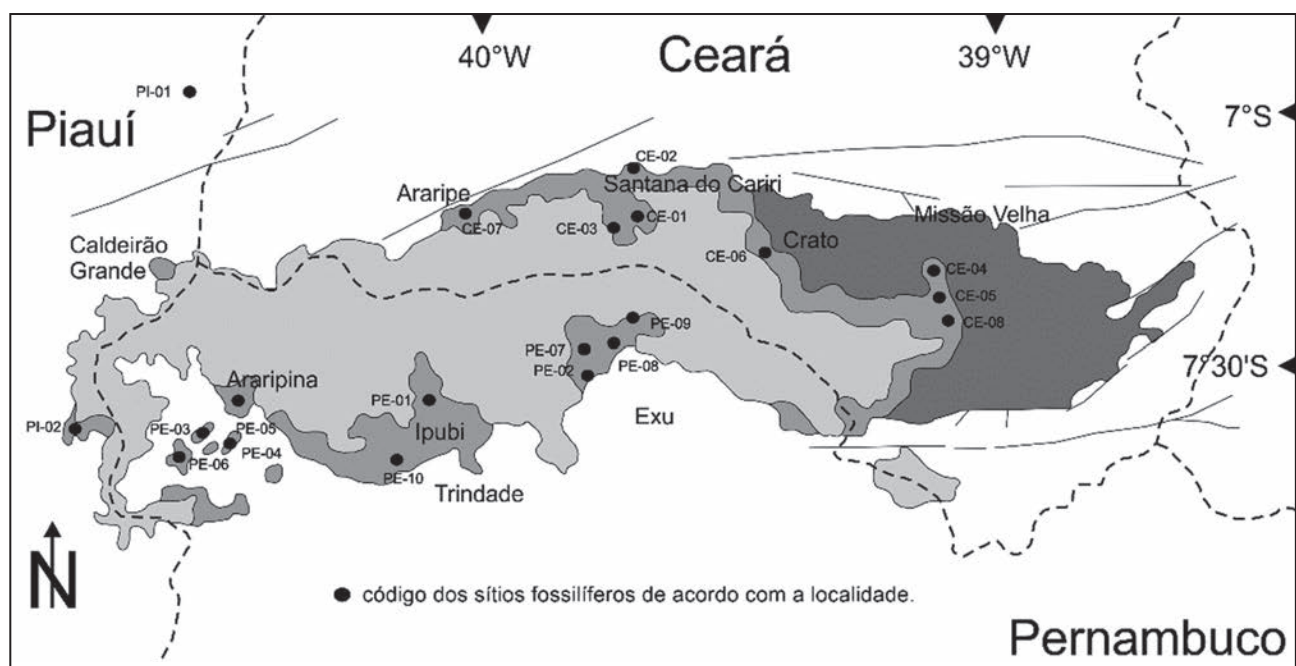


Figura 2 Localização dos 20 sítios fossilíferos analisados na Formação Romualdo, Bacia do Araripe.

Paleoecologia e Paleogeografia dos Moluscos e Equinoides da Formação Romualdo, Aptiano–Albiano da Bacia do Araripe, Brasil
Priscilla Albuquerque Pereira; Rita de Cassia Tardin Cassab & Alcina Magnólia Franca Barreto

Número	Sítios	Táxon	Fonte
PI – 01	Pau dos Ferros, Fronteiras, PI	Gastrópodos: <i>Cerithium</i> sp. Biválvios: <i>Plicatula</i> sp.	Santos, 1982
PI – 02	Ladeira do Belenga, Simões, PI.	Gastrópodos: <i>Cerithium sergipensis</i> Biválvios: <i>Aguileria dissita</i> ; <i>Brachidontes araripensis</i>	Santos, 1982; Pereira <i>et al.</i> , 2015
PE – 01	Casa de Pedra, Ipubi, PE	Gastrópodos: ' <i>Pseudomesalia</i> ' (' <i>Pseudomesalia</i> ') <i>santanensis</i> ; <i>Gymnentome</i> (<i>Craginia</i>) <i>beurleni</i> . Biválvios: <i>Brachidontes araripensis</i> ; <i>Corbula</i> sp.	Pereira <i>et al.</i> , 2016
PE – 02	Zé Gomes, Exu, PE.	Gastrópodos: <i>Cerithium sergipensis</i> Biválvios: <i>Brachidontes araripensis</i> ; <i>Corbula</i> sp.	Pereira <i>et al.</i> , 2015
PE – 03	Canastra, Araripina, PE	Gastrópodos: <i>Cerithium sergipensis</i> ; <i>Tylostoma ranchariensis</i> ; <i>Paraglauconia</i> (<i>Diglauconia</i>) <i>araripensis</i> . Biválvios: <i>Brachidontes araripensis</i> ; <i>Aguileria dissita</i> . Equinoides: <i>Pygurus</i> (<i>Echinopygus</i>) <i>tinocoi</i> .	Pereira <i>et al.</i> , 2015, 2016
PE – 04	Torre Grande, Araripina, PE.	Gastrópodos: <i>Cerithium sergipensis</i> ; <i>Tylostoma ranchariensis</i> . Biválvios: <i>Brachidontes araripensis</i> ; <i>Aguileria dissita</i> . Equinoides: <i>Pygurus</i> (<i>Echinopygus</i>) <i>tinocoi</i> .	Pereira <i>et al.</i> , 2015
PE – 05	Torrinha, Araripina, PE.	Gastrópodos: <i>Cerithium sergipensis</i> ; <i>Paraglauconia</i> (<i>Diglauconia</i>) <i>araripensis</i> ; <i>Gymnentome</i> (<i>Gymnentome</i>) <i>romualdoi</i> ; <i>Gymnentome</i> (<i>Craginia</i>) <i>beurleni</i> ; ' <i>Pseudomesalia</i> ' (' <i>Pseudomesalia</i> ') <i>mennessieri</i> ; ' <i>Pseudomesalia</i> ' (' <i>Pseudomesalia</i> ') <i>santanensis</i> Biválvios: <i>Brachidontes araripensis</i> ; <i>Aguileria dissita</i> ; <i>Corbula</i> sp.	Pereira <i>et al.</i> , 2015, 2016
PE – 06	Lagoa de Dentro, Araripina, PE.	Gastrópodos indeterminados Biválvios: <i>Brachidontes</i> ; <i>Anomia</i> ?; <i>Aguileria</i> ; <i>Crassatella</i> ?; <i>Pygurus</i> (<i>Echinopygus</i>) <i>tinocoi</i> , <i>Bothryopneustes araripensis</i> .	Beurlen, 1963, 1966; Sales & Leal, 1993 Cavalcanti & Viana, 1990
PE – 07	Santo Antônio, Exu, PE.	Gastrópodos: Cassiopídeos indeterminados; <i>Cerithium sergipensis</i> . Biválvios: <i>Brachidontes araripensis</i> ; <i>Aguileria dissita</i> ; <i>Corbula</i> sp.	Pereira <i>et al.</i> , 2015
PE – 08	Saudades, Exu, PE.	Biválvios: <i>Brachidontes</i> ; corbulídeos	Beurlen, 1963
PE – 09	Cedro, Exu, PE.	Gastrópodos: <i>Cerithium sergipensis</i> ; <i>Tylostoma ranchariensis</i> ; Cassiopídeos indeterminados Biválvios: <i>Brachidontes araripensis</i> ; <i>Aguileria dissita</i> . Equinoides indeterminados.	Novo
PE – 10	Pedreira Serrolândia, Trindade, PE.	Gastrópodos: <i>Cerithium sergipensis</i> ; <i>Paraglauconia</i> (<i>Diglauconia</i>) <i>araripensis</i> .	Novo
CE – 01	São Gonçalo, Santana do Cariri, CE	Gastrópodos: Turritellidae? e Cassiopídeos indeterminados). Biválvios: <i>Brachidontes</i> sp.	Sales & Leal, 1996; Sales <i>et al.</i> , 1999
CE – 02	Mina Pedra Branca, Nova Olinda, CE.	Gastrópodos: Cassiopídeos indeterminados Biválvios – mitiloides. Equinoides indeterminados.	Santos, 1982; Cavalcanti & Viana, 1990; Berthou <i>et al.</i> , 1990; Sales & Leal, 1996; Sales <i>et al.</i> , 1999.
CE – 03	Santana do Cariri, CE.	Gastrópodos: <i>Paraglauconia</i> (<i>Diglauconia</i>) <i>araripensis</i> . Biválvios: <i>Brachidontes</i>	Beurlen, 1963
CE – 04	Serra da Mãozinha, Missão Velha, CE.	Gastrópodos: <i>Paraglauconia</i> cf. <i>lyrica</i> Biválvios: Corbulídeos	Martill, 1993
CE – 05	Pinheiro, Missão Velha, CE.	Gastrópodos: <i>Paraglauconia</i> (<i>Diglauconia</i>) <i>araripensis</i> ; <i>Paraglauconia</i> (<i>Diglauconia</i>) <i>lyrica</i> ; <i>Gymnentome</i> (<i>Gymnentome</i>) <i>romualdoi</i> ; <i>Gymnentome</i> (<i>Gymnentome</i>) <i>carregozica</i> Biválvios: <i>Brachidontes araripensis</i> ; <i>Corbula</i> sp.	Beurlen, 1963; Pereira <i>et al.</i> , 2015, 2016
CE – 06	Romualdo, Crato, CE.	Gastrópodos: <i>Gymnentome</i> (<i>Gymnentome</i>) <i>romualdoi</i> ; <i>Paraglauconia</i> (<i>Diglauconia</i>) <i>araripensis</i> . Biválvios indeterminados	Beurlen, 1963, 1964; Pereira <i>et al.</i> , 2016
CE – 07	Brejinho, Araripe, CE.	Gastrópodos: <i>Cerithium</i> sp.; Epitoniidae Biválvios indeterminados	Prado <i>et al.</i> , 2014
CE – 08	Cercadinho, Missão Velha, CE.	Gastrópodos indeterminados Biválvios: <i>Corbula</i> sp.	Novo

Tabela 1 Descrição dos sítios fossilíferos incluindo número, localização, fósseis e referências bibliográficas.

Os gastrópodos correspondem a 70% da fauna de moluscos (Figura 3), distribuídos nas espécies *Cerithium sergipensis* (aproximadamente, 40%), *Tylostoma ranchariensis* (cerca de 15%) e cassiopídeos (um pouco menos de 40%), sendo desses, a espécie *Paraglauconia (Diglauconia) araripensis* a que apresenta maior representatividade (em torno de 80%) e raros *Gymnentome (Gymnentome) romualdoi* (cerca de 5%). Os indeterminados apresentam em torno de 5%.

Os equinóides correspondem a 15% da fauna (Figura 3) e encontram-se restritos as localidades de Araripina e Exu, Pernambuco, apresentando apenas uma citação de fragmentos de equinóides na localidade de Nova Olinda, Ceará.

As tafocenoses analisadas apresentam composições faunísticas distintas, que devem demonstrar uma variação de acordo com a salinidade do ambiente. Fürsich & Oschmann (1993) reconhecem que a salinidade é um dos principais pontos para determinação de associações de

macroinvertebrados bentônicos, sendo os moluscos típicos de muitos ambientes marinhos rasos do Mesozoico. Apesar desse fator abiótico ser apenas um dos parâmetros utilizados na identificação de variações ambientais, deve-se também considerar outras características como temperatura e tipo de substrato, além da análise da diversidade, morfologia dos elementos da fauna, assinaturas tafonômicas, etc. Nesse estudo, levou-se em conta a análise morfológica e identificação de fósseis de organismos estenoalinos e eurihalinos para inferir energia, profundidade em ambientes com salinidade normal, e de águas mixohalinas ou salobras.

1.2 Paleoautoecologia dos moluscos e equinóides da Formação Romualdo

A Tabela 2 apresenta o hábito e nível trófico das espécies analisadas.

Cerithium sergipensis apresenta ornamentação com cordões espirais e costelas transversais, aliada a uma concha espessa no sentido ventro-lateral (oposto

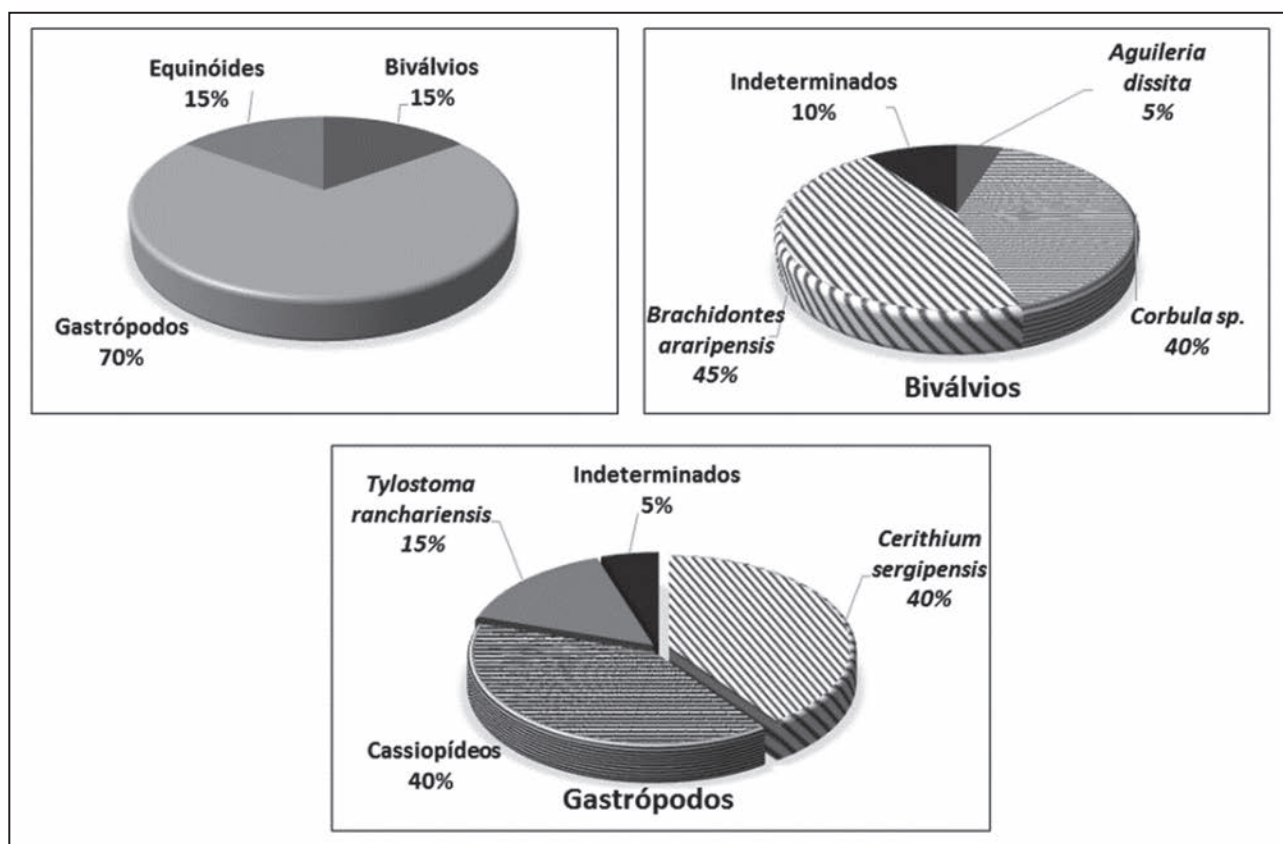


Figura 3 A. Distribuição da macrofauna de invertebrados fósseis da Formação Romualdo, Bacia do Araripe; B. Abundância relativa (%) das espécies e de indeterminados de bivalvíos coletados nas localidades; C. Abundância relativa (%) das espécies de gastrópodos, da Família Cassiopidae e de indeterminados coletados nas localidades.

à abertura), que proporciona estabilidade e defesa do organismo. A própria ornamentação aumenta a rigidez da concha, enquanto que o espessamento ventro-lateral proporciona estabilidade aos organismos epifaunais. Abertura ampla, com posicionamento tangencial e o lábio externo fletido, também está relacionada à estabilidade, pois garante uma fixação adequada em substratos mais duros. De uma forma geral, os Cerithidae são vistos como organismos marinhos comuns em águas rasas, sendo o gênero *Cerithium* quase sempre reportado como epifaunal móvel detritívoro (Sälgeback & Savazzi, 2006; Savazzi, 1999).

Cassiopídeos, de um modo geral, estão associados a ambientes marinho intertidal a infralitoral com profundidade média de até 50 m. Corresponde a uma família característica da fauna de Tétis relacionado às associações de moluscos típicos das incursões marinhas periódicas da Europa durante o Cretáceo Inferior (Mennessier, 1984; Sohl, 1987; Cleevely & Morris, 1988). São gastrópodos com grande afinidade a ambientes salobros, no qual apresentam variedades de ornamentação, grande quantidade de indivíduos e diminuição do tamanho da concha nesses ambientes (Remane, 1963).

Naticídeos vivem em sedimentos arenosos a argilosos e se estendem desde a zona das marés até profundidades médias (Wenz, 1938). O gênero *Tylostoma* corresponde a organismos epibentônicos vágéis, carnívoros predadores de ambiente marinho raso, em pleno desenvolvimento no Cretáceo e está, juntamente com cassiopídeos, diretamente relacionado à fauna do Mar de Tétis (Cassab, 2003, 2011).

Aguileria dissita é um bivalvío com concha biconvexa, subequivalve, espessa e fixada por bissus, sugerindo hábito semi-inafaunal inclinado em substratos moles. Essa inclinação é inferida devido à espessura e o peso da concha que não permitiria que o bissus desenvolvesse completamente sua função de fixação no substrato (Stanley, 1972; Savazzi, 1984; Savazzi & Peiyi, 1992). Estas características da concha têm como objetivo suportar ambientes que apresentam águas mais agitadas e sua associação constante com ostreídeos tipicamente marinhos de águas rasas e oxigenadas sugere um ambiente preferencial similar (Stephenson, 1952; Hessel & Junior, 1989).

Os caracteres morfométricos da *Corbula* sp. como valva inflada e alongamento proporcional entre

as porções anterior e posterior indicam hábito semi-inafaunal lento, valvas inequivalves e inequilaterais estão relacionadas a falta de estabilidade no substrato, justificando a presença de bissus. O gênero *Corbula* é um suspensívoro característico em ambientes estuarinos, tolerantes a altas variações de salinidade, com redução populacional e distribuição atribuída ao aumento de água doce no sistema. São organismos adaptados a diversos substratos, e por serem gregários, formadores de grandes comunidades, justificam o raro aparecimento de exemplares isolados (Thompson & Parchaso, 2010; Greene *et al.*, 2011).

Brachidontes são organismos colonizadores de pequenas lagunas intertidais e em certas zonas, podem ser dominantes por milhares de indivíduos por metro quadrado (Guerreiro & Reiner, 2000). Apresentam grande tolerância a variações de temperatura e de salinidade e está associado a substratos duros, com hábito epifaunal fixado por bissus (Terra Nova *et al.*, 2007). São organismos filtradores que se alimentam de partículas em suspensão na água, como microalgas e partículas orgânicas.

Quatro espécies de equinoides irregulares foram identificadas na Formação Romualdo: *Bothryopneustes araripensis*, *Pygurus (Echinopygus) tinocoi*, *Douvillaster benguellensis* e *Hemiaster proclivus* (Manso & Hessel, 2012). *Bothryopneustes araripensis* de acordo com suas feições morfológicas, teria sido preferencialmente epifaunal ou semi-inafaunal, uma vez que sua carapaça possuía contorno anterior arredondado, implicando que ao se locomover o organismo se aprofundaria levemente na superfície do sedimento. Aspectos de sua floscela e periprocto sugere hábito detritívoro não seletivo; *Pygurus (Echinopygus) tinocoi* teria sido epifaunal detritívoro semelhante ao anterior. Como ocorre na maioria dos equinoides esses organismos habitavam fundo de áreas submersas marinhas ou mixohalinas de alta salinidade (Manso & Hessel, 2007). *Douvillaster benguellensis* apresenta uma carapaça bastante baixa e assim provavelmente teria tido um modo de vida epifaunal a semi-inafaunal se enterrando bastante próximo à superfície em áreas mais profundas de um golfo ou enseada, com menor oxigenação e circulação hídricas. *Hemiaster proclivus*, possivelmente teriam vivido em substratos compostos por areia de granulometria média em áreas marinhas bastante rasas (Manso & Hessel, 2012).

Espécies	Hábito	Grupo trófico
Bivalvia		
<i>Brachidontes araripensis</i>	EB	S
<i>Aguilera dissita</i>	EB	S
<i>Corbula</i> sp.	EB	S
<i>Crassatella?</i>	IR	S
<i>Anomia?</i>	EF	S
<i>Plicatula?</i>	EF	S
Gastropoda		
<i>Cerithium sergipensis</i>	EL	H
<i>Tylostoma ranchariensis</i>	EL	C
<i>Paraglauconia (Diglauconia) araripensis</i>	E	D?
<i>Paraglauconia (Diglauconia) lyrica</i>	E	D?
<i>Gymnentome (Gymnentome) romualdoi</i>	E	D?
<i>Gymnentome (Gymnentome) carregozica</i>	E	D?
<i>Gymnentome (Craginia) beurleni</i>	E	S?
' <i>Pseudomesalia</i> ' (' <i>Pseudomesalia</i> ') <i>santanensis</i>	E	S
' <i>Pseudomesalia</i> ' (' <i>Pseudomesalia</i> ') <i>menessieri</i>	E	S
Echinodermata		
<i>Pygurus (Echinopygus) tinocoi</i>	E	D
<i>Bothryopneustes araripensis</i>	E	D

Tabela 2 Lista de invertebrados da Formação Romualdo e informações paleoecológicas; EB – epifaunal bissado (incluindo semi-infaunais); E – epifaunal; EL – epifaunal vida livre; EF – epifaunal fixo; I – Infaunal; IR – infaunal raso; IF – infaunal profundo; D – dentrívoros; S – suspensívoros; H – herbívoros; C – carnívoros.

Tabela 3 Ocorrência dos táxons e abundância relativa (%) nas localidades estudadas; Aqueles que apresentam valores absolutos da tafocenose foram analisados neste trabalho; Aqueles com dados de ausência e/ou presença, são informações retiradas em bibliografias; A – Ausência; P – Presença; *identificado com dúvida.

Táxon	Cerithium	Tylostoma	Cassiopídeos	Brachidontes	Aguilera	Corbula	Equinoides
Localidade Ab. Relat. (%)							
PI-01	P	A	P*	A	A	A	A
PI-02	P	A	P	P	P	A	A
PE-01 (%)	15	0	70	10	0	5	0
PE-02	P	A	P*	P	A	P	A
PE-03 (%)	15	3	2	40	5	0	35
PE-04 (%)	10	15	5	15	0	0	55
PE-05 (%)	50	0	42	3	5	0	0
PE-06	P*	A	P*	P	P	A	P
PE-07 (%)	5	0	5	80	0	10	0
PE-08	P*	A	P*	P	A	P	A
PE-09 (%)	5	35	8	10	2	0	40
PE-10	P	A	P	A	A	A	A
CE-01	A	A	P	P	A	A	A
CE-02	A	A	P	P*	A	A	P*
CE-03	A	A	P	P	A	A	A
CE-04	A	A	P	A	A	P	A
CE-05 (%)	0	0	80	10	0	10	0
CE-06 (%)	15	0	70	0	0	15	0
CE-07	P	A	A	A	A	A	A
CE-08 (%)	5	0	5	0	0	90	0

A Tabela 3 apresenta a ocorrência e percentual das espécies por afloramento analisado.

1.3 Aspectos Paleoambientais das Associações de Invertebrados da Formação Romualdo

Trabalhos realizados sobre os aspectos tafonômicos da Formação Romualdo analisaram sob essa perspectiva vários afloramentos aqui citados concluindo de uma forma geral, que as associações encontradas correspondem a concentrações primariamente biogênicas e tempestitos proximais, sugerindo a presença de um ambiente marinho, onde a ação de tempestades era frequente e responsável pela deposição final das concentrações. Entretanto, a diferença da composição taxonômica em cada uma das concentrações indica que haveria micro-habitats, cujas características paleoambientais favoreceriam o desenvolvimento de um determinado grupo biológico em detrimento de outros (Sales, 2005; Prado *et al.*, 2014, 2015, 2016).

Considerando a diversidade dos táxons e os dados tafonômicos para os invertebrados da

Formação Romualdo, as tafocenoses podem ser analisadas de forma quantitativa e qualitativa, gerando dados paleossinecológicos, possíveis de serem interpretados como variações ambientais, dentro do sistema deposicional. Desta forma, são observados três tipos de associações apresentados nos mapas da Figura 4.

4.3.1 As Associações do Ambiente Marinho

Estas associações apresentam em sua composição espécies típicas de ambientes marinhos (Figura 5), tolerando baixa flutuação nos níveis de salinidade. As localidades Sítios Canastra (PE-03), Torre Grande (PE-04) e Lagoa de Dentro (PE-06), município de Araripina, e Cedro (PE-09), município de Exu, apresentam equinoides *Pygurus (Echinopygus) tinocoi* e *Bothryopneustes araripensis* em sua composição faunística. Além destes, as associações são compostas por moluscos *Tylostoma ranchariensis*, *Cerithium sergipensis*, *Paraglauconia (Diglauconia) araripensis* e cassiopídeos indeterminados (Figura 6), *Aguileria dissita* e *Brachidontes araripensis* (Prado *et al.*, 2015; Pereira *et al.*, 2015, 2016). Nesses afloramentos, a presença em camadas basais, das seções, com alta concentração de equinoides bem preservados e inteiros, sugere preservação

in situ, considerando a fragilidade dos esqueletos que são facilmente fragmentados por organismos escavadores e perturbações do ambiente (Kidwell & Baumiller, 1990).

Nos Sítios Canastra e Torre Grande as camadas basais, que apresentam equinoides inteiros, encontram-se associados à *Brachidontes araripensis* fechados e articulados, *Tylostoma ranchariensis* e cassiopídeos indeterminados inteiros, indicando soterramento episódico, ocasionado por tempestades distais e soterramento rápido. Nas tafofáceis sobrepostas, o índice de fragmentação aumenta principalmente nos equinoides e, valvas desarticuladas de bivalvíos, mas ainda apresentam bioclastos inteiros e articulados indicando transporte de curta distância ocasionado por tempestades, ainda dentro do seu ambiente.

No sítio Cedro (PE-09), destaca-se a grande quantidade de equinoides inteiros associados a poucos *Tylostoma ranchariensis* inteiros, *Brachidontes araripensis* maioria fechados e articulados e *Aguileria dissita* com valvas isoladas.

Nesse contexto, a presença de equinoides, destaque para *Pygurus (Echinopygus) tinocoi*, (por ser o único identificado nas localidades que ocorreram coleta nesta pesquisa estando os demais relatados apenas em bibliografia) caracteriza

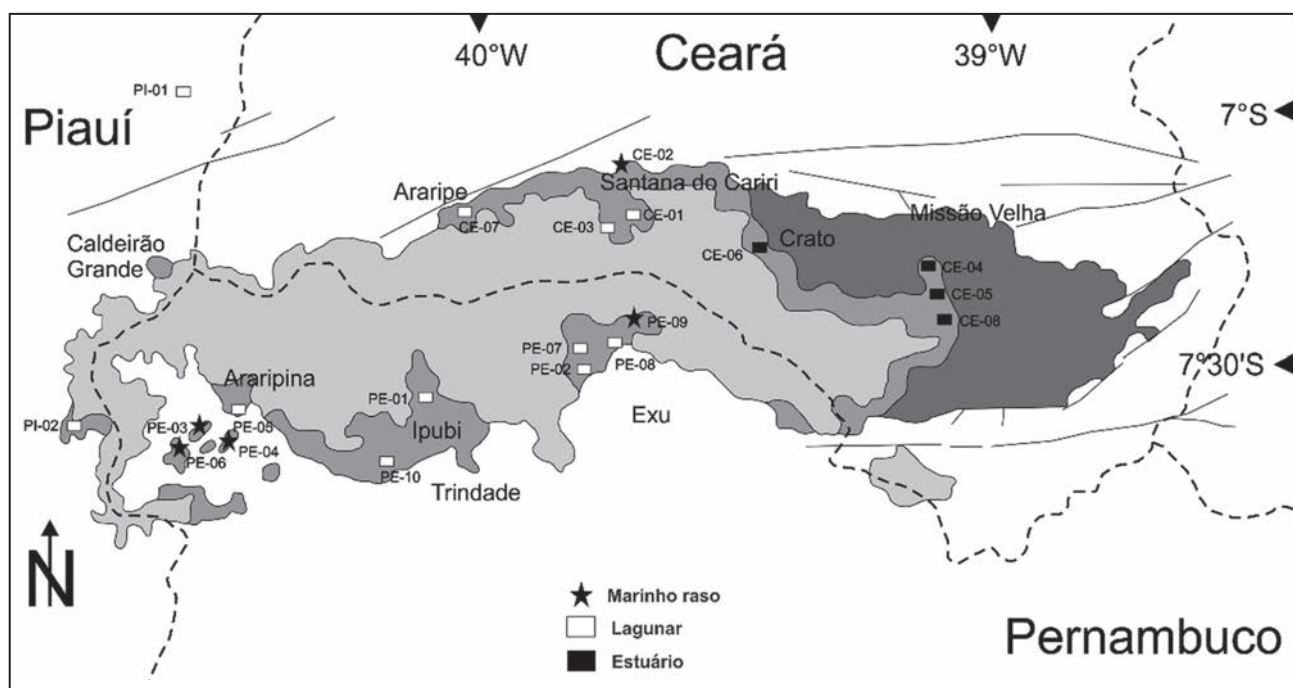


Figura 4 Associações faunísticas e interpretação paleoambiental com a presença de sistemas marinho raso, lagunar e estuarino.

um ambiente marinho raso, uma vez que para o estabelecimento desses organismos é necessário um grau de salinidade alto e estável, além de oxigenação, indicando circulação de águas nessas localidades. *Cerithium sergipensis* é uma espécie que também ocorre no Albiano da Bacia de Sergipe, em ambiente caracterizado como marinho aberto, *Tylostoma* e cassiopídeos são típicos da fauna de Tétis, sendo os últimos reconhecidos como gastrópodos colonizadores de diversificação rápida em regiões marginais banhadas pelo mar

de Tétis (Sohl, 1987). *Brachidontes araripensis* é um organismo eurihalino, habitando largamente lagunas interditaís, *Aguilera dissita* está associado a ambientes marinho raso a salobro. A Figura 7 representa a fauna de invertebrados em ambiente marinho da Formação Romualdo.

4.3.2 As Associações de Ambiente Lagunar

Nas camadas calcárias da Formação Romualdo predominam as associações de invertebrados

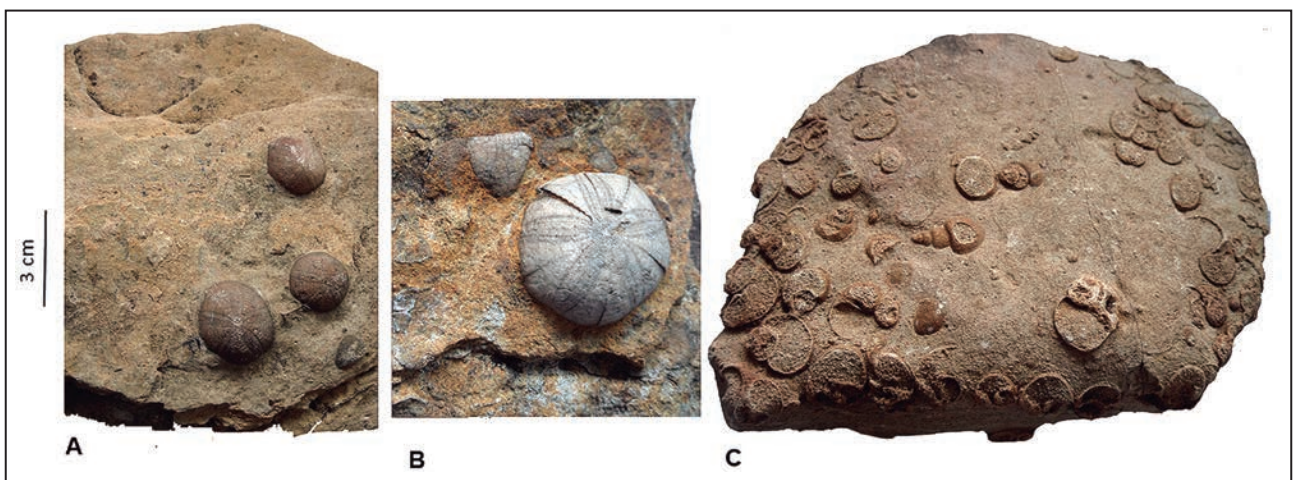


Figura 5 Associação marinha equinóides e *Tylostoma ranchariensis*; A-C. Cedro (PE-09), Exu-PE; B. Canastra (PE-03), Araripina-PE.

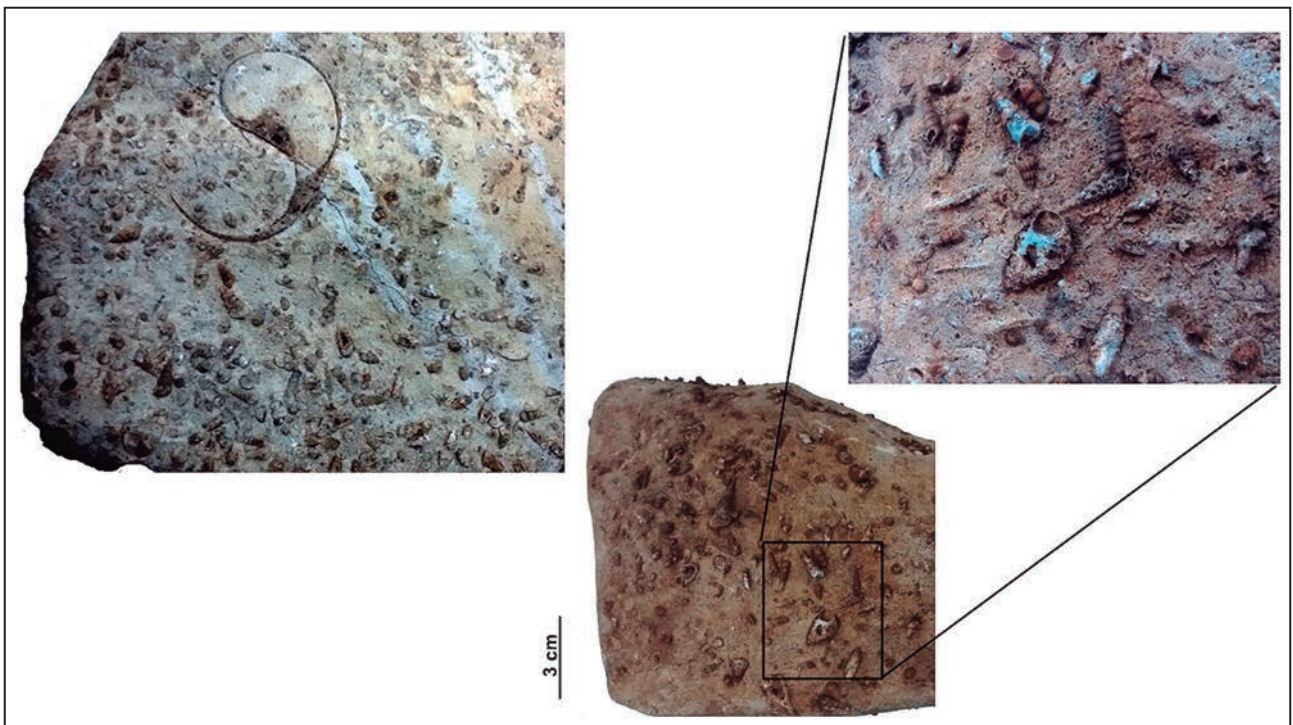
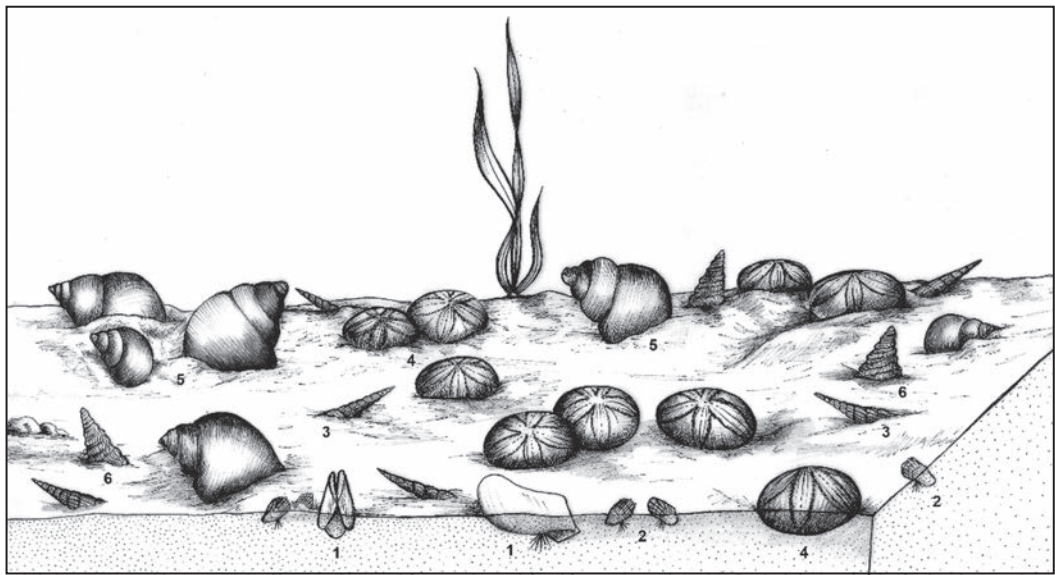


Figura 6 Associação marinha. *Tylostoma araripensis*, *Cerithium sergipensis* e cassiopídeos diversos; Torre Grande (PE-04), Araripina, PE.

Figura 7
Reconstituição do posicionamento dos espécimes que compõem o ambiente marinho na Formação Romualdo, Bacia do Araripe;
1. *Aguileria dissita*;
2. *Brachidontes araripensis*;
3. *Cerithium sergipensis*;
4. Equinoides;
5. *Tylostoma ranchariensis*;
6. *Paraglauconia (Diglauconia) araripensis*.



característicos de ambientes lagunares, que suportam variações de salinidade. De modo geral os gastrópodos estão melhor representados, inteiros, mas suas conchas estão substituídas por material calcítico e com muitos componentes ferruginosos. Os bivalvíos são mais raros, apresentam-se como moldes internos, com valvas fechadas e sem ornamentação, dificultando a identificação taxonômica, apenas duas espécies foram reconhecidas *Brachidontes araripensis* e *Aguileria dissita*.

A localidade de Torrinha (PE-05), município de Araripina (Figura 8) apresenta a maior diversidade em relação aos cassiopídeos, sendo as cinco espécies presentes, com diferentes percentuais de ocorrência, *Paraglauconia (Diglauconia) araripensis* (55%), *Gymnentome (Gymnentome) romualdoi* (2%), *Gymnentome (Craginia) beurleni* (15%), '*Pseudomesalia (Pseudomesalia)*

santanensis (15%) e '*Pseudomesalia (Pseudomesalia) mennessieri* (13%). *Cerithium sergipensis* quantitativamente representa o maior número de exemplares em relação aos cassiopídeos.

As demais localidades apresentam em sua tafocenose *Cerithium sergipensis*, cassiopídeos, *Brachidontes araripensis* e *Corbula* sp., variando em concentração de espécimes. Na localidade Santo Antônio (PE-07) a espécie mais bem representada é o *Brachidontes araripensis* (80%) com maioria das concentrações monotípicas (Figuras 9 e 10). Nas camadas, observam-se grande quantidade de elementos inteiros fechados de diversos tamanhos (de 5 a 10 mm) sobrepostos a camadas com *Brachidontes* fragmentadas, desarticuladas, alguns colapsados, que pode estar relacionado a curto transporte e certo grau de retrabalhamento. Os cassiopídeos também são elementos comuns

Figura 8
Associação lagunar;
Concentração de cassiopídeos e *Cerithium sergipensis*;
Torrinha (PE – 05), Araripina-PE.



nas associações, estes apresentando uma baixa diversidade e tamanho reduzido. *Aguileria dissita* é encontrada na localidade do Berlenga (PI – 02) onde os turríteliformes são de difícil identificação (Figura 9).

Cerithium sergipensis, *Brachidontes araripensis*, *Corbula* sp. e representantes da família Cassiopidae ocorrem nas demais localidades, variando apenas a concentração de espécies. Na localidade Santo Antônio (PE-07) a espécie mais bem representada é o *Brachidontes araripensis* (80%) forma a maioria das concentrações monotípicas (Figura 9 e 10). Nas camadas, observam-se grande quantidade de elementos completos, fechados, de diversos tamanhos (de 5 a 10 mm), sobrepostos a camadas com conchas de *Brachidontes*, fragmentadas, desarticuladas, alguns colapsados, que pode estar relacionado a curto transporte e certo grau de retrabalhamento. Os cassiopídeos também são elementos comuns nas associações,

estes apresentando uma baixa diversidade e tamanho reduzido. *Aguileria dissita* é encontrada na localidade de Ladeira do Berlenga (PI – 02), onde os turríteliformes são de difícil identificação (Figura 9).

A predominância de uma fauna eurihalina nas associações indica que os organismos apresentam capacidade de regulação osmótica, podendo viver em ambientes com flutuações da salinidade. Parâmetros como oxigenação, temperatura, turbulência e turbidez da água em ambientes rasos são analisados para definir o nível de estresse ambiental, sendo a salinidade um dos principais pontos para determinação de associações bentônicas. Uma composição faunística simples, com baixa variabilidade geralmente está relacionada a alto nível de estresse ambiental.

Ambientes salobros ou condições hipersalinas estão relacionados a variação da espessura e tamanho da concha em organismos tipicamente marinhos

Figura 9
Gastrópodos pequenos e calcitizados dificultando a identificação;
A. cassiopídeos e *Cerithium sergipensis* (Cer.); B. Amostra com concentração de *Aguileria dissita* (Agu.); A-B. Berlenga (PI – 01), Fronteiras, PI.

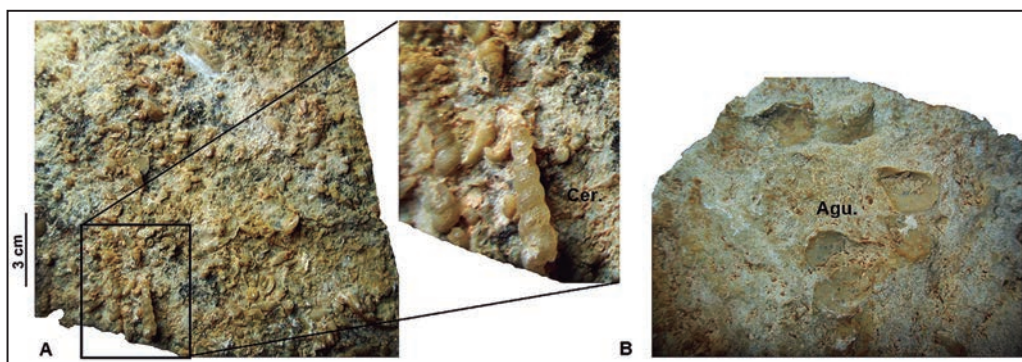
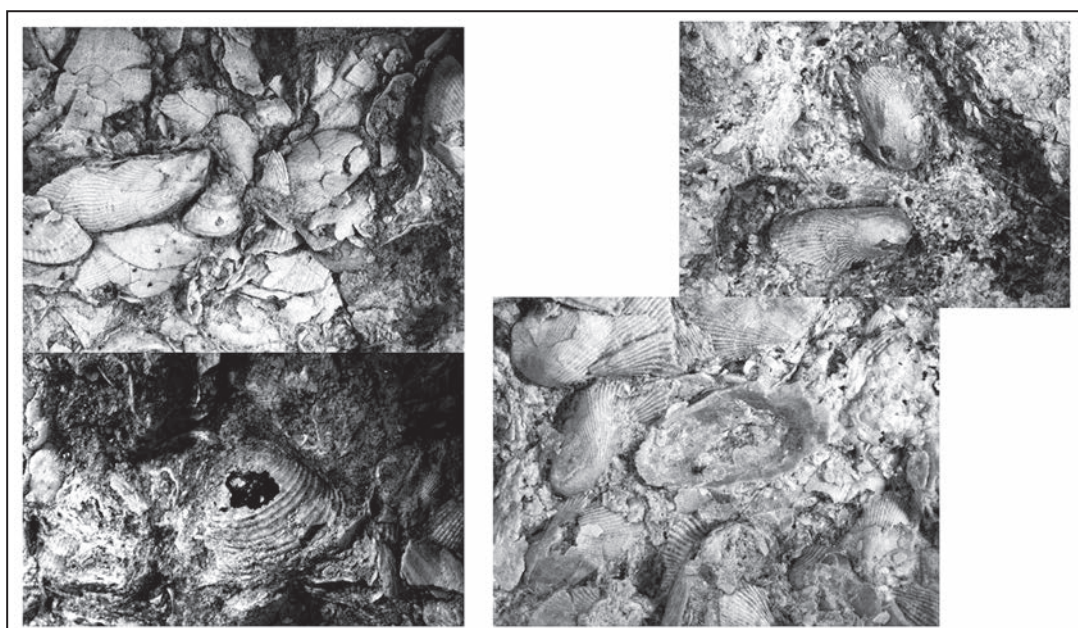


Figura 10
Concentração com predominância de *Brachidontes araripensis*, raros *Corbula* sp.



(Remane 1963; Jaeckel, 1964, Fürsich, 1994; Fürsich *et al.*, 2001). Cassiopídeos são bastante comuns em ambientes intermarés, com afinidade a águas salobras. As espécies de cassiopídeos da Formação Romualdo apresentam tamanho reduzido em relação às espécies típicas de Tétis como na Formação Woodbine, Cenomaniano do Texas (Stephenson, 1952). Remane (1934, 1963) identificou características comuns em moluscos marinhos adaptados a ambientes com flutuações de salinidade – baixa diversidade e grande quantidade de indivíduos com tamanho reduzido da concha, aumento de variedades espirais na ornamentação, e diminuição e/ou ausência de estenohalinos. A figura 11 representa a fauna de invertebrados no ambiente lagunar.

4.3.3 As Associações de Ambiente Estuarino

Nas associações estudadas, principalmente, no estado do Ceará, nota-se uma fauna composta por poucos gastrópodos cassiopídeos. *Cerithium sergipensis* e *Brachidontes araripensis* são raros em contraposição a abundância de corbulídeos, que só permitiram a identificação a nível de gênero, como as *Corbula* sp. (Figura 12).

A presença de *Cerithium* é incerta em todas as localidades que apresentam esse sistema, com exceção do Sítio Romualdo (CE-06), no qual estão representados por moldes externos, raros inteiros, pequenos (cerca de 4 mm) e fortemente calcitizados. O sítio Romualdo é marcado pela presença abundante dos cassiopídeos da espécie *Paraglauconia (Diglauconia) araripensis*.

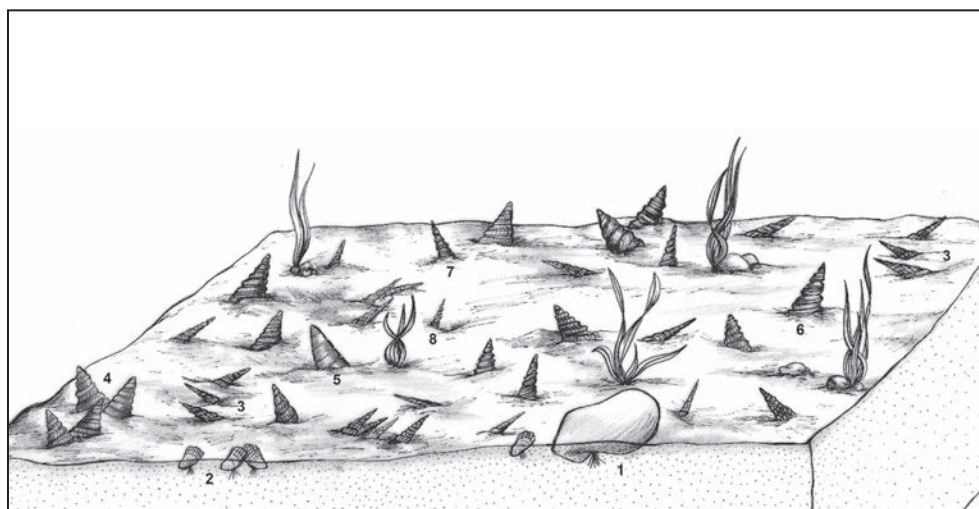
Na Serra da Mãozinha, em Missão Velha (CE-04), apenas duas espécies de cassiopídeos foram identificados, *Paraglauconia (Diglauconia) araripensis* e *Paraglauconia (Diglauconia) cf. lyrica*, sendo marcada por abundância de *Corbula* sp. O mesmo ocorre com os exemplares no sítio Cercadinho (CE-08), em que predominam indivíduos de tamanho pequeno, impedindo de identificar os gastrópodos devido ao tamanho bastante reduzido, calcitizados e sem ornamentação (Figura 12). Destaque para o sítio Pinheiro, mun. Missão Velha (CE-05) por apresentar abundante fauna de cassiopídeos com quatro espécies *Paraglauconia (Diglauconia) araripensis*, *Paraglauconia (Diglauconia) lyrica*, *Gymnentome (Gymnentome) romualdoi* e *Gymnentome (Gymnentome) carregozica*. É importante notar que nas associações que apresentam uma maior concentração de bivalvíos, os gastrópodos cassiopídeos são raros.

Nas comunidades dominadas por corbulídeos, organismos típicos de ambiente estuarino, notamos a ausência dos cassiopídeos, bem adaptados ao ambiente salobro e a ausência de elementos típicos de ambiente marinho. Apresentam baixa diversidade de espécies, ainda menor que a existente em ambiente lagunar, com variações laterais dessa zona (Figura 13).

5 Relações Paleogeográficas da Fauna de Invertebrados da Formação Romualdo

Várias discussões têm sido levantadas sobre o ambiente deposicional da Formação Romualdo e as primeiras ingressões marinhas do Cretáceo. Muitos autores admitem influência marinha na bacia (Beurlen 1963; Silva-Santos & Valença, 1968;

Figura 11 Reconstituição do posicionamento dos espécimes no ambiente lagunar da Formação Romualdo, Bacia do Araripe; 1. *Aguilera dissita*; 2. *Brachidontes araripensis*; 3. *Cerithium sergipensis*; 4. *Paraglauconia (Diglauconia) araripensis*; 5. *Gymnentome (Gymnentome) romualdoi*; 6. *Gymnentome (Craginia) beurleni*; 7. '*Pseudomesalia*' ('*Pseudomesalia*') *mennesieri*; 8. '*Pseudomesalia*' ('*Pseudomesalia*') *santanensis*.



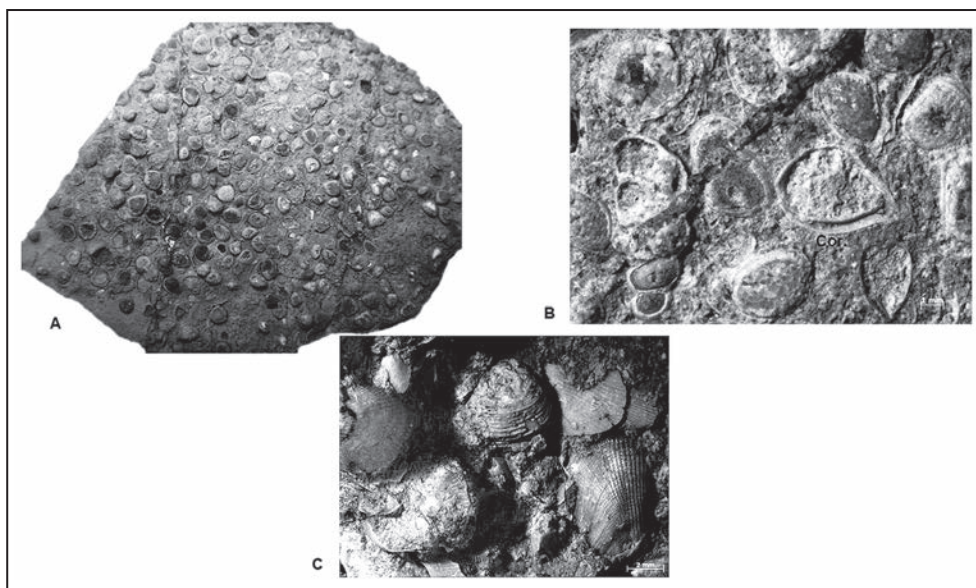


Figura 12 Associação estuarina; Concentrações de *Corbula* sp.; A-C Cercadinho (CE – 08), Missão Velha, CE.

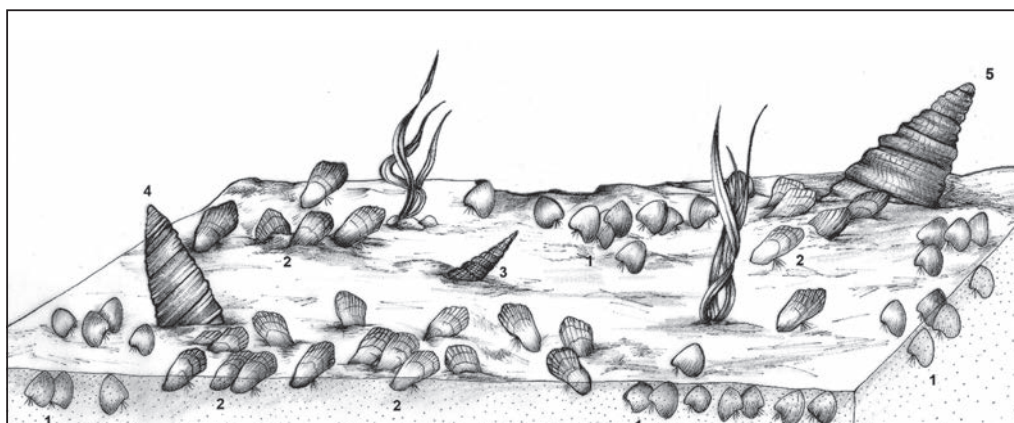


Figura 13 Reconstituição do posicionamento dos espécimes no ambiente estuarino da Formação Romualdo, Bacia do Araripe;
1. *Corbula* sp.; 2. *Brachidontes araripensis*; 3. *Cerithium sergipensis*; 4. *Gymnentome* (*Gymnentome romualdoi*); 5. *Paraglauconia* (*Diglaucônia*) *araripensis*.

Mabesoone & Tinoco, 1973; Ponte, 1992; Arai, 2009) baseado em seu conteúdo fossilífero bastante diversificado. Uma vez aceita esta questão, hipóteses foram levantadas considerando a rota desta incursão marinha, que poderia ser a partir das bacias Sergipe-Alagoas (S-SE), Potiguar (N-NE) e do Parnaíba (O-NO) (Mabesoone & Tinoco, 1973; Martill, 2007; Assine, 2007), ou ainda, uma tríplice junção dos braços do mar que interligavam as três bacias citadas (Mabesoone *et al.*, 1999; Valença *et al.*, 2003). Arai (1999; 2009) e Silva Santos (1991), afirmam que a bacia do Araripe estaria no meio do traçado de um extenso *seaway* com orientação NW-SE. Este *Seaway*, oriundo do Mar de Tétis, passaria pelas bacias de São Luís, Parnaíba, Araripe e Sergipe.

O limite de influência do mar de Tétis, após sua transgressão no Aptiano, vem sendo estudado e ampliado desde a década de 1980 com análise das faunas relíquias presentes nos continentes.

Sohl (1987) delimitou o Domínio Tetiano entre os paralelos de latitude 30°N e 30°S baseado nas ocorrências de recifes formados por bivalvíos rudistas, alcançando sua maior extensão durante o intervalo de tempo Aptiano-Turoniano. Dias-Brito (1992, 2000) ampliou o alcance de Tétis em uma faixa entre os paralelos 40°N e 40°S, com o máximo de extensão durante o intervalo de tempo Albiano-Turoniano, considerando a distribuição geográfica de pitonélideos encontrados em todas as bacias continentais marginais do nordeste brasileiro, com exceção da Bacia de Pelotas. Arai (2007, 2011) analisando cistos de dinoflagelados (Ecozona *Subtilisphaera*) constatou influência do Mar de Tétis no Aptiano para as Bacias de São Luís, Parnaíba, Araripe, Tucano e Sergipe, e em 2014, realizou um levantamento dos fósseis ocorrentes nas bacias sedimentares da margem continental brasileira com sedimentação cretácea, comprovando a ocorrência de

fósseis relacionados à fauna tetiana, representado por diversos grupos taxonômicos como dinoflagelados (Regali, 1989; Arai *et al.*, 1994; Antonioli & Arai, 2002), crustáceos (Lindoso *et al.*, 2013), peixes (Silva-Santos, 1991; Maisey & Moody, 2001; Brito *et al.*, 2008) e tartarugas (Batista & Carvalho, 2007). Neste levantamento realizado por Arai (2014), em relação a moluscos da bacia do Araripe, apenas duas espécies foram citadas, uma vez, que correspondiam as únicas descritas formalmente.

A fauna de invertebrados analisada reflete afinidades com a influência da paleoprovincia Tetiana. Isso é refletido pela presença dos elementos relacionados abaixo:

- Família Cassiopidae, incluindo o estabelecimento de um bioevento global de distribuição geográfica. A fauna, proveniente do sul dos continentes europeu e asiático e do norte da África expandiu-se pela abertura de novas rotas de passagem em função da deriva continental e da elevação do nível do mar, com a formação de novas espécies: '*Pseudomesalia*' ('*Pseudomesalia*') *santanensis*, '*Pseudomesalia*' ('*Pseudomesalia*') *mennessieri*, *Gymnentome* (*Craginia*) *beurleni*, *Paraglauconia* (*Diglauconia*) *araripensis*, *Paraglauconia* (*Diglauconia*) *lyrica*, *Gymnentome* (*Gymnentome*) *romualdoi* e *Gymnentome* (*Gymnentome*) *carreozica*. A família surgiu e se extinguiu no Cretáceo tendo uma ampla distribuição, com registros na Alemanha, França, Portugal, Itália, Espanha, Armênia, Geórgia, Líbano, Tunísia, Áustria, Grã-Bretanha, Bulgária, Hungria, Cáucaso, Romênia, Egito, Paquistão, México, EUA e Brasil (Cossmann, 1909; Maury, 1936; Stephenson, 1952; Beurlen, 1964; Mennessier, 1984; Pereira *et al.*, 2016).

- O gênero *Tylostoma* ocorre desde o Jurássico Superior até o Cretáceo Superior, sendo bastante diversificado e abundante no Turoniano da Península Ibérica, Norte da África e África ocidental, com registros ainda na Síria, México (Callapez & Ferreira Soares, 1991), Brasil (Maury, 1924, 1936; Beurlen, 1964; Cassab, 2003; Pereira *et al.*, 2015), Peru e Cáucaso (Wenz, 1938-1944; Pchelintsev, 1953). Na América do Norte, o gênero é registrado no Aptiano, Albiano Médio e mares cenomanianos do Texas (Maury, 1936). Devido ao seu padrão de distribuição geográfica, é considerado um dos elementos típicos da fauna do Mar de Tétis (Sohl, 1987).

- O gênero *Cerithium* apesar de não ser característico da fauna Tetiana tem sua ocorrência bem diversificada no Aptiano-Albiano, estando presentes nas associações de *Tylostoma* e cassiopídeos, sendo registrados na Etiópia, França, Madagascar, México, República Dominicana, Espanha, Suíça, Egito e Brasil (Douvillé, 1916; Maury, 1936; Allison, 1955; Alloiteau, 1958, Mennessier, 1984; Bosellini *et al.*, 1999; Ayoub-Hannaa, 2011; Pereira *et al.*, 2015, 2016). Este gênero sofreu uma grande diversificação a partir do Cretáceo Superior, sendo registrados na Antártica, Argentina, Alemanha, México, Polônia, EUA, Venezuela e Brasil. A distribuição temporal e paleogeográfica dessa fauna estão representadas nas figuras 14 e 15.

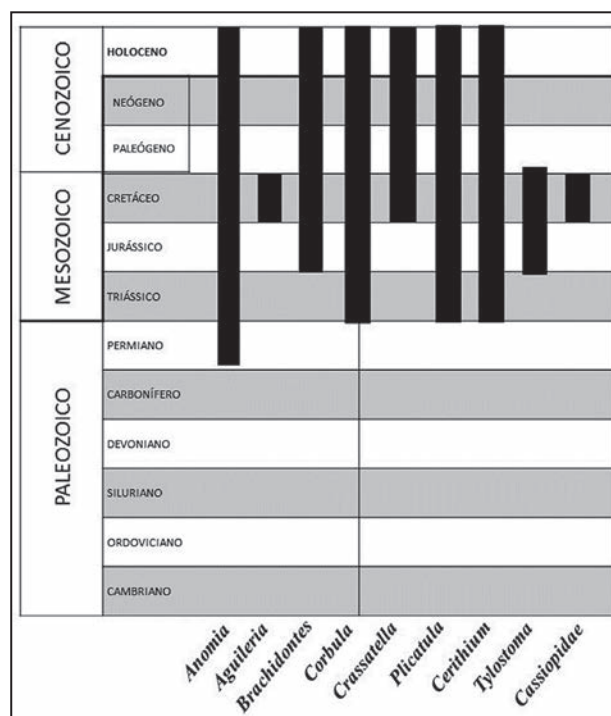


Figura 14 Distribuição estratigráfica dos gêneros de moluscos na Formação Romualdo, Bacia do Araripe.

6 Conclusão

Analisando o posicionamento das localidades, a associação faunística e a interpretação do ambiente deposicional, percebe-se que as comunidades que apresentam condições típicas de ambiente marinho estão localizadas na porção oeste da bacia do Araripe. Os dados apresentados demonstram que essa região apresentava ligação direta com o mar, no qual, durante algum intervalo de tempo, houve

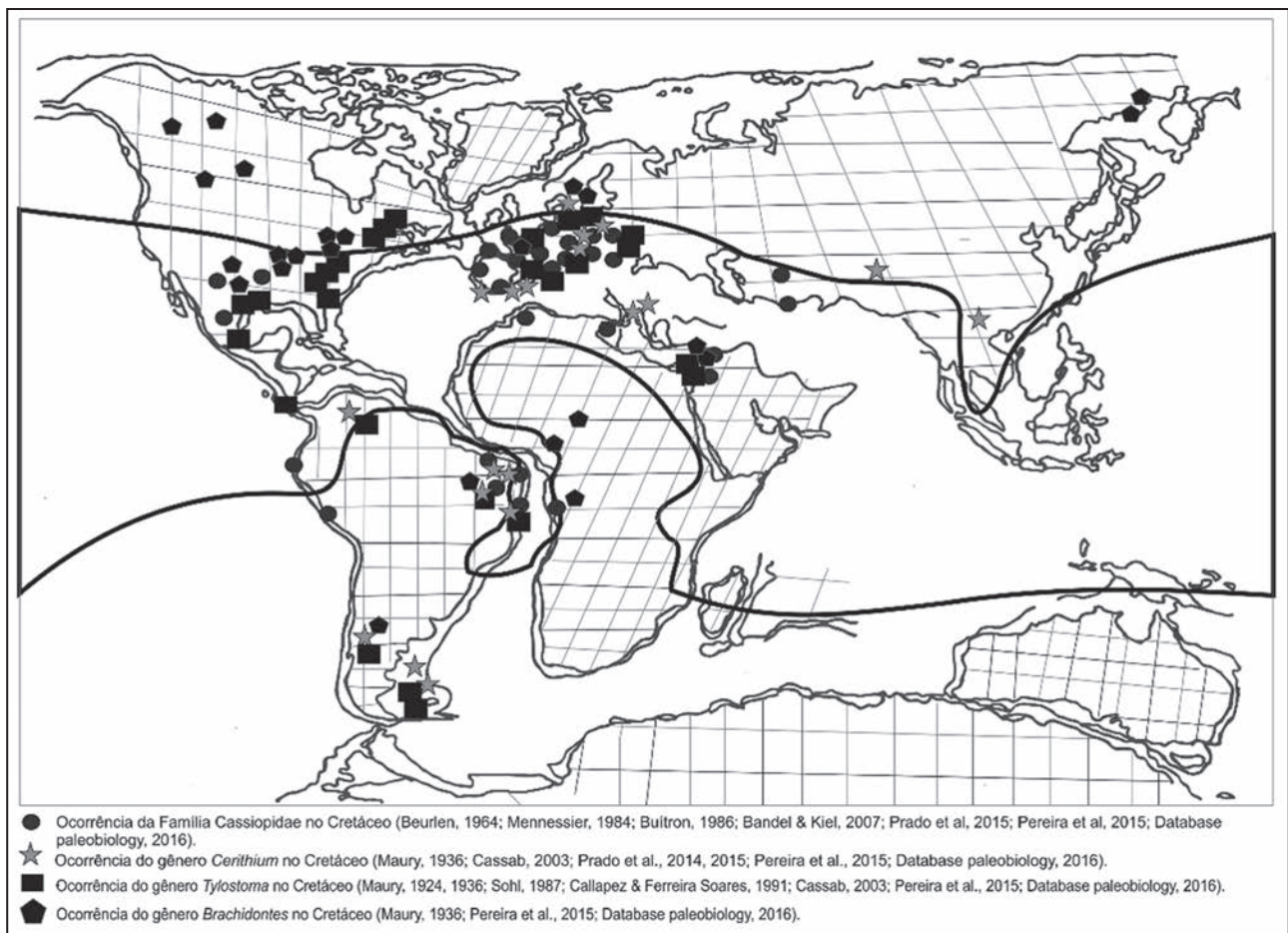


Figura 15 Distribuição paleogeográfica dos principais gêneros ocorrentes no período Cretáceo sob a influência do Mar de Tétis (Database Paleobiology, 2016); os limites em tracejado contínuo representa a Paleoprovíncia de Tétis (modificado de Dias Brito, 2000).

estabilidade das condições ambientais permitindo o desenvolvimento de comunidades de invertebrados bentônicos com elementos estenohalinos e a formação de uma comunidade típica de ambiente marinho. A presença de equinóides e dos gastrópodos *Cerithium* e *Tylostoma*, apontam para um ambiente marinho raso, com movimentação moderada das águas, com temperatura e salinidade estável.

Nas localidades em que as comunidades foram identificadas como de ambientes lagunares há ausência de equinodermos e *Tylostoma*, típicos marinhos e, as espécies com afinidade ao ambiente marinho, *Cerithium* e cassiópídeos, vão diminuindo percentualmente à medida que se distancia da área de maior concentração salina, e aumentando proporcionalmente em águas salobras (laguna). A fauna ainda vai sendo substituída por predomínio de elementos que suportam maiores variações de salinidade e temperatura com o predomínio de *Brachidontes* e corbulídeos (estuários).

Essa gradação na associação demonstra que à medida que ocorre um distanciamento da área de transgressão marinha para dentro do sistema lagunar, ocasionando diminuição de salinidade, mudança de temperatura e provável circulação de correntes, a fauna é modificada, diminuindo ainda mais a variação de espécies.

O ambiente estuarino está bem retratado pela predominância quase que total de corbulídeos, exceto alguns cassiópídeos, em algumas localidades do Ceará, porção leste da bacia.

Analisando a distribuição das comunidades de invertebrados da Formação Romualdo confirma-se que a incursão marinha na bacia do Araripe é de origem Tetiana, e o posicionamento dos ambientes tipicamente marinhos localizados na porção oeste da bacia, indica que a maior extensão da incursão ocorreu nesta porção. Devido à similaridade estratigráfica e faunística ocorrentes nas bacias do

Parnaíba, Potiguar e Sergipe, a hipótese levantada por Arai (1999, 2009, 2014) da presença de um *seaway* cortando as bacias de São Luís, Parnaíba, Araripe e Sergipe, seria a que melhor responde a rota marinha para a bacia do Araripe.

A presença de algumas espécies de gastrópodos (*Gymnentome* (*Gymnentome*) *carregozica*, *Paraglauconia* (*Diglauconia*) *lyrica* e *Cerithium sergipensis*) e bivalvíos (*Aguileria dissita*) no Aptiano-Albiano das bacias do Araripe e Sergipe, corrobora a comunicação entre estas bacias durante o Albiano.

7 Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro (processos 40714812010-3, 201716/2010-0 e 303071/2014-1); à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de doutorado concedida para a primeira autora e ao Governo do Estado de Pernambuco FUNCULTURA (Proc. 0756/2014).

8 Referências

- Abdel-Gawad, G.I. 1986. Maastrichtian non-cephalopod mollusks: Scaphopoda, Gastropoda and Bivalvia of the Middle Vistula Valley, central Poland. *Acta Geologica Polonica*, 36(13): 69-224.
- Aboul Ela, N.M.; Abdel-Gawad, G.L. & Aly, M.F. 1991. Albian fauna of Gabal Manzour, Maghara area, north Sinai, Egypt. *Journal of African Earth Sciences*, 13(2): 201-220.
- Albuquerque, J.P.T. 1963. Geologia da área sudeste de Rancharia, sul de Araripe, Estado de Pernambuco. *Boletim de Geologia*, 3: 46-48.
- Anjos, N.F.R. 1963. Conteúdo fóssil e idade da série Araripe. *Symposium*, 5(1/2): 175-178.
- Allison, E.C. 1955. Middle Cretaceous Gastropoda from Punta China, Baja California, Mexico. *Journal of Paleontology*, 29(3): 400-432.
- Alloiteau, J. 1958. Monographie des madreporaires fossiles de Madagascar (Monograph of fossil corals from Madagascar). *Annales Geologiques de Madagascar*, 25: 1-218.
- Antonioli, L. & Arai, M. 2002. O registro da Ecozona *Subtilisphaera* na Formação Codó (Cretáceo Inferior da Bacia do Parnaíba, Nordeste do Brasil): seu significado paleogeográfico. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 6, 2002, São Pedro, *Boletim*, UNESP, p. 25-30.
- Arai, M. & Coimbra, J.C. 1990. Análise paleoecológica do registro das primeiras ingressões marinhas na Formação Santana (Cretáceo Inferior da Chapada do Araripe). In: SIMPÓSIO SOBRE A BACIA DO ARARIPE E BACIAS INTERIORES DO NORDESTE, 1, Crato, 1990, Crato, Atas, DNPM, p. 225-239.
- Arai, M.; Lana, C.C. & Pedrão, E. 1994. Ecozona *Subtilisphaera* spp.: Registro eocretáceo de um importante episódio ecológico do Oceano Atlântico primitivo. *Acta Geologica Leopoldensia*, 39(2): 521-538.
- Arai, M. 1999. A transgressão marinha mesocretácea: sua implicação no paradigma da reconstituição paleogeográfica do cretáceo no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 5, Serra Negra, 1999, *Boletim*, Rio Claro, UNESP, p. 577-582.
- Arai, M. 2011. Paleogeografia do Atlântico Sul no Aptiano: um novo modelo a partir de dados micropaleontológicos recentes. *Boletim de Geociências Petrobrás*, 17(2): 331-351.
- Arai, M. 2009. South Atlantic Aptian paleogeography: a new model based on recent Brazilian micropaleontological data. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 17(2): 331-351.
- Arai, M. 2014. Aptian-Albian (Early Cretaceous) paleogeography of the South Atlantic: a paleontological perspective. *Brazilian Journal of Geology*, 44(2): 339-350.
- Assine, M. 2007. Bacia do Araripe. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 15(2): 371-389.
- Ayoub-Hanna, W. S. 2011. *Taxonomy and palaeoecology of the Cenomanian-Turonian macroinvertebrates from eastern Sinai, Egypt*. Julius-Maximilians Universität, Tese de PhD, 386p.
- Batista, D.L. & Carvalho, I.S., 2007. O gênero *Araripemys* (Chelonii, Pleurodira) no Cretáceo brasileiro. In: CARVALHO, I.S.; CASSAB, R.C.T.; SCHWANKE, C.; CARVALHO, M.A.; FERNANDES, A.C.S.; RODRIGUES, M.A.C.; CARVALHO, M.S.S.; ARAI, M. & OLIVEIRA, M.E.Q. (Eds.), *Paleontologia: Cenários de Vida*. Rio de Janeiro, Interciência, p. 291-297.
- Beurlen, K. 1962a. Posição estratigráfica e paleogeográfica da chapada do Araripe. *Anais do Congresso Brasileiro de Geologia*, 16: 2.
- Beurlen, K. 1962b. A geologia da chapada do Araripe. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 34(3): 365-370.
- Beurlen, K. 1963. Geologia e estratigrafia da chapada do Araripe. *Anais do Congresso Brasileiro de Geologia*, 17: 1-47.
- Beurlen, K. 1964. As espécies dos Cassiopiinae, nova subfamília dos Turriteliidae, no Cretáceo do Brasil. *Arquivo de Geologia da UFPE*, 5: 1-43.
- Beurlen, K. 1966. Novos equinóides no Cretáceo do Nordeste do Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 38(3/4): 455-464.
- Bosellini, A.; Russo, A. & Schroeder, R. 1999. Stratigraphic evidence for an Early Aptian sea-level fluctuation: the Graua Limestone of south-eastern Ethiopia. *Cretaceous Research*, 20: 783-791.
- Branner, J.C. 1915. *Geologia Elementar*. Rio de Janeiro, Francisco Alves & Cia, 396p.
- Brito, P.M.; Yabumoto, Y. & Grande, L. 2008. New Amioid fish (Halecomorphi: Amiiformes) from the Lower Cretaceous Crato Formation, Araripe Basin, Northeast Brazil. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 28(4): 1007-1014.
- Bruno, A.P. & Hessel, M.P. 2006. Registros paleontológicos do Cretáceo marinho na Bacia do Araripe. *Estudos Geológicos*, 16(1): 30-49.
- Callapez, P. & Ferreira Soares, A. 1991. O gênero *Tylostoma* Sharpe, 1849 (Mollusca-Gastropoda) no Cenomaniano de Portugal. *Mémórias e Notícias (Nova Série)*, 111: 169-182.
- Cassab, R.C.T. 2003. *Paleontologia da Formação Jandaíra*,

- Cretáceo Superior da Bacia Potiguar, com ênfase na paleobiologia dos gastrópodos*. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Tese de doutorado, 184p.
- Cassab, R.C.T. 2011. O Gênero *Tylostoma* (Mollusca-Gastropoda) na Formação Jandaíra, Turonianio Inferior da Bacia potiguar, RN, Nordeste do Brasil. In: I. S. CARVALHO, N. K.; SRIVASTAVA, O.; STROHSCHOEN, JR. & LANA, C. C. (Eds.), *Paleontologia: cenários da vida, vol. 4*. Rio de Janeiro, Interciência, p. 251-262.
- Costa, M.J. 1963. Geologia da região oeste de Rancharia, município de Araripina, PE. *Boletim de Geologia*, 3: 49-51.
- 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). In: SIMPÓSIO SOBRE A BACIA DO ARARIPE E BACIAS INTERIORES DO NORDESTE, 1, Crato, 1990. *Atas*, Crato, DNPm, p. 173-192.
- Cleavelly, R.J. & Morris, N.J. 1988. Taxonomy and ecology of Cretaceous Cassiopidae (Mesogastropoda). *Bulletin of the British Museum (Natural History), Geology series*, 44(4): 233-291.
- Cossmann, M., 1909. Essais de Paléoconchologie comparée. *Paris*, 8: 1-248.
- Dias -Brito, D. 1992. Ocorrências de Calcisferas em Depósitos carbonáticos do Atlântico Sul: Impacto na Configuração Paleocanográfica do Tétis Cretácico. In: SIMPÓSIO SOBRE AS BACIAS CRETÁDICAS BRASILEIRAS, 2, Rio Claro, 1992. *Resumos expandidos*, Rio Claro, UNESP, p. 30-34.
- Dias-Brito, D. 2000. Global stratigraphy, palaeobiogeography and palaeoecology of Albian-Maastrichtian pithonellid calcispheres: impact on Tethys configuration. *Cretaceous Research*, 21: 315-349.
- Douvillé, H. 1916. Les terrains secondaires dans le massif du Moghara a Test de l'isthme de Suez, d'après les exploration de M. Couyat-Barthoux. *Paleontologie. Mémoires de l'Académie des sciences de l'Institut de France*, 54: 11-84.
- Fürsich, F.T.; Berndt, R.; Scheuer, T. & Gahr, M. 2001. Comparative ecological analysis of Toarcian (Lower Jurassic) benthic faunas from southern France and east central Spain. *Lethaia*, 34: 169-199.
- Fürsich, F.T. 1994. Palaeoecology and evolution of Mesozoic salinity-controlled benthic macroinvertebrate associations. *Lethaia*, 26: 327-346.
- Fürsich, F.T. & Oschmann, W. 1993. shell beds as tools in basin analysis: the Jurassic Kachchh, Western India. *Journal of Geological Society*, 150: 169-185.
- Giers, R. 1964. Die Großfauna der Mukronatenkreide (unteres Obercampan) im östlichen Münsterland. *Fortschr Geol Rheinld u Westf*, 7: 213-294.
- Greene, V.E.; Sullivan, L.J.; Thompson, J.K. & Kimmerer, W.J. 2011. Grazing impact of the invasive clam *Corbula murensis* on the microplankton assemblage of the northern San Francisco Estuary. *Marine Ecology Progress Series*, 431: 183-193.
- Guerreiro, A. & Reiner, F., 2000. *Moluscos marinhos da ilha de São Vicente (Arquipélago Cabo Verde)*. Oeiras, Câmara Municipal de Oeiras, 279p.
- Hessel, M.H.R. & Junior, N.P.F. 1989. Algumas espécies de *Aguileria* (Bivalvia) do Albiano Inferior de Sergipe. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 11, Curitiba. *Anais*, Curitiba, SBG, p. 301-315.
- Jaeckel, S.G.A., Jr. 1964: Beitrage uber Mollusken im Brackwasser. I. Uber Abänderungen an den Schalen von Mollusken der deutschen Beltsee und benachbarter brackiger Gewässer. *Schriften des Naturwissenschaftlichen Vereins von Schleswig-Holstein*, 35: 19-27.
- Jefferies, R.P.S. 1961. The palaeoecology of the Actinocamax plenus subzone (lowest Turonian) in the Anglo-Paris basin. *Palaeontology*, 4(4): 609-647.
- Kidwell, S.M. & Baumiller, T. 1990. Experimental desintegration of regular echinoids: of temperatura, oxigene and decay thresholds. *Paleobiology*, 16(3): 247-271.
- Kiel, S. & Bandel, K. 2004. The Cenomanian Gastropoda of the Kassenberg quarry in Mülheim (Germany, Late Cretaceous). *Palaeontologische Zeitschrift*, 78(1): 103-126.
- Leite, W. A., 1963. Geologia da folha norte de Rancharia Pernambuco. *Boletim de Geologia*, 3: 58-60.
- 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.
- Lindoso, R.; Maisey, J. & Carvalho, I. 2013. The paleoichthyofauna from the Codó Formation (Aptian of the Parnaíba Basin), Northeastern Brazil. In: MEETING OF THE SOCIETY OF VERTEBRATE PALEONTOLOGY, 73, *Programs and Abstracts*, p. 162.
- Mabesoone, J.M. & Tinoco, I.M. 1973. Palaeoecology of the Aptian Santana Formation (Northeastern Brazil). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 14(2): 97-118.
- Mabesoone, J.M.; Viana, M.S.S. & Lima Filho, M.F. 1999. Late Mesozoic history of sedimentar basins in NE Brazilian Borborema Province before the final separation of South America And Africa 3: paleogeography. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 5, Serra Negra, 1999. *Boletim*, Serra Negra, p. 621-626.
- Maisey, J.G. & Moody, J.M. 2001. A review of the problematic extinct teleost fish *Araripichthys*, with a description of a new species from the Lower Cretaceous of Venezuela. *American Museum Novitates*, 3324: 1-27.
- Maisey, J.G. 1991. *Santana Fossils*. Neptune City, T.F.H. Publications, 459p.
- Manso, C.L.M. & Hessel, M.H. 2007. Revisão sistemática *Pygidiolampas araripensis* (Beurlen, 1966), (Echinodermata: Cassiduloida) da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Geociências*, 26(3): 271-277.
- Manso, C.L.M. & Hessel, M.H. 2012. Novos equinoides (Echinodermata: Echinoidea) do Albiano da Bacia do Araripe, nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 42(1): 187-197.
- Martill, D.M. 2007. The age of the Cretaceous Santana Formation fossil Konservat Lagerstätte of north-east Brazil: a historical review and an appraisal of the biochronostratigraphic utility of its palaeobiota. *Cretaceous Research*, 28: 895-920.
- Maury, C.J. 1924. Fósseis Terciários do Brasil, com descrição de novas formas Cretáceas. *Serviço Geológico e Mineralógico*, 4: 1-665.
- Maury, C.J. 1936. *O Cretáceo de Sergipe, Brasil*. Rio de Janeiro, Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, 283p.
- Menessier, G., 1984. *Revision des gasteropodes appartenant á la famille des Cassiopidae Kollmann (¼ Glauconiidae Pchelintsev)*. Amiens, University of Picardie, 190p.
- Myczynski, R. & Iturralde-Vinent, M. 2005. The Late Lower

- Albian Invertebrate Fauna of the Río Hatillo Formation of Pueblo Viejo, Dominican Republic. *Caribbean Journal of Science*, 41(4): 782-796.
- Neumann, V.H. & Cabrera, L. 1999. Una nueva propuesta estratigráfica para la tectonosecuencia post-rifte de la Cuenca de Araripe, Noroeste de Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCICO DO BRASIL E SIMPÓSIO SOBRE EL CRETÁCICO DE AMÉRICA DEL SUR, 5, Serra Negra, 1999. *Boletim*, Serra Negra, p. 279-285.
- Pchelintsev, V.F. 1953. *Gastropod fauna of the Upper Cretaceous in Trans-caucasia central Asia*. SSSR, Mosc Izd Akad Nauk, 391p.
- Pereira, P.A.; Cassab, R.C.T. & Barreto, A.M.F. 2016. Cassiopidae gastropods, influence of Tethys Sea the Romualdo Formation (Aptian-Albian), Araripe Basin, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 70: 211-223.
- Pereira, P.A.; Cassab, R.C.T.; Almeida, J.A.F. & Barreto, A.M.F. 2015. Moluscos da Formação Romualdo, Aptiano-Albiano, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Boletim de Ciências Naturais do Museu Paraense Emílio Goeldi*, 10(2): 23-246.
- Pinheiro, A.P.; Saraiva, A.A. & Santana, W. 2014. Shrimps from the Santana Group (Cretaceous: Albian): new species (Crustacea: Decapoda: Dendrobranchiata) and new record (Crustacea: Decapoda: Caridea). In: ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS, 86, Rio de Janeiro, 2014. *Anais*, Rio de Janeiro, 2, p. 663-670.
- Ponte, F.C. & Appi, C.J. 1990. Proposta de revisão da coluna litoestratigráfica da Bacia do Araripe. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36, Natal, 1990. *Anais*, Natal, SBP, p. 211-226.
- Ponte, F.C. 1992. Origem e evolução das pequenas bacias cretácicas do interior do Nordeste do Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE AS BACIAS CRETÁICAS BRASILEIRAS, 2, Rio Claro, 1992. *Resumos Expandidos*, Rio Claro, UNESP, p. 55-58.
- 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(1): 53-64.
- 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(2): 77-87.
- Regali, M.S.P., 1989. Primeiros registros da transgressão neo-aptiana na margem equatorial brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 11, Curitiba, 1989. *Anais*, Curitiba, p. 275-293.
- Remane, A. 1963. Biologische Kriterien zur Unterscheidung von Süsz- und Saizwassersedimenten Fortschr. *Geol Rheinl West Krefeld*, 10: 10-112.
- Sales, A.M.F.; Simões, M.G. & Ghilardi, R.P. 2001. Ocorrência de Mytilidae (Bivalvia, Mollusca) nos calcários superiores do Membro Romualdo (Formação Santana, Albiano, Bacia do Araripe): implicações paleoecológicas e paleogeográficas. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 19, Natal, 2001. *Boletim*, Natal, p. 18-19.
- Sales, A.M.F. 2005. *Análise tafonômica das ocorrências fossilíferas de macroinvertebrados do Membro Romualdo (Albiano) da Formação Santana, Bacia do Araripe, NE do Brasil: Significado Estratigráfico e Paleoambiental*. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 160p.
- Sälgeback, J. & Savazzi, E. 2006. Constructional morphology of cerithiform gastropods. *Paleontological Research*, 10(3): 233-259.
- Savazzi, E. 1984. Functional morphology and autecology of Pseudoptera (Bakevelliid bivalves, upper Cretaceous of Portugal). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 46(4): 315-324.
- Savazzi, E. 1999. Introduction to functional morphology. In: SAVAZZI, E. (Ed.), *Functional morphology of the invertebrate skeleton*. Chichester, John Wiley & Sons, p. 4-15.
- Savazzi, E. & Peiyi, Y. 1992. Some morphological adaptations in freshwater bivalves. *Lethaia*, 25(2): 195-209.
- Silva, M.B. 1988. Paleoecologia e sedimentação da Formação Santana (Cretáceo Inferior), Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Estudos Geológicos*, 9: 55-60.
- Silva-Santos, R. & Valença, J.G. 1968. A Formação Santana e sua paleoictiofauna. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 40(3): 339-358.
- Silva-Santos, R. 1991. *Fósseis do Nordeste do Brasil: paleoictiofauna da Chapada do Araripe*. Rio de Janeiro, Departamento de Biologia Animal e Vegetal, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 64p.
- Sohl, N.F. & Koch, C.F. 1984. Upper Cretaceous (Maestrichtian) larger invertebrate Fossils from the *Haustator bilira* Assemblage Zone in the west gulf Coastal Plain. *USGS Open File Report*, 84(687): 1-282.
- Sohl, N.F. 1987. Cretaceous gastropods: contrasts between Tethys and the temperate provinces. *Journal of Paleontology*, 61(6): 1085-1111.
- Stanley, S.M. 1972. Functional morphology and evolution of byssally attached bivalve mollusks. *Journal of Paleontology*, 46(2): 165-212.
- Stephenson, L.W. 1941. The larger invertebrate fossils of the Navarro group of Texas. *The University of Texas Publication*, 4101: 1-625.
- Stephenson, L.W. 1952. Larger invertebrate fossils of the Woodbine Formation (Cenomanian) of Texas. *Bulletin of the USA Department of the International Geological Survey*, 242: 1-226.
- Terranova, M.; Lo Brutto, S.; Arculeo, M. & Mitton, J. 2007. A mitochondrial phylogeography of *Brachidontes variabilis* (Bivalvia: Mytilidae) reveals three cryptic species. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 45(4): 289-298.
- Thompson, J.K. & Parchaso, F. 2010. *Corbula amurensis: conceptual model*. Geological Survey, 39p.
- Valença, L.M.M.; Neumann, V.H. & Mabesoone, J.M. 2003. An overview on Callovian-Cenomanian intracratonic basins of Northeast Brazil: onshore stratigraphic record of the opening of the Southern Atlantic. *Geologica Acta*, 1(3): 261-275.
- Von der Osten, E. 1957. A fauna from the lower Cretaceous Barranquin Formation of Venezuela. *Journal of Paleontology*, 31(3): 571-590.
- Wenz, W. 1938-1944. Gastropoda Teil I: Allgemeiner Teil und Prosobranchia. In: SCHINDEWOLF, O. H. (Ed.), *Handbuch der Palaeozoologie*, 6. Berlin, Verlag Gebrüder Bornträger, p. 1-948.