

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

PRISCILLA ALBUQUERQUE PEREIRA

**MOLUSCOS DA FORMAÇÃO ROMUALDO, APTIANO DA BACIA SEDIMENTAR
DO ARARIPE, NE DO BRASIL.**

Recife
2016

PRISCILLA ALBUQUERQUE PEREIRA

**MOLUSCOS DA FORMAÇÃO ROMUALDO, APTIANO DA BACIA SEDIMENTAR
DO ARARIPE, NE DO BRASIL.**

Tese correspondente a 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 Co orientada pela Dra. Rita de Cássia Tardin Cassab como preenchimento dos requisitos para obtenção do grau de Doutora em Geociências, área de concentração em Geologia Sedimentar e Ambiental.

Recife
2016

Catálogo na fonte
Bibliotecária Margareth Malta, CRB-4 / 1198

P436m Pereira, Priscilla Albuquerque.
Moluscos da formação Romualdo, Aptiano da Bacia Sedimentar
do Araripe, NE do Brasil / Priscilla Albuquerque Pereira. - 2016.
93 folhas, il., gráfs., tabs.

Orientadora: Profa. Dra. Alcina Magnólia da Silva Franca.
Coorientadora: Profa. Dra. Rita de Cássia Tardin Cassab.
Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Programa de Pós-Graduação em Geociências, 2016.
Inclui Referências.

1. Geociências. 2. Formação Romualdo. 3. Cretáceo. 4.
Gastrópodos.
5. Biválvios. 6. Domínio Tetiano. I. Franca, Alcina Magnólia da Silva.
(Orientadora). II. Cassab, Rita de Cássia Tardin. III. Título.

UFPE

551 CDD (22. ed.)

BCTG/2016-330

PRISCILLA ALBUQUERQUE PEREIRA

**MOLUSCOS DA FORMAÇÃO ROMUALDO, APTIANO DA BACIA SEDIMENTAR
DO ARARIPE, NE DO BRASIL.**

Tese correspondente a 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 e Co orientada pela Dra. Rita de Cássia Tardin Cassab como preenchimento dos requisitos para obtenção do grau de Doutora em Geociências, área de concentração em Geologia Sedimentar e Ambiental.

Aprovado em: 10/11/2016

BANCA EXAMINADORA

Prof^a Dra. Alcina Magnólia da Silva Franca

Prof^a. Dra. Deusana Maria da Costa Machado

Prof^a. Dra. Marise Sardenberg Salgado de Carvalho

Prof^a. Dra. Paula Andrea Sucerquia Rendón

Prof. Dr. Anderson da Conceição Santos Sobral

Dedico este trabalho a minha avó, Maria José a qual devo todas as minhas conquistas, a meu avô Elias, que sempre quis uma neta doutora e a meu pai, Cícero que mesmo não concordando com minhas escolhas sempre esteve ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha orientadora Prof. Dra. Alcina Magnólia da Silva Fraca, pela orientação, paciência e apoio.

Agradeço a minha co orientadora Dra. Rita de Cássia Tardin Cassab, pelo acolhimento, paciência e por acreditar em mim.

Agradeço a CAPES por conceder a bolsa de Doutorado par o desenvolvimento da minha pesquisa.

A Pós Graduação em Geociências e ao Departamento de Geologia da UFPE por ter permitido o acesso a Coleção Paleontológica do DEGEO-CTG-UFPE.

Agradeço ao PALEOLAB pelo apoio logístico e profissional, e aos seus integrantes pelas discussões, sugestões e amizade.

RESUMO

A Formação Romualdo, Aptiano da Bacia do Araripe, apresenta no seu topo, bancos calcários com concentração de fósseis de moluscos e equinóides, registrando incontestável influência marinha na bacia. A presença dos moluscos é mencionada desde a década de 60, apesar disso, identificações formais foram feitas, apenas para os gastrópodos *Gymnentome romualdoi*, Beurlen, 1964 e, *Craginia araripensis* Beurlen, 1964. Com o intuito de classificar, traçar o percurso da transgressão marinha aptiana e o paleoambiente da Formação Romualdo foi analisado cerca de 1000 espécimes de moluscos. Como resultado foram publicados dois artigos em revistas científicas. A primeira, publicação internacional, versa sobre gastrópodos Cassiopídeos, dado a relevância do grupo na bacia, onde seis espécies foram descritas: *Gymnentome (Craginia) beurleni* sp. n., *Pseudomesalia (Pseudomesalia) mennessieri* sp. n., *Pseudomesalia (Pseudomesalia) santanensis* sp. n., *Gymnentome (Gymnentome) carregozica* e *Paraglauconia (Diglauconia) lyrica*. A segunda, nacional, descreve a fauna de gastrópodos e bivalvíos associada aos cassiopídeos, sendo descrito os bivalvíos *Brachidontes araripensis* sp. n. (Família Bakevelliidae) *Aguileria dissita* (Família Mytilidae) e, *Corbula* sp (Família Corbulidae). Os gastrópodos são *Tylostoma ranchariensis* sp. n (Família Naticidae) e *Cerithium sergipensis* (Família Cerithidae). A terceira publicação, sujeita a submissão, aponta possível rota de influência marinha Tetiana na Bacia do Araripe descrevendo relações paleogeográficas e interpretações ambientais para formação.

Palavras chave: Formação Romualdo. Cretáceo. Gastrópodos. Bivalvíos. Domínio Tetiano.

ABSTRACT

Fossil assemblages of the Romualdo Formation are comprised primarily of bivalve and gastropod mollusks and echinoids, important taxa indicative of marine influence during the Aptian-Albian of the Araripe Basin, in northeastern Brazil. The presence of mollusks has been mentioned since the 1960s, however, formal identifications were made only for the gastropods *Gymnentome romualdoi* Beurlen, 1964 and *Craginia araripensis* Beurlen, 1964. In order to classify, trace the course of the marine transgression Aptiana and the paleoenvironment of the Romualdo Formation was analyzed about 1000 specimens of mollusks. As a result, two articles have been published in scientific journals. The first, international publication, deals with Cassiopids gastropods, given the relevance of the group in the basin, where six species were described: *Gymnentome (Craginia) beurleni* sp. n., *Pseudomesalia (Pseudomesalia) mennessieri* sp. n., *Pseudomesalia (Pseudomesalia) santanensis* sp. n., *Gymnentome (Gymnentome) carregoza* e *Paraglauconia (Diglauconia) lyrica*. The second, national, describes the fauna of gastropods and bivalves associated to the cassiopids, being described the bivalves *Brachidontes araripensis* sp. n. (Family Bakevelliidae) *Aguileria dissita* (Family Mytilidae) e, *Corbula* sp (Family Corbulidae). The gastropods are *Tylostoma ranchariensis* sp. n (Family Naticidae) e *Cerithium sergipensis* (Family Cerithidae). The third publication, subject to submission, points out possible Tethys sea influence route in the Araripe Basin describing paleogeographic relations and environmental interpretations for formation.

Keywords: Romualdo Formation. Cretaceous. Gastropods. Bivalves. Tethyan Realm.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figuras 1. Desenho esquemático e terminologia para conchas de Cassiopídeos, baseado em Mennessier (1984) e Moore (1964)..... | 15 |
| Figuras 2. Esquema de medidas para os gastrópodos. A. medidas para gastrópodos em geral (Cox <i>et al.</i> , 1960) B. medidas utilizadas para <i>Tylostoma</i> (Modificado de Callapez & Ferreira Soares, 1991)..... | 16 |
| Figura 3. Esquema de medidas para bivalvíos. Medidas para bivalvíos em geral (A); medidas utilizadas para <i>Aguileria</i> (B) (Modificado de Cox <i>et al.</i> , 1969)..... | 16 |
| Figura 4. Localização da Bacia do Araripe na América do Sul (A), e no Nordeste do Brasil (B). Áreas de afloramento da Formação Santana (C), (Modificado de Assine, 1992; Sales, 2005; Martill, 2007)..... | 17 |
| Figura 5. Localização dos 20 sítios fossilíferos analisados na Formação Romualdo, Bacia do Araripe..... | 18 |
| Figura 6. Modelo esquemático do Grupo Santana, Bacia do Araripe e a localização estratigráfica dos invertebrados na Formação Romualdo..... | 20 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1. Famílias de Moluscos das classes Gastropoda e Bivalvia registradas informalmente para a Formação Romualdo da Bacia do Araripe (Sales, 2005)..... | 11 |
|--|----|

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 11 |
| 1.1.HIPÓTESE | 12 |
| 2 OBJETIVOS | 12 |
| 2.1. OBJETIVO GERAL | 12 |
| 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 12 |
| 3 JUSTIFICATIVAS | 13 |
| 4 MATERIAL E MÉTODOS | 14 |
| 4.1. MATERIAL | 14 |
| 4.2. MÉTODOS | 14 |
| 5 ÁREA DE ESTUDO | 18 |
| 5.1. BACIA SEDIMENTAR DO ARARIPE | 18 |
| 5.1.1. Geologia e Estratigrafia da Bacia Sedimentar do Araripe | 19 |
| 5.1.2. Geologia e Paleontologia da Formação Romualdo | 19 |
| 6.RESULTADOS E DISCUSSÕES | 21 |
| 6.1. ARTIGO 1 | 23 |
| MOLUSCOS DA FORMAÇÃO ROMUALDO, APTIANO-ALBIANO, BACIA DO ARARIPE, NORDESTE DO BRASIL | 23 |
| 6.2. ARTIGO 2 | 40 |
| CASSIOPIDAE GASTROPODS, INFLUENCE OF TETHYS SEA OF THE ROMUALDO FORMATION (APTIAN-ALBIAN), ARARIPE BASIN, BRAZIL | 40 |
| 6.3. ARTIGO 3 | 54 |
| PALEOECOLOGIA E PALEOBIOGEOGRAFIA DOS MOLUSCOS E EQUINOIDES DA FORMAÇÃO ROMUALDO, APTIANO–ALBIANO DA BACIA DO ARARIPE, BRASIL | 54 |
| 7.CONCLUSÕES | 89 |
| REFERÊNCIAS | 91 |

1. INTRODUÇÃO

Registros de moluscos fósseis no Grupo Santana são relatados desde a década de 1960 (Beurlen, 1966, 1963, 1962b, 1962a; Albuquerque, 1963; Anjos, 1963; Costa, 1963; Leite, 1963), com bivalvíos presentes nas Formações Crato e Romualdo e os gastrópodos restritos a Formação Romualdo. Apesar de citadas em vários trabalhos, nenhuma das espécies foi descrita e ilustrada formalmente com exceção dos gastrópodos *Craginia araripensis* Beurlen, 1964 e *Gymnentome romualdoi* Beurlen, 1964, que apesar de descritas, por Beurlen (1964), não foram designados holótipos, síntipos ou parátipos, ficando os fósseis conhecidos apenas por ilustrações.

Muitas famílias de gastrópodos continuaram sendo citadas ao longo dos anos para a Formação Romualdo, pode ser visto na Tabela 1. Prado *et al.* (2015) formalizam a presença das famílias Cerithiidae, Cassiopidae e Naticidae para a mesma formação na localidade de Araripina, Pernambuco. As famílias Cerithiidae e Epitoniidae para o Crato, Ceará (Prado *et al.*, 2015).

Apesar da ausência de identificação formal para os bivalvíos e gastrópodos, da Formação Romualdo, os registros de associações destes moluscos com equinoides irregulares *Pygurus (Echinopygus) tinocoi* Beurlen, 1966 e *Faujasia araripensis* Beurlen, 1966, a última reclassificada como *Bothryopneustes araripensis* Manso & Hessel, 2007, além de *Douvillaster benguellensis* Manso & Hessel, 2012 e *Hemiaster proclivus* Manso & Hessel, 2012 ocorrentes na porção oeste da Bacia sedimentar do Araripe, principalmente no extremo oeste do Estado de Pernambuco, evidenciam inquestionavelmente uma transgressão marinha na parte superior da Fm. Romualdo (Assine, 2007) interpretado por Sales (2005) como tempestitos e superfície de inundação máxima da sequência transgressiva e por tempestitos proximais em Prado *et al.* (2015).

Tabela 1. Famílias de Moluscos das classes Gastropoda e Bivalvia registradas informalmente para a Formação Romualdo da Bacia do Araripe (Sales, 2005).

| Filo | Classe | Ordem | Superfamília | Família |
|------|--------|-----------------|--------------|---------------|
| | | Caenogastropoda | Cerithiacea | Turritellidae |
| | | | | Cerithiidae |
| | | | Naticacea | Naticidae |

| | | | | | |
|----------|------------|-------------------|----------------|----------------------|----------------|
| MOLLUSCA | Gastropoda | | Strombacea | Aporrhaidae | |
| | | Heterogastropoda | Architonicacea | Epitoniidae [=Scala] | |
| | | Archaeogastropoda | | Neritidae | |
| | Bivalvia | Myoida | | Myacea | Corbulidae |
| | | Pterioida | | Anomiacea | Anomiidae |
| | | | Pteriacea | | Pteriidae |
| | | | | | Isognomonidae |
| | | | Ostreacea | | Plicatulidae |
| | | | | | Ostreidae |
| | | | | Bakevelliidae | |
| | | Mytiloidea | | Mytilacea | Mytilidae |
| | | Veneroidea | | Crassatellacea | Crassatellidae |
| | | | | Veneracea | Veneridae |
| Arcoida | | Arcacea | Arcidae | | |

1.1. HIPÓTESE

Esta pesquisa tem como hipótese que os moluscos fósseis que constituem a fauna da Formação Romualdo apresentam afinidade com o Fauna Tetiana, sendo o mar de Tétis o responsável pela incursão marinha na Bacia. Além disso, acredita-se que a rota desta incursão tenha iniciado no Oeste da Bacia do Araripe, ou seja, por Pernambuco, uma vez que os elementos tipicamente marinhos são encontrados nas localidades deste estado.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

O trabalho tem como objetivo o estudo taxonômico e da paleoauto/paleoecologia dos gastrópodos e bivalvíos da Formação Romualdo, visando um maior conhecimento e análise do paleoambiente e da paleobiogeografia no Aptiano-Albiano da Bacia sedimentar do Araripe, NE do Brasil.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar a fauna de moluscos (gastrópodos e bivalvíos) da Formação Romualdo;

- Realizar análise morfofuncional/paleoautoecológica e paleoecológica das associações identificadas;
- Analisar a relação da fauna de moluscos da Formação Romualdo com formações correlatas;
- Determinar e levantar dados sobre a distribuição paleogeográfica das espécies inferindo uma possível rota da ingressão marinha na Bacia do Araripe.

3. JUSTIFICATIVAS

A Bacia Sedimentar do Araripe é a única bacia interior do NE do Brasil que preservou rochas da transgressão marinha do Eocretáceo e, seus fósseis de moluscos, presentes em bancos calcários, na Formação Romualdo, são importantes indícios para o melhor entendimento do paleoambiente da formação. Daí vem a necessidade de seu estudo sistemático para levantar novos dados para a compreensão da transgressão aptiana.

A identificação destes fósseis é importante para o conhecimento da diversidade de bivalvíos e gastrópodos que compõem a comunidade de invertebrados da Formação Romualdo, permitindo a elaboração de modelos paleambientais, tema ainda controverso. Além de contribuir para a identificação de bioeventos locais, regionais e globais possibilitando inferências paleogeográficas a partir da presença elementos típicos de faunas dominantes no Cretáceo Inferior. Desta forma, a identificação taxonômica dessa fauna de moluscos e a compreensão de seus aspectos paleoecológicos, possibilita traçar o percurso mais provável da transgressão marinha na Bacia do Araripe e sua real influência na Formação Romualdo.

A pesquisa justifica-se pela necessidade de identificação taxonômica formal dos moluscos (bivalvíos e gastrópodos) da Formação Romualdo, Bacia do Araripe, para enriquecer as informações referentes à paleofauna e para auxiliar nas interpretações paleoecológicas. Além disso, o enfoque em famílias/gêneros característicos da fauna do Cretáceo irá contribuir com informações paleobiogeográficas sobre a ingressão marinha, sua rota e sua influência na Bacia do Araripe.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. MATERIAL

O material estudado consiste de 850 espécimes de gastrópodos com boa preservação. Cerca de 70% estão inteiros, quando fragmentados, apresentam ausência das voltas iniciais preservando as voltas adultas e abertura. Em 50% prevaleceu a preservação original da concha, poucos calcitizados e raros moldes internos. Os exemplares de gastrópodos estão em sua maioria isolados, correspondendo em média a 85%, os demais associados a outras espécies de moluscos.

Os bivalvíos correspondem a 300 espécimes sendo cerca de 60% inteiros e com valvas fechadas. Apenas 10% dos elementos com valvas isoladas apresentam preservação de charneira e dentição, esses foram utilizados para uma identificação mais precisa, nos demais estão ausentes charneira e elementos internos (marcas musculares e ligamentares, dentição e linha palial). Cerca de 70% apresentam preservação original da concha, os demais estão substituídos, calcitizados e raros em moldes internos e externos. Os bivalvíos estão preservados preferencialmente em coquinas, geralmente monotípicas.

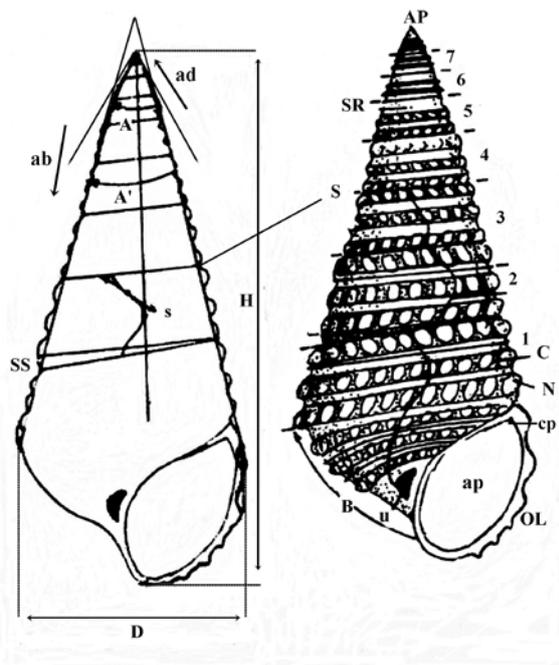
O material coletado e analisado encontra-se depositado na Coleção Paleontológica do Departamento de Geologia do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco em Recife, PE (DGEO-CTG-UFPE) e os elementos analisados como número de tombamento encontra-se detalhado nos trabalhos.

4.2. MÉTODOS

Os exemplares passaram por processos de preparação química e física. Na preparação química utilizou-se uma solução fraca de ácido acético a 10% para cada litro de água destilada, permitindo a remoção da maioria do sedimento impregnado no fóssil. O processo físico consistiu na retirada do sedimento menos consolidado com água corrente, preparação com o auxílio de agulhas e talhadeiras, em estereoscópio Zeiss que permitiu visualização de detalhes na ornamentação das conchas. Após a lavagem e secagem do material, seguiu-se a fase de medição, desenhos e fotografia em estereoscópio Zeiss e, descrição dos exemplares.

Para a descrição e identificação dos espécimes foram consideradas as medidas padrão para as famílias de acordo com a classificação vigente para gastrópodos e bivalvíos. Para gastrópodos cassiopídeos (Figura 1) os dados de classificação do Mennessier (1984) foram os utilizados: comprimento (La), diâmetro da última volta (D) e ângulo apical (A). Na ausência

do ângulo apical e sendo possível, verificou-se o ângulo pré-apical (A'), o ponto de tangência (Pt) e o ponto de inflexão (Pi). Foi feita a descrição dos principais caracteres: forma da concha, abertura, ornamentação e linhas de crescimento. Para comparação e identificação das espécies foram utilizadas bibliografias como Stanton (1947); Stephenson (1952); Mennessier (1984); Mennessier & Calzada (1985); Cleavelly & Morris (1988); Buitrón-Sánchez & López-Tinajero (1995); Banjac *et al.* (2007).



| Características morfológicas da concha | Direção da concha |
|---|---|
| Ápice (AP) Base (B) Sutura (S) Cordão (C) Nódulo (N) Rampa Sutural (SR) Prancha Sutural (SS) Lábio externo (OL) cordão anterior (ac) cordão posterior (pc) abertura (ap) umbílico (u) sinus (s) Número de voltas (1-7) | Adapical (Ad) Abapical (Ab) |
| | Medidas da concha (mm) |
| | Ângulo apical (A) Ângulo subapical (A') Comprimento (H) Diâmetro (D) |
| | Tamanho da concha (mm) |
| | Pequeno < 24 Médio 25 to 60 Grande 61 to 99 |

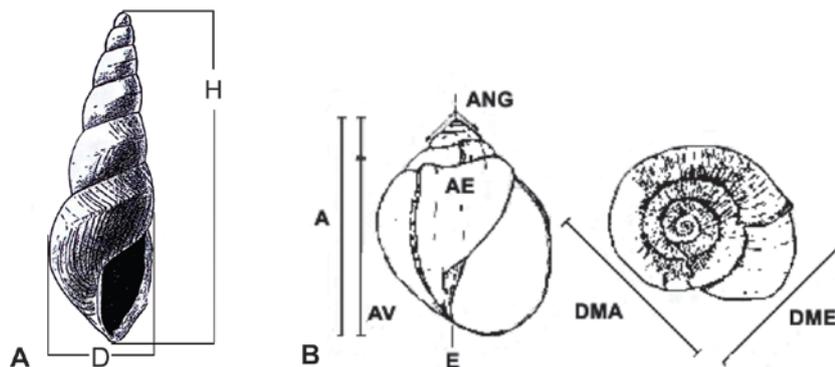
Figura 1. Desenho esquemático e terminologia para concha de Cassiopídeos baseado em Mennessier (1984) e Moore (1964).

Para o gênero *Tylostoma* foram adaptadas as terminologias para descrição e medição de Callapez & Ferreira Soares (1991) e, para os demais gastrópodos, de Cox (1964) (Figura 2A e 2B), enquanto para os bivalvíos (Figura 3A e 3B) foram adotadas as terminologias e morfometrias de Cox *et al.* (1969).

Em relação a análise paleoecológica e paleobiogeográfica, foram consideradas 20 localidades distribuídas nos estados de Piauí, Ceará e Pernambuco, algumas destas com informações retiradas de publicações, que em sua maioria, descrevem a ocorrência de invertebrados apenas em nível de gênero. Já outras localidades, apresentam a descrição do perfil estratigráfico, aspectos tafonômicos e dados de sistemática mais completos (Fig. 4). 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.

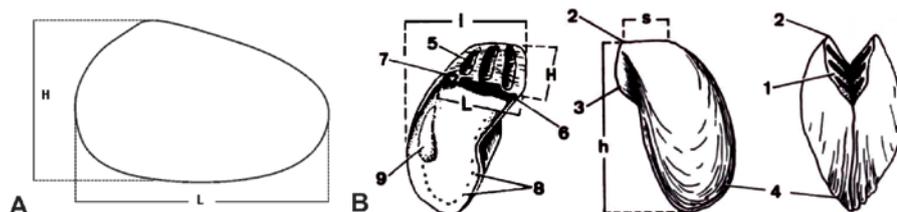
Das concentrações selecionadas, nove foram analisadas quantitativamente (abundância relativa) e qualitativamente (bioestratinomia, disposição em planta e dados morfofuncionais/autoecológicos), as demais, foram analisadas apenas por presença e ausência de espécie, considerando desta forma as características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



Abreviações

| | |
|-------------------------------|----------------------|
| A - altura total | D - diâmetro |
| E - eixo de enrolamento | ANG - ângulo apical |
| AV - altura da volta corporal | DMA - diâmetro maior |
| AE - altura da espira | DME - diâmetro menor |

Figura 2. Esquema de medidas para os gastrópodos. A. medidas para gastrópodos em geral (Cox *et al.*, 1969) B. medidas utilizadas para *Tylostoma* (Modificado de Callapez & Ferreira Soares, 1991).



Abreviações

| | |
|---|-------------------------------|
| H - altura (para <i>Aguilera</i> dimensão máx. da área ligamental perpendicular a base) | 1- área ligamental |
| L - comprimento (para <i>Aguilera</i> dimensão máx. da área ligamental a H) | 2- umbo |
| h - comprimento da valva | 3- aurícula |
| l - largura da valva | 4- linhas de crescimento |
| b - máx. convexidade da valva | 5- fosseta ligamental |
| s - máx. dimensão da linha cardinal | 6- crista dental |
| | 7- alvéolo |
| | 8- marcas de músculos paliais |
| | 9- marca do músculo adutor |

Figura 3. Esquema de medidas para bivalvíos. Medidas para bivalvíos em geral (A); medidas utilizadas para *Aguilera* (B) (Modificado de Cox *et al.*, 1969).

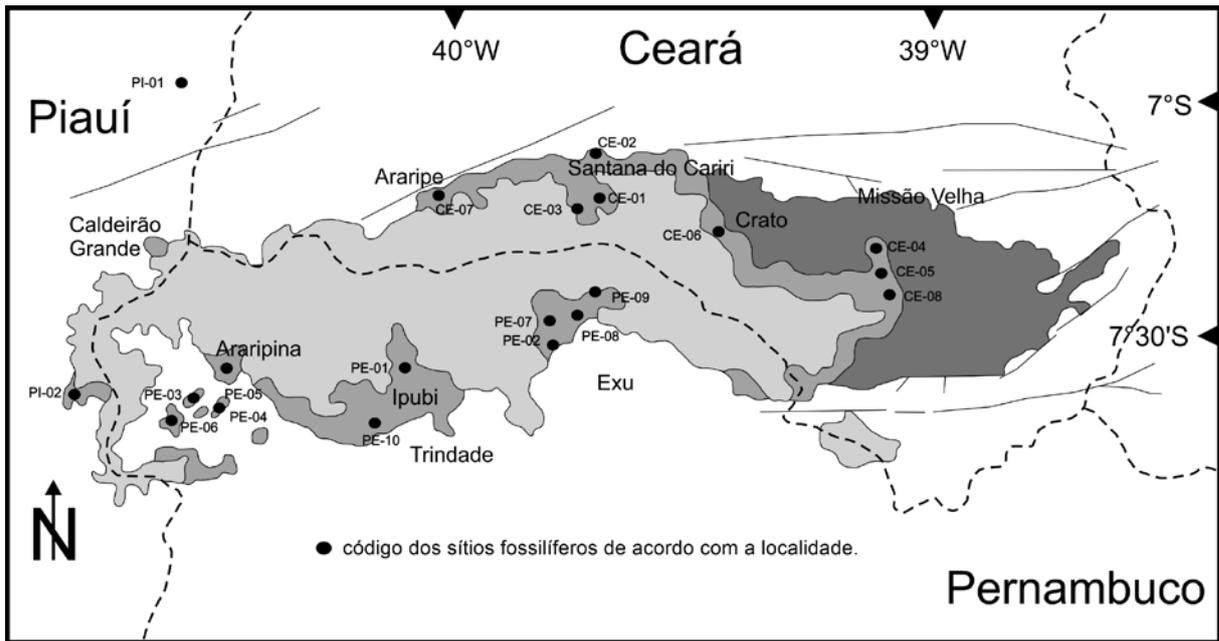


Figura 4. Localização dos 20 sítios fossilíferos analisados na Formação Romualdo, Bacia do Araripe.

5. ÁREA DE ESTUDO

5.1. BACIA SEDIMENTAR DO ARARIPE

A bacia sedimentar do Araripe (Figura 5) está implantada sobre os terrenos pré-cambrianos da Província Borborema, lateralmente ao Lineamento da Paraíba (Ponte & Ponte Filho, 1996). Semelhante ao que acontece com as outras bacias intracratônicas do Brasil, a do Araripe está composta por depressões limitadas por falhas, formadas por cinturões de dobramentos intraplaca e terrenos Pré-Cambrianos Gnaíssico-migmatíticos (Neumann & Cabrera, 1999).

Corresponde a mais extensa das bacias interiores do Nordeste do Brasil com área de ocorrência desde a Chapada do Araripe até o Vale do Cariri, num total de aproximadamente 9.000 km².

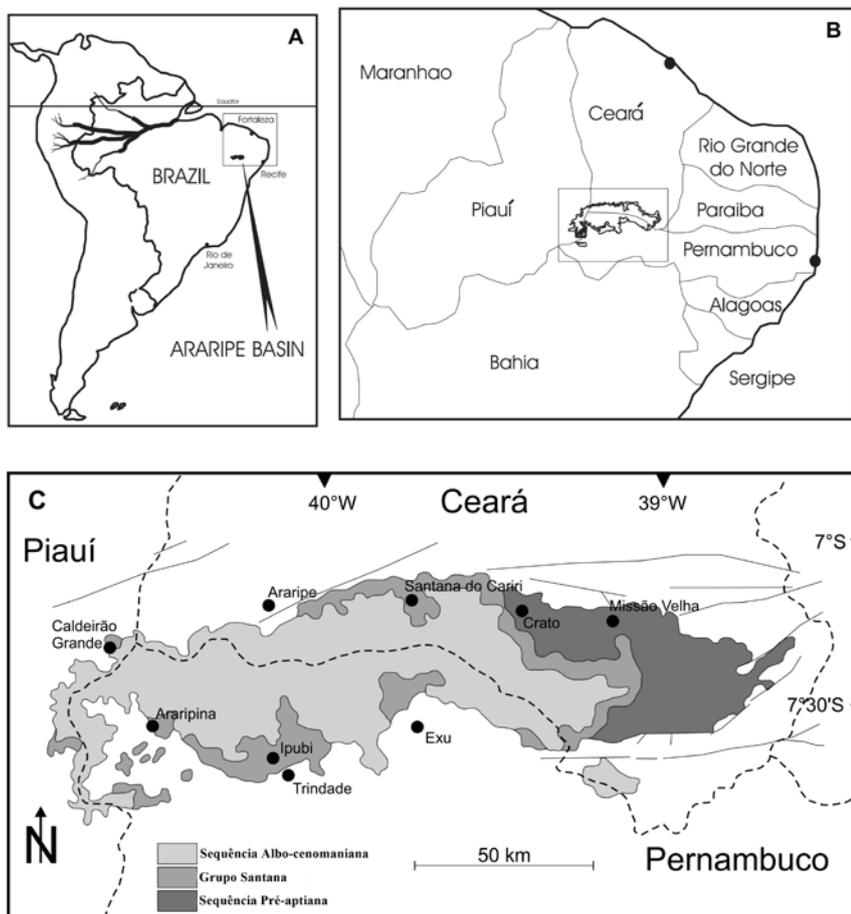


Figura 5. Localização da Bacia do Araripe na América do Sul (A), e no Nordeste do Brasil (B). Áreas de afloramento da Formação Santana (C), (Modificado de Assine, 1992; Sales, 2005; Martill, 2007).

5.1.1. Geologia e Estratigrafia da Bacia Sedimentar do Araripe

Geologicamente, a área de estudo está inserida na Bacia Sedimentar do Araripe, que engloba parte dos estados de Pernambuco, Ceará e Piauí, com arcabouço estratigráfico constituído por sequências limitadas por discordâncias regionais, que representam o registro fragmentário de embaciamentos gerados em ambientes tectônicos distintos. Várias colunas estratigráficas foram propostas para a bacia desde Small (1913), pioneiro no estudo da geologia do Araripe, deixando claras as divergências dos diversos autores em relação à divisão, nomenclatura, idade e relações de contato entre as diversas unidades estratigráficas (Assine, 1992, 2007).

Assine (2007) e Ponte & Appi (1990) subdividiram a Bacia Sedimentar do Araripe em quatro tectono-sequências: pré-rift 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.

5.1.2. Geologia e Paleontologia da Formação Romualdo

A Formação Romualdo (Figura 6) é caracterizada pela presença de arenitos interestratificados com folhelhos, bem expostos em seção levantada na antiga mina de gipsita na localidade de Romualdo, entre os municípios de Crato e Barbalha. Para o topo, o empilhamento é transgressivo e os arenitos costeiros cedem lugar a uma seção de folhelhos verdes, ricos em ostracodes. Os folhelhos adquirem, progressivamente em direção ao topo, colorações mais escuras, culminando com um intervalo de cerca de 20 m de folhelhos cinza escuros e pretos, ricos em matéria orgânica, caracterizado pela presença de um nível com concreções fossilíferas que alcança cerca de 5 m de espessura na borda leste da Chapada do Araripe. As concreções encerram rica paleoictiofauna considerada marinha, havendo também a presença de tartarugas marinhas e pterossauros (Bruno & Hessel, 2007). A porção superior da Formação Romualdo, acima do nível das concreções, destaca a existência de uma camada de coquinas, que pode atingir um metro de espessura. A presença de gastrópodos e bivalvíos morfológicamente variados e não identificados, e de equinóides confirma, inquestionavelmente, as condições marinhas francas (Assine, 2007). Esta porção apresenta-se

acentuada a oeste da Chapada do Araripe, em Pernambuco, com afloramentos significativos nas localidades de Araripina, Ipubi e Exu.

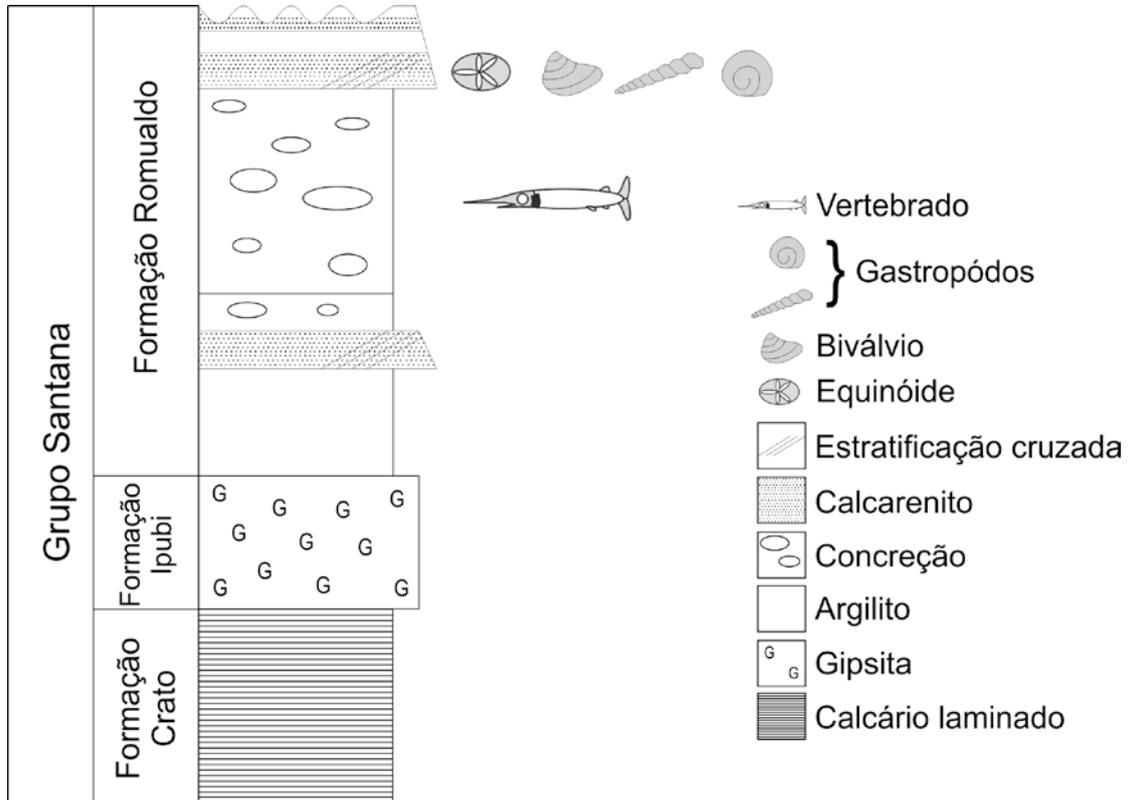


Figura 6. Modelo esquemático do Grupo Santana, Bacia do Araripe e a localização de deposição dos invertebrados na Formação Romualdo.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como resultado da tese foram elaborados três manuscritos, nos quais dois encontram-se publicados e o último foi submetido. Os manuscritos elaborados demonstram que foram cumpridos todos os objetivos propostos para esta pesquisa, além de corroborar com a hipótese levantada. São eles:

- 6.1. MOLUSCOS DA FORMAÇÃO ROMUALDO, APTIANO-ALBIANO, BACIA DO ARARIPE, NORDESTE DO BRASIL. PUBLICADO NO *BOLETIM DO MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI, CIÊNCIAS NATURAIS*, NA EDIÇÃO DE MAIO-AGOSTO 2015.

Este trabalho descreve e ilustra formalmente moluscos gastrópodos e bivalvíos da Formação Romualdo, pontuando as características paleoecológicas dos gêneros com base em 750 espécimes dos estados de Pernambuco, Ceará e Piauí. Esta análise resultou na identificação dos gastrópodos *Cerithium sergipensis* Maury, 1936 e *Tylostoma ranchariensis* n. sp. e os bivalvíos *Aguileria dissita* White, 1887, *Corbula* sp. e *Brachidontes araripensis* n. sp.. Caracteres paleoautoecológicos indicam gastrópodos epifaunais, bivalvíos epifaunais e semi-infaunal bissado, indicativos de ambiente marinho raso (interditalsubtidal) a lagunas interditaís. A presença das espécies *Cerithium sergipensis* e *Aguileria dissita* nas formações Romualdo (Aptiano-Albiano, Bacia do Araripe) e Riachuelo (Albiano, Bacia de Sergipe) caracteriza um bioevento regional de irradiação adaptativa. A ocorrência de uma nova espécie de *Tylostoma* sugere influência marinha oriunda do Mar de Tétis.

- 6.2. CASSIOPIDAE GASTROPODS, INFLUENCE OF TETHYS SEA OF THE ROMUALDO FORMATION (APTIAN-ALBIAN), ARARIPE BASIN, BRAZIL. PUBLICADO NO *JOURNAL OF SOUTH AMERICAN EARTH SCIENCES*, DISPONÍVEL ONLINE A PARTIR DE 20 MAIO DE 2016. [HTTP://DX.DOI.ORG/10.1016/J.JSAMES.2016.05.005](http://dx.doi.org/10.1016/j.jsames.2016.05.005)

Este manuscrito teve como objetivo uma revisão taxonômica das espécies já identificadas, descrição de novas espécies e primeiras ocorrências da Família Cassiopidae na Formação Romualdo, além de registro de novos locais de ocorrência desses invertebrados marinhos na bacia e o levantamento de considerações paleogeográficas da Família Cassiopidae. Foram analisados 300 espécimes dos quais duas espécies foram reclassificadas: *Paraglauconia (Diglauconia) araripensis* (Beurlen, 1964) = *Craginia araripensis* Beurlen, 1964 e *Gymnentome (Gymnentome) romualdoi* (Beurlen, 1964) = *Gymnentome romualdoi* Beurlen, 1964 - Duas primeiras ocorrências: *Paraglauconia (Diglauconia) lyrica* Maury, 1936 e *Gymnentome (Gymnentome) carregozica* Maury, 1936 e três espécies novas identificadas: *Gymnentome (Craginia) beurleni* sp. nov., *Pseudomesalia (Pseudomesalia) mennessieri* sp. nov. e *Pseudomesalia (Pseudomesalia) santanensis* sp. nov. As considerações Paleogeográficas reforçaram a influência Tetiana para a Bacia do Araripe, uma vez que a Família Cassiopidae é tipicamente da fauna Tetiana e esteve presentes em todas as regiões influenciadas pelo Mar de Tétis.

6.3. PALEOECOLOGIA E PALEOBIOGEOGRAFIA DOS MOLUSCOS E EQUINOIDES DA FORMAÇÃO ROMUALDO, APTIANO–ALBIANO DA BACIA DO ARARIPE, BRASIL. SUBMETIDO AO ANUÁRIO DO INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS DA UFRJ NO DIA 08 DE OUTUBRO DE 2016.

O objetivo deste trabalho foi estabelecer prováveis ambientes de sedimentação e uma possível rota da incursão marinha na Bacia do Araripe, Fm. Romualdo através da análise paleoecológica e paleogeográfica das comunidades de invertebrados coletados na formação. Foram analisadas 20 localidades das quais 50% apresentaram perfis, coleta sistemática de fósseis e dados tafonômicos. Essas localidades estavam distribuídas nos estados que compõem a bacia PE, CE e PI, e a partir das análises paleoecológicas e paleogeográficas foi possível estabelecer prováveis ambientes sedimentares marinho, lagunar e estuarino e traçar uma possível rota para a incursão do mar na bacia. Neste trabalho reafirmamos a hipótese da presença de um *seaway* oriundo do mar de Tétis sentido NW – SE passando pelas bacias do São Luiz, Parnaíba, Araripe e Sergipe, no qual permitiu o estabelecimento de uma fauna tipicamente marinha na porção oeste da bacia do Araripe (Localidades do município de Araripina, PE), região que se encontrava em contato contínuo e permanente com o mar.

6.1. ARTIGO 1

**MOLUSCOS DA FORMAÇÃO ROMUALDO, APTIANO-ALBIANO,
BACIA DO ARARIPE, NORDESTE DO BRASIL**

**MOLLUSKS OF THE ROMUALDO FORMATION, APTIAN-ALBIAN,
ARARIPE BASIN, NORTHEASTERN BRAZIL**

**PRISCILLA ALBUQUERQUE PEREIRA
RITA DE CÁSSIA TARDIN CASSAB
ALCINA MAGNÓLIA FRANCA BARRETO
JOSÉ AUGUSTO COSTA DE ALMEIDA**

Moluscos da Formação Romualdo, Aptiano-Albiano, Bacia do Araripe, nordeste do Brasil

Mollusks of the Romualdo Formation, Aptian-Albian, Araripe Basin, northeastern Brazil

Priscilla Albuquerque Pereira^I, Rita de Cássia Tardin Cassab^{II},
Alcina Magnólia Franca Barreto^I, José Augusto Costa de Almeida^{III}

^IUniversidade Federal de Pernambuco. Recife, Pernambuco, Brasil

^{II}Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil

^{III}Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, Paraíba, Brasil

Resumo: A Formação Romualdo contém assembleias fósseis de invertebrados compostas principalmente de moluscos gastrópodos e bivalvíos, equinoides, táxons importantes e indicativos de influência marinha durante o Aptiano-Albiano da Bacia do Araripe, no nordeste do Brasil. Este trabalho descreve e ilustra formalmente moluscos gastrópodos e bivalvíos da Formação Romualdo, pontuando as características paleoecológicas dos gêneros com base em 750 espécimes dos estados de Pernambuco, Ceará e Piauí. Esta análise resultou na identificação dos gastrópodos *Cerithium sergipensis* Maury, 1936 e *Tylostoma ranchariensis* n. sp. e os bivalvíos *Aguilera dissita* White, 1887, *Corbula* sp. e *Brachidontes araripensis* n. sp.. Caracteres paleoautoecológicos indicam gastrópodos epifaunais, bivalvíos epifaunais e semi-epifaunal bissado, indicativos de ambiente marinho raso (interdital-subtidal) a lagunas interditaes. A presença das espécies *Cerithium sergipensis* e *Aguilera dissita* nas formações Romualdo (Aptiano-Albiano, Bacia do Araripe) e Riachuelo (Albiano, Bacia de Sergipe) caracteriza um bioevento regional de irradiação adaptativa. A ocorrência de uma nova espécie de *Tylostoma* sugere influência marinha oriunda do Mar de Tétis, uma vez que esse gênero é característico do Domínio Tetiano, representando um bioevento local de inovação biológica pelo sucesso de seu desenvolvimento nas formações citadas e por processos geológicos favoráveis em nível global.

Palavras-chave: Moluscos. Araripe. Sistemática. Bioeventos.

Abstract: Fossil assemblages of the Romualdo Formation are comprised primarily of bivalve and gastropod mollusks and echinoids, important taxa indicative of marine influence during the Aptian-Albian of the Araripe Basin, in northeastern Brazil. This manuscript describes and illustrates bivalve and gastropod mollusks pointing out their paleoecological characteristics based on 750 specimens, from the States of Pernambuco, Ceará and Piauí. This analysis resulted in the identification of *Cerithium sergipensis* Maury, 1936 and *Tylostoma ranchariensis* n. sp. and *Aguilera dissita* White, 1887, *Corbula* sp., and *Brachidontes araripensis* n. sp.. Paleoautoecological characters indicate epifaunal gastropods and epifaunal and semi-epifaunal byssated bivalves indicative of shallow marine (intertidal-subtidal) and saline lagoonal environments. The presence of *Cerithium sergipensis* and *Aguilera dissita* in the Romualdo as well as in the Riachuelo formation (Albian of the Sergipe Basin), characterizes a regional event of adaptive radiation. The occurrence of a new species of *Tylostoma* suggests marine influence of the Thetis Sea, since this taxon is characteristic of the Thetian Domain, representing a local biological innovation due to its developmental success in these formations and to favorable global geological processes.

Keywords: Mollusks. Araripe. Systematics. Bioevents.

PEREIRA, P. A., R. C. T. CASSAB, A. M. F. BARRETO & J. A. C. ALMEIDA, 2016. Moluscos da Formação Romualdo, Aptiano-Albiano, Bacia do Araripe, nordeste do Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais** 10(2): 231-246.

Autor para correspondência: Priscilla Albuquerque Pereira. Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Tecnologia e Geociências. Departamento de Geologia. Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n – Cidade Universitária. Recife, PE, Brasil. CEP 50740-533 (palbuquerquep@hotmail.com).

Recebido em 21/07/2015

Aprovado em 21/03/2016

Responsabilidade editorial: Mário Augusto G. Jardim



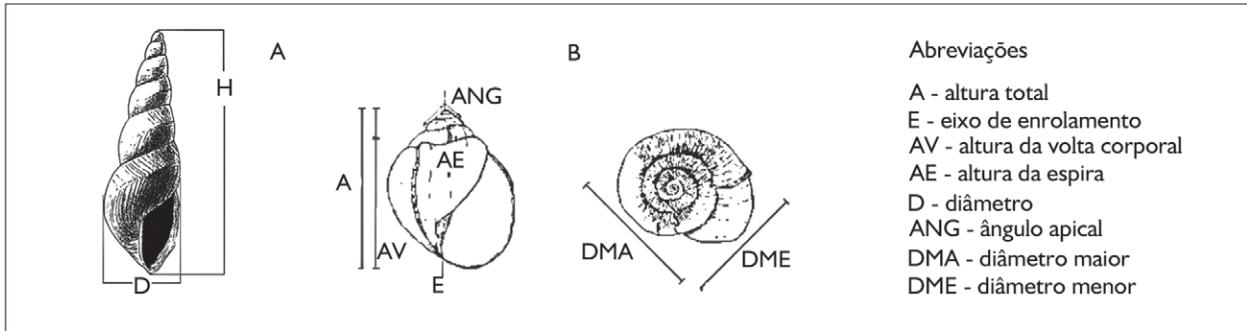


Figura 3. Esquema de medidas para os gastrópodos: A) medidas para gastrópodos em geral (Cox *et al.*, 1969; B) medidas utilizadas para *Tylostoma* (Callapez & Ferreira Soares, 1991).

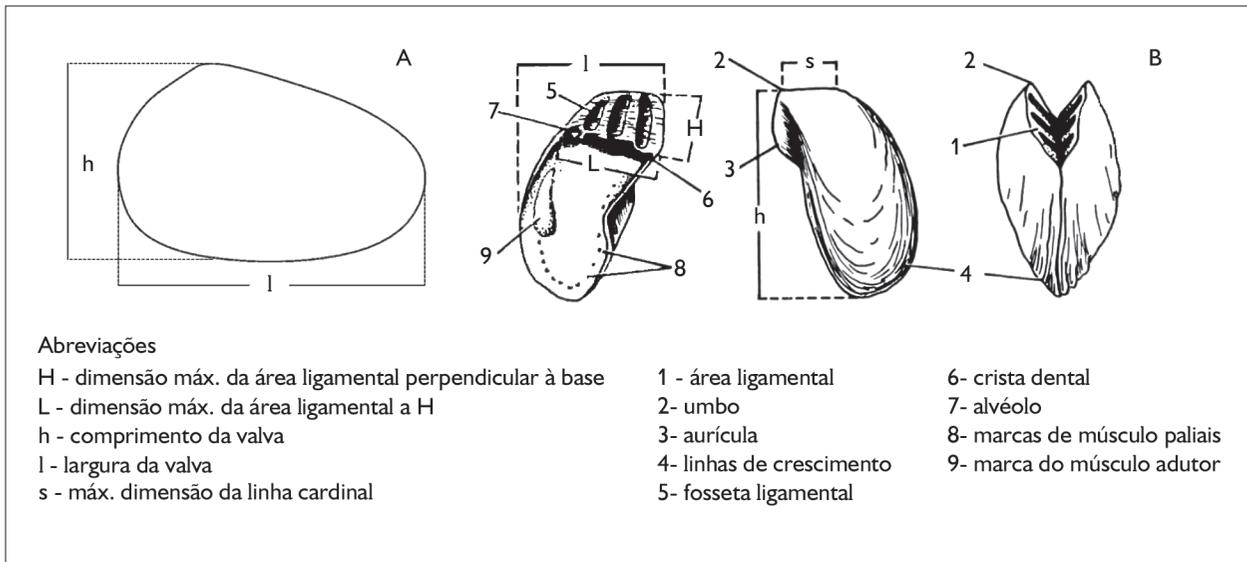


Figura 4. Esquema de medidas para bivalvíos: A) medidas para bivalvíos em geral; B) medidas utilizadas para *Aguileria* (Cox *et al.*, 1969).

RESULTADOS

TAXONOMIA

Filo Mollusca
 Classe Gastrópoda Cuvier, 1797
 Ordem Caenogastrópoda Cox, 1959
 Subordem Mesogastrópoda Thiele, 1925
 Superfamília Cerithiacea Ferussac, 1819
 Família Cerithiidae Fleming 1822
 Gênero *Cerithium* Bruguière 1789
 Espécie-tipo: *Cerithium adansonii* Bruguière 1789

Cerithium sergipensis Maury, 1936
 (Figuras 5A-5F)

Cerithium sergipensis Maury, 1936,
 p. 218-219, est. 12, figuras 4-5
Cerithium riachuelanum Maury, 1936,
 p. 216-217, est. XII, figura 2
Cerithium riachuelanum lyrae Maury, 1936,
 p. 218-219, est. XII, figura 3
Cerithium sp. Prado *et al.*, 2015,
 p. 224, figura 3

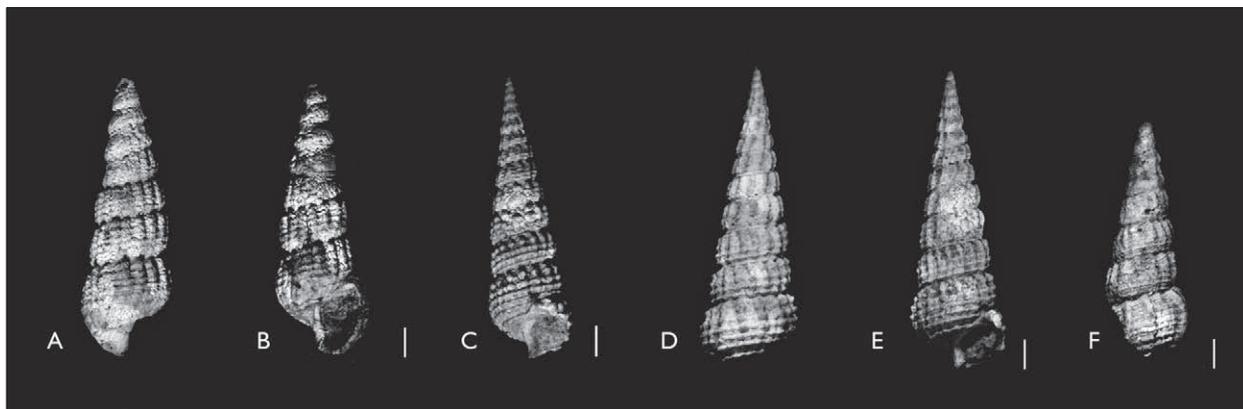


Figura 5. Exemplos de *Cerithium sergipensis*. Localidade: Sítio Torrinha, Araripina, Pernambuco. A e B) n° 7559-1; C) n° 7559-2; D e E) n° 7516-2; F) n° 7519-1. Escala = 2 mm.

Diagnose (Maury, 1936, p. 218-219, est. 12, figuras 4-5): ornamentação com cinco espirais finas equidistantes cortadas por costelas transversais próximas, finas e numerosas.

Material: DGEO-CTG-UFPE n° 7559-1, 7559-2, 7560-1, 7560-2, 7518-1, 7518-2, 7519-1, 7519-2 depositados na Coleção Paleontológica do Departamento de Geologia - UFPE (DGEO-CTG-UFPE). As medidas e algumas características morfológicas diagnósticas estão presentes na Tabela 1.

Ocorrência: sítios Torrinha, Torre Grande e Canastra, município de Araripina, Pernambuco, Ladeira do Berlenga, município de Simões, Piauí.

Descrição: concha turriculada, esguia, pequena e espessa. O exemplar completo apresenta quatorze voltas. Sutura impressa, flanco côncavo. Ornamentação persistente, com cinco cordões espirais finos, interceptados por costelas transversais equidistantes, que se tornam mais numerosas com o crescimento das voltas, podendo apresentar nas últimas voltas de 17 a 20 costelas. Cordões espirais secundários podem ser observados em alguns exemplares. As costelas em alguns exemplares são finas e próximas, formando uma elevação no ponto de intersecção entre elas, em outros, as costelas são mais robustas. Abertura oval e oblíqua, canal anterior curvo, pequeno canal posterior, lábio externo pouco fletido.

Tabela 1. Medidas e características morfológicas dos exemplares de *Cerithium sergipensis* da Formação Romualdo (Bacia do Araripe). Legendas: + = presença; - = ausência.

| Exemplar | L (mm) | D (mm) | Número de voltas | Voltas iniciais/abertura |
|----------|--------|--------|------------------|--------------------------|
| 7559-1 | 18,8 | 6,3 | 8 | -/+ |
| 7559-2 | 18,2 | 5,3 | 14 | +/+ |
| 7560-1 | 21,5 | 6,2 | 9 | -/+ |
| 7560-2 | 15,6 | 5,6 | 8 | -/+ |
| 7518-1 | 16,6 | 5,4 | 8 | -/+ |
| 7518-2 | 16,4 | 5,3 | 7 | -/+ |
| 7519-1 | 17,3 | 5,5 | 9 | -/+ |
| 7519-2 | 16,1 | 5,3 | 8 | -/+ |

Discussão: não foi possível verificar diferença morfológica entre *Cerithium riachuelanum* Maury, 1936, *Cerithium riachuelanum lyrae* Maury, 1936 e *Cerithium sergipensis* Maury, 1936. Na descrição, Maury (1936) se refere a *Cerithium riachuelanum* como um molde mal preservado, *Cerithium riachuelanum lyrae* como duas impressões do mesmo tipo da primeira espécie, só que mais fraca, descrevendo apenas o *Cerithium sergipensis* como um exemplar completo e melhor preservado.

As três espécies apresentam o mesmo número de cordões espirais (cinco) e as costelas transversais variam em quantidade de acordo com o crescimento da concha. Maury (1936), para diferenciar as espécies, utilizou como

característica: o espessamento da concha, no caso do *Cerithium riachuelanum* e do *Cerithium riachuelanum lyrae*, e a espessura das costelas, mais espessas em *C. riachuelanum* e mais finas e numerosas em *C. sergipensis*. Foram identificados apenas como pertencentes ao gênero *Cerithium* os espécimes coletados nos Sítios Torrinha e Torre Grande, localizados em Araripina, Pernambuco (Prado *et al.*, 2015). As amostras foram analisadas neste trabalho e identificadas como pertencentes à espécie *Cerithium sergipensis*.

Analisando as pranchas e o holótipo depositado na coleção do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e comparando-as com os exemplares descritos, não consideramos que os caracteres apresentados para distinção entre as espécies foram suficientes, uma vez que todos os demais caracteres, como altura, diâmetro, flanco, sutura, quantidade de voltas e abertura, são congruentes. Por esta razão, atribuímos os exemplares deste trabalho à espécie *Cerithium sergipensis*, por apresentar, tanto na descrição da autora (Maury, 1936) quanto na preservação do exemplar inteiro, o maior número de caracteres descritos e uma melhor preservação, com ausência de deformações. A partir destas análises, foram consideradas as espécies *Cerithium riachuelanum* Maury, 1936 e *Cerithium riachuelanum lyrae* Maury, 1936 sinônimas de *Cerithium sergipensis* Maury, 1936.

Superfamília Naticoidea Forbes, 1838

Família Naticidae Forbes, 1838

Gênero *Tylostoma* Sharpe, 1849

Espécie tipo: *Tylostoma globosum* Sharpe, 1849

Tylostoma ranchariensis sp. n.

(Figuras 6A-6F)

Diagnose: concha oval, pouco esguia, cinco voltas. Espira moderadamente alta, volta corporal correspondente a 2/3 da concha.

Etimologia: derivada da localidade de Rancharia, município de Araripina, Pernambuco. Optou-se pelo epíteto referente à ocorrência dessa espécie em Rancharia como forma de manter a orientação original de uma identificação informal feita por Karl Beurlen, em 10 de dezembro de 1962, existente no livro de tombamento da Coleção Científica Paleontológica do Departamento de Geologia, da Universidade Federal de Pernambuco, onde ele registra a provável espécie *Polinices ranchariae*.

Material: holótipo DGEO-CTG-UFPE nº 7539, exemplar com cinco voltas depositado na Coleção

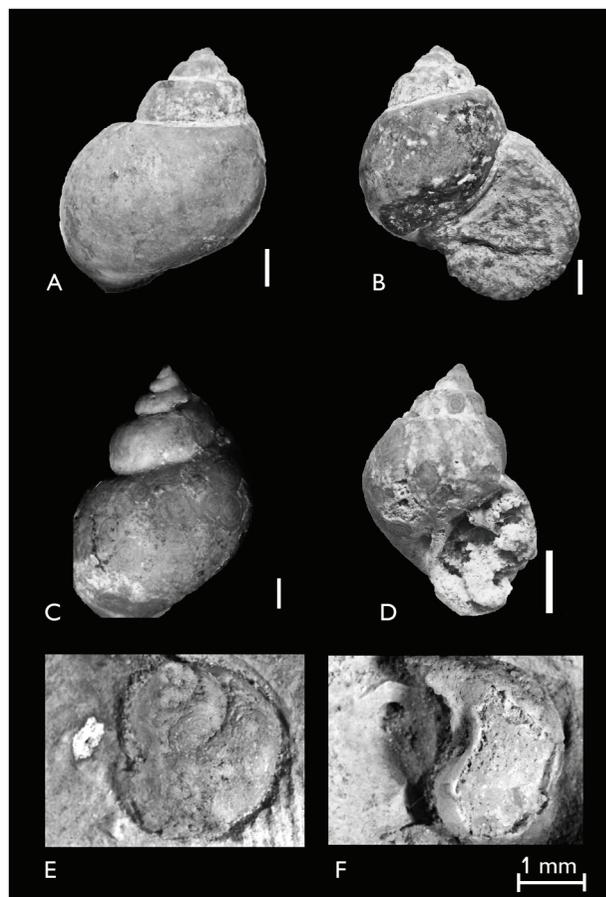


Figura 6. Exemplares de *Tylostoma ranchariensis* n. sp.: A e B) localidade: Sítio Torre Grande, Araripina, Pernambuco, n° 7539; C e D) localidade: Sítio dos Izaques, Araripina, Pernambuco, n° 1189; E e F) localidade: Torre Grande, Araripina, Pernambuco, n° 1165, umbílico raso (F). Escala = 2 mm.

Paleontológica do Departamento de Geologia, da UFPE. Parátipo DGEO-CTG-UFPE nº 1182, 1165, 7657. Características morfológicas e dados morfométricos desse material estão apresentados na Tabela 3.

Localidade-tipo e estrato-tipo: Rancharia, localidade de Araripina, Pernambuco. Formação Romualdo (Aptiano-Albiano, Bacia do Araripe).

Ocorrência: Sítio Torrinha, Torre Grande e Izaques, município de Araripina, Pernambuco.

Descrição: concha oval, espessa, lisa, pouco esguia, com cinco voltas, espira moderadamente alta. Flancos convexos, suturas bem marcadas, volta corporal correspondente a $2/3$ da concha. Abertura semicircular, com borda externa ampla em direção à base, lábio externo espesso. Umbílico raso e estreito.

Discussão: em termos estratigráficos, esse gênero ocorre desde o Jurássico Superior ao 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), Peru e Cáucaso (Wenz, 1938-1944; Pchelintsev, 1953). *Tylostoma rochatianum* d'Orbigny, 1850 foi registrado no Aptiano da França, Suíça, Espanha e Tunísia; *T. globosum* Sharpe, 1849, no Turoniano de Portugal e Tunísia; *T. peroni* Pervinchière, 1912 e *T. cossoni* Thomas & Péron, 1912 são característicos do Turoniano Inferior da Tunísia; 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 biogeográfico, é considerado um dos elementos típicos da fauna do Mar de Tétis (Sohl, 1987).

As espécies atribuídas ao gênero *Tylostoma*, identificadas no Brasil, correspondem ao Albiano da Bacia de Sergipe, Turoniano da Bacia de Potiguar e no Campaniano-Maastrichtiano das bacias Pernambuco e Paraíba. As identificações do gênero para a Bacia de Sergipe foram realizadas por Maury (1936) e correspondem a *Tylostoma whitei* Ihering, 1907, *Tylostoma minimum* White, 1887, *Tylostoma materinum* White, 1887 e *Tylostoma sergipensis* Maury, 1936.

T. whitei Ihering, 1907 apresenta concha suboval, sete voltas convexas, volta corporal bastante expandida e altura total de 70 mm (Maury, 1936). *Tylostoma minimum* White, 1887 apresenta sete voltas e volta corporal correspondente a $1/2$ da altura total da concha. *Tylostoma materinum* White, 1887 apresentava cinco voltas convexas, volta corporal quase correspondente à altura total de 150 mm. *T. minimum* e *T. materinum* apresentam número de voltas e altura da volta corporal diferentes da espécie *T. ranchariensis*, além de altura total quase cinco vezes maior que a espécie do Araripe. Sabe-se que, nesse período (Albiano Médio), a Bacia de Sergipe já apresentava um ambiente francamente marinho.

Tylostoma sergipensis Maury, 1936 é uma concha grande e globosa, com voltas muito baixas e estimativa de seis voltas, segundo reconstituição (Maury, 1936). Difere da espécie do Araripe pela quantidade e altura das voltas, e pela morfologia bastante arredondada.

As espécies *Tylostoma rochai* Ihering, 1907, *Tylostoma brasilianum* Maury, 1925, *Tylostoma crandalli* Maury, 1925 e *Tylostoma mauryae* Beurlen, 1964 foram identificadas para o Turoniano da Bacia do Potiguar (Formação Jandaíra) e revisadas por Cassab (2003), uma vez que os exemplares depositados em coleção correspondiam

Tabela 3. Morfometria dos exemplares de *Tylostoma ranchariensis* sp. n. da Formação Romualdo (Bacia do Araripe). Legendas: + = presença; - = ausência.

| Exemplar | A (mm) | AV (mm) | AE (mm) | ANG | DMA (mm) | DME (mm) | Volta inicial/abertura |
|----------|--------|---------|---------|-----|----------|----------|------------------------|
| 7539 | 35,4 | 30,8 | 10 | 73° | 29 | 21 | -/+ |
| 1182 | 32 | 27 | 11 | - | 21 | 14 | -/+ |
| 1165 | 16 | 11 | 4 | - | - | - | -/- |



a espécimes deformados diageneticamente, dificultando a identificação. Todas foram confirmadas na revisão, com exceção de *T. crandalli*.

T. brasilianum Maury, 1925 apresenta uma concha globosa, seis a sete voltas, espira baixa e volta corporal com 4/5 da altura total. Os espécimes analisados apresentam altura total entre 85 a 150 mm. *T. rochai* Ihering, 1907 tem a concha fusiforme, seis voltas, espiras um pouco mais altas que a anterior e volta corporal correspondente a 3/4 da altura total. *T. mauryae* Beurlen, 1964 tem um porte mais esguio, seis voltas, espira elevada, volta corporal globosa ocupando 2/3 da altura total. O que é importante notar nas espécies da Bacia do Potiguar é a descrição das aberturas (o que não ocorre nas espécies da Bacia de Sergipe), que são em meia lua, diferindo na largura das partes anterior e posterior. A abertura em *T. brasilianum* é estreita, alargando-se em direção à parte anterior; em *T. rochai*, a abertura é expandida na parte anterior; e *T. mauryae* apresenta parte anterior pouco expandida. A espécie *T. ranchariensis* sp. n. apresenta um menor número de voltas e abertura distinta das descritas, bastante

expandida em direção à parte anterior, com borda externa ampla semicircular.

Classe Bivalvia Linné, 1758

Subclasse Pteriomorpha Beurlen, 1944

Ordem Pterioida Newell, 1965

Superfamília Pteriacea Gray, 1847

Família Bakevelliidae King, 1850

Gênero *Aguileria* White, 1887a

Espécie-tipo: *Aguileria cumminsi* White, 1887

Aguileria dissita (White, 1887)

(Figuras 7A-7D)

Diagnose (White, 1987b, p. 54, plate 5, figura 1): concha quase equivalve, moderadamente convexa, área dorsal posterior comprimida, aurícula anterior espessa, área cardinal larga, contendo de três a cinco cavidades ligamentares, distantes e grandes. Material: DGEO-CTG-UFPE n° 1190, 7553-1, 7553-2, depositado na Coleção Paleontológica do Departamento de Geologia, da UFPE.

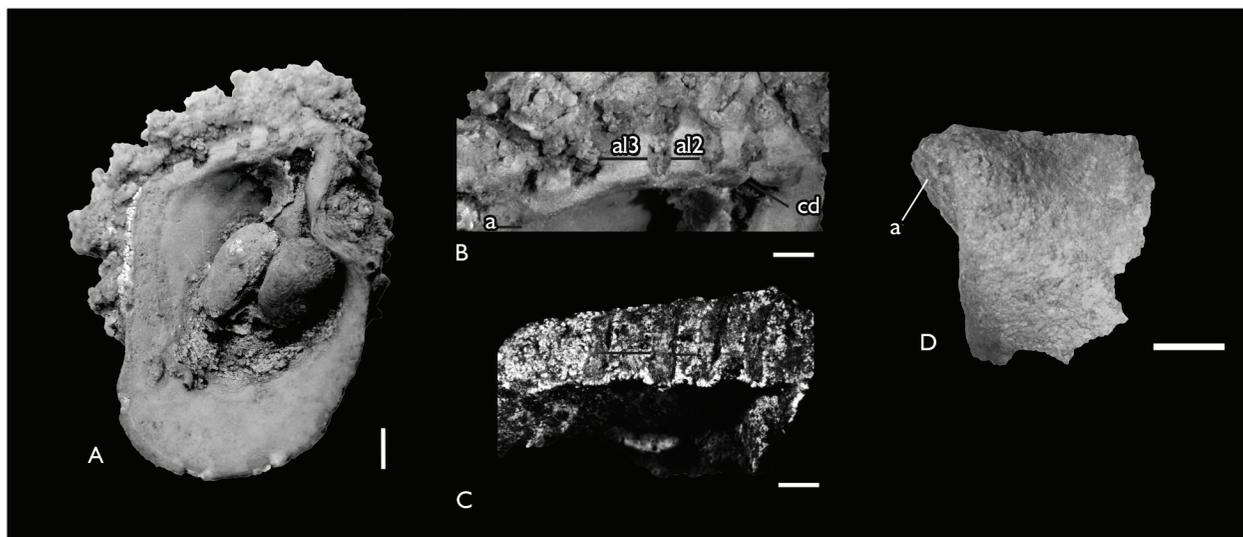


Figura 7. Exemplos de *Aguileria dissita*: A e B) localidade: Sítio Izaques, Araripina, Pernambuco, n° 1190, valva esquerda com *Brachidontes* aninhados internamente e parte externa da concha coberta por tubos de vermes. Destaque em B para a diferença das distâncias entre o ligamento 2 para o ligamento 3 (al2) e o ligamento 3 para o ligamento 4 (al3); crista dental (cd); C) localidade: Sítio Torrinha, Araripina, Pernambuco, n° 7553-1, valva esquerda, área ligamental e a diferença entre os ligamentos (igual a B); D) n° 7553-5, valva esquerda, aurícula trapezoidal (A). Escala 2 = mm.

Dados morfométricos desse material estão apresentados na Tabela 4.

Ocorrência: Fazenda dos Izaques e Sítio Torrinha, município de Araripina, Pernambuco; Sítio Limeira 2, Sergipe.

Descrição: concha lisa, espessa, convexa na parte central e alongada obliquamente. Umbo prosógiro, pequeno e achatado. Contorno sub-retangular, margem anterior sub-retilínea formando uma curva arredondada com a margem ventral. Margem ventral acentuadamente arredondada passando para a margem posterior em uma curva levemente soerguida. Margem posterior sub-retilínea formando com a margem dorsal um ângulo quase reto, margem dorsal retilínea. Na porção anterior, após a aurícula, consta a presença de uma dobra, marcada por um sulco profundo, visualizado externamente. Aurícula alongada e trapezoidal. Leves linhas de crescimento são observadas próximas à margem ventral da valva.

Área ligamentar sub-retangular, alta, com bordas anterior e posterior sub-retilíneas, cinco cavidades ligamentares estão presentes, a primeira próxima à margem dorsal. A área entre as cavidades ligamentares é constante, com exceção entre a terceira e quarta, nitidamente mais larga.

Discussão: os espécimes coletados correspondem a apenas uma valva esquerda completa, à qual encontram-se dois *Brachidontes* aninhados e externamente ocorrem tubos de vermes, além disso, há um molde interno e fragmentos de concha com preservação da área ligamental. Esta espécie foi identificada por White (1987a) como *Gervilleia dissita*, coletada em camadas albianas próximas à localidade de Maruim, na Bacia de Sergipe. Foi citada inicialmente como pertencente ao gênero *Aguileria* pelo próprio autor, a partir da análise de espécimes coletados no México (White, 1987b). Maury (1936) sintetizou a descrição de White e ilustrou o mesmo espécime, conservando a denominação *Gervilleia dissita*, identificando ainda neste trabalho uma nova espécie, *Gervilleia regoi* Maury, 1936.

A espécie descrita (*Aguileria dissita*) é diferente de *Aguileria regoi* (Maury, 1936), por ser mais ereta e sub-retangular,

Tabela 4. Morfometria dos exemplares de *Aguileria dissita* da Formação Romualdo (Bacia do Araripe).

| Exemplar | h (mm) | l (mm) | l/h | s (mm) | H (mm) | L (mm) |
|----------|--------|--------|------|--------|--------|--------|
| 1190 | 27,5 | 17,5 | 0,64 | 14,6 | - | 15 |
| 7553-1 | - | 18,04 | - | 14,8 | - | - |
| 7553-2 | - | - | - | 15,1 | 6,5 | - |

com área ligamentar sub-retangular; difere também de *Aguileria cummingsi* White, 1887, por ser mais ereta, apresentar sulco anterior bem marcado e área ligamentar sub-retangular.

Ordem Mytiloida Rafinesque, 1815
 Superfamília Mytilacea Rafinesque, 1815
 Família Mytilidae Rafinesque, 1815
 Gênero *Brachidontes* Swainson, 1840
 Espécie-tipo: *Modiola sulcata* Lamarck, 1819

Brachidontes araripensis sp. n.
 (Figuras 8A-8F)

Diagnose: concha alongada, inequilateral, equivale, parte central inflada. Cume umbonal proeminente, com depressão radial bem marcada, partindo abaixo do cume umbonal até a margem ventral. Costelas radiais fortemente marcadas acima do umbo até a margem posterior. Margem interna crenulada.

Etimologia: designado em homenagem à bacia do Araripe.

Material: holótipo DGEO-CTG-UFPE n° 7562 depositado na Coleção Paleontológica do Departamento de Geologia, da UFPE. Parátipos DGEO-CTG-UFPE n° 7563, 7464, 7565 e 7566. As medidas e algumas características morfológicas diagnósticas estão presentes na Tabela 5.

Localidade-tipo e horizonte-tipo: Santo Antônio, localidade de Exu, Pernambuco. Formação Romualdo (Aptiano-Albiano, Bacia do Araripe).



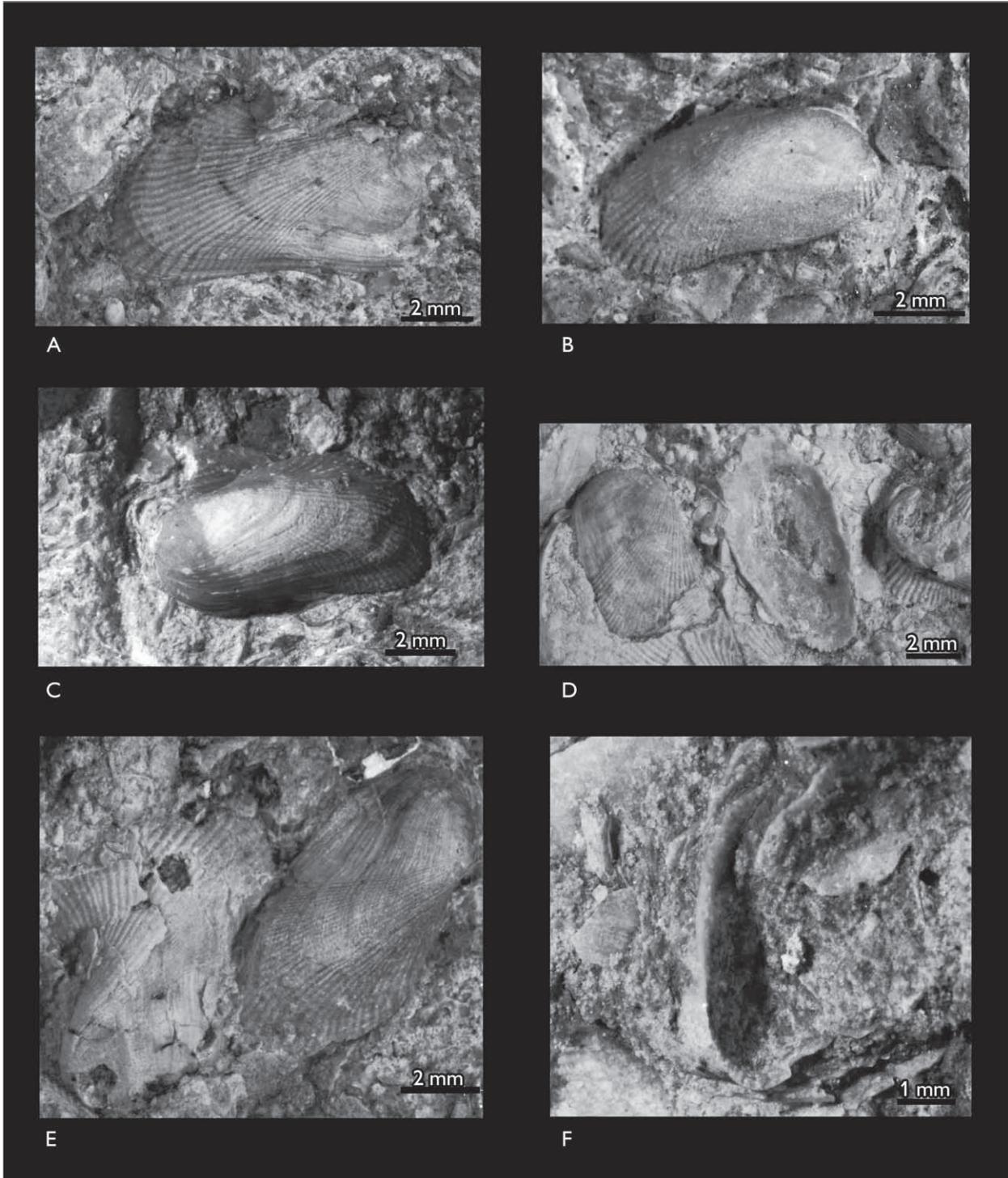


Figura 8. Exemplares de *Brachidontes araripensis* n. sp. em coquins destacando a ornamentação externa com costelas radiais bem marcadas. Localidade: Sítio Santo Antônio, Exu, Pernambuco. A) n° 7565, valva esquerda; B) n° 7562, valva esquerda; C) n° 7565, valva direita; D e F) n° 7562, parte interna e charneira (D), valva direita e esquerda (E); F) detalhe da charneira disodonte. Escala = 2 mm.

Tabela 5. Medidas e características morfológicas dos exemplares de *Brachidontes araripensis* sp. n. da Formação Romualdo (Bacia do Araripe). Legendas: * = valvas de indivíduos diferentes em uma mesma amostra.

| Exemplar | Valva | l (mm) | h (mm) | l/h |
|----------|----------|--------|--------|-------|
| 7562* | Esquerda | 8,9 | - | |
| 7562* | Direita | 8,5 | 4,1 | 2, 07 |
| 7565* | Esquerda | 9,4 | 4,5 | 2, 08 |
| 7565* | Direita | 7,5 | 3,6 | 2, 08 |

Ocorrência: Sítios Torre Grande e Canastra, Araripina; Sítios Zé Gomes, Santo Antônio e Izaques, Exu; Sítio Casa de Pedra, Ipubi, municípios de Pernambuco; Sítios Pinheiro e Cercadinho, Missão Velha, município do Ceará.

Descrição: concha alongada, inequilateral, equivalve, com a parte central inflada. Umbo pequeno, subterminal. Charneira disodonte. Cume umbonal proeminente, fortemente arredondado. Depressão radial bem marcada, que se estende abaixo do cume umbonal até a margem ventral. A depressão radial é resultante de uma protuberância que parte do umbo, com ápice em $\frac{1}{4}$ da concha, decaindo ventralmente até a margem posterior. Margem anterior e margem anteroventral arredondadas, parte central inflada finalizando em um leve recuo convexo, que se alarga posteriormente na margem posterior bastante arredondada. Margem dorsal levemente inclinada, convexa até $\frac{1}{4}$ da concha, estreitando-se em direção à parte posterior de forma arredondada. Superfície externa ornamentada por costelas radiais, que iniciam acima do umbo até a margem posterior da concha. Costelas radiais fortemente marcadas e reforçadas no ápice da protuberância. Linhas de crescimento levemente marcadas ornamentam a porção ventral do umbo até a área levemente convexa antero-ventral, no qual se encontram transversalmente com as costelas radiais na margem posterior. As linhas de crescimento mais bem marcadas cortam as costelas radiais. Internamente, a charneira apresenta dentículos transversais abaixo do umbo, com desnível profundo no local da protuberância e margem interna crenulada.

Discussão: os espécimes coletados formam concentrações compostas basicamente por *Brachidontes araripensis*, sem seleção de tamanho. A maioria está inteira, com a ornamentação externa da valva preservada, havendo poucos colapsados e com a parte interna visível, raros com preservação de charneira, não sendo possível visualizar as cicatrizes musculares e a linha palial.

Poucas espécies de *Brachidontes* foram identificadas para o Cretáceo do Brasil, com predomínio de descrições para a família Mytilidae destinadas aos gêneros *Mytilus* Linné, 1758 e *Modiola* Lamarck, 1801. *Brachidontes axistriatus* Beurlen, 1964 foi descrita nas camadas da Formação Açu, Turoniano da Bacia Potiguar, diferindo da espécie do Araripe por apresentar parte central baixa, depressão radial fracamente marcada e margem dorsal fortemente inclinada. *Brachidontes eoexustus* Klein e Ferreira, 1979 foi identificada para Formação Itapecuru, Cenomaniano-Santoniano da Bacia do Parnaíba, diferindo de *B. araripensis*, umbo mais largo, parte central baixa, margem anterior e posterior irregulares, costelas radiais bem marcadas, só que mais espaçadas do que a espécie do Araripe. As espécies citadas não apresentam descrição e ilustração de caracteres internos, comum para a época (ver Maury, 1936; Magalhães & Mezzalira, 1953; Simone & Mezzalira, 1994), sendo as espécies definidas basicamente pela morfologia e ornamentação externa.

A espécie *Brachidontes filisculptus* Cragin, 1951 e sua subespécie *Brachidontes filisculptus microcostae* Stephenson, 1952, da Formação Woodbine, Cenomaniano do Texas, são as que mais se assemelham com a da Bacia do Araripe. Divergem de *Brachidontes araripensis* por apresentar o umbo mais inflado, protuberância maior e crenulação interna desde a margem dorsal até a margem posterior, além de mais de três dentículos na charneira.

Pelas características morfológicas apresentadas, que diferenciam *Brachidontes araripensis* em relação às demais, somadas à ausência de informação referente a caracteres internos das espécies descritas para outras bacias, atribuímos uma nova espécie para a Bacia do Araripe.

Subclasse Heterodonta Neumayr 1884
 Ordem Myoida Stolicza, 1870
 Superfamília Myacea Lamarck, 1809
 Família Corbulidae Lamarck, 1818
 Gênero *Corbula* Bruguière, 1797
 Espécie-tipo: *Corbula sulcata* Lamarck, 1801

Corbula sp.
 (Figuras 9A-9G)

Material: DGEO-CTG-UFPE nº 7556, 7557-1, 7557-2, 7567, 7568, 7569, depositado na Coleção Paleontológica do Departamento de Geologia, da UFPE. Dados morfométricos desse material estão apresentados na Tabela 6.

Ocorrência: Sítio Torrinha, Araripina; Sítio Casa de Pedra, Ipubi; Sítios Zé Gomes, Izaques e Santo Antônio, Exu, municípios de Pernambuco; Sítio Pinheiro e Cercadinho, Missão Velha, município do Ceará.

Descrição: valva rostrada, inflada, inequilateral e inequivalve. Valva esquerda pouco menor do que a direita. Umbo central fracamente prosógiro. Margem dorsal anterior e posterior obliquamente reta, margem anterior arredondada, margem ventral arqueada, margem posterior inclinada e reta. Superfície externa com costelas concêntricas, equidistantes, pouco irregulares. Quilha na região posterior fortemente marcada.

Discussão: são observáveis dois tipos de corbulídeos, mas a calcitização impediu a observação de caracteres internos, como charneira, além de impossibilitar a visualização da ornamentação externa, dificultando a determinação das espécies. Apesar das alterações apresentadas, é possível observar características morfológicas típicas do gênero. Os corbulídeos coletados, em sua maioria, estão em concentrações monotípicas, com rara ocorrência de outras espécies. Quando presentes, destaque para *Brachidontes araripensis* mal preservados e cassiopídeos em corte longitudinal.

Tabela 6. Medidas e características morfológicas dos exemplares de *Corbula* sp. da Formação Romualdo (Bacia do Araripe).

| Exemplar | Valva | l (mm) | h (mm) | L/H |
|----------|----------|--------|--------|------|
| 7557-1 | Direita | 10,2 | 7,6 | 1,34 |
| 7557-1 | Esquerda | 9,5 | 6,4 | 1,48 |
| 7557-2 | Direita | 9,3 | 6,3 | 1,47 |
| 7557-2 | Esquerda | 8,6 | 5,8 | 1,48 |

CONSIDERAÇÕES PALEOAUTOECOLÓGICAS

As considerações paleoautoecológicas visam ao entendimento do ambiente preferencial dos táxons, não sendo objetivo deste trabalho uma análise paleossinecológica, uma vez que características das tafocenoses não foram relatadas.

Os exemplares de *Cerithium sergipensis* estavam bem preservados, havendo mais de 75% deles inteiros, quando fragmentadas as voltas adultas e a abertura, apresentaram preservação preferencial em relação às voltas iniciais. Marcas de abrasão e predação foram ausentes. A combinação da ornamentação do *Cerithium sergipensis* em cordões espirais e costelas transversais, aliada a uma concha espessa no sentido ventro-lateral (oposto à abertura), caracteriza 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).

Aguilera dissita está representado por uma valva completa, com aninhamento interno de dois *Brachidontes* e tubos de poliquetas na porção externa. Os demais elementos são um molde interno e fragmentos de concha com preservação da área ligamental. Sua concha biconvexa, subequivalve, espessa e fixada por bissus, sugere um hábito

Os corbulídeos coletados correspondem a 90% de concentrações monotípicas, com valvas fechadas articuladas e ornamentação externa parcialmente observável em algumas conchas, sugerindo abrasão. Em algumas amostras, os exemplares estão em corte longitudinal, apresentando calcitização interna, com ausência de preservação de caracteres como dentição e fosseta. O material apresenta característica de retrabalhamento e exposição ao intemperismo. Caracteres morfométricos da *Corbula* sp. como valva inflada e alongamento proporcional entre as porções anterior e posterior indicam hábito semi-infaunal lento; valvas inequivalves e inequilaterais estão relacionadas à 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 (Greene *et al.*, 2011; Thompson & Parchaso, 2010).

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 (Terranova *et al.*, 2007). Atualmente, densas camadas de *Brachidontes* contribuem para a riqueza da epifauna e de comunidades de invertebrados de infauna, como poríferos, cnidários, anelídeos, crustáceos, moluscos, briozoários e equinodermos, bem como a presença de algas. São organismos filtradores que se alimentam de partículas em suspensão na água, como microalgas e partículas orgânicas.

Naticídeos vivem em sedimentos arenosos a argilosos e se estendem desde a zona das marés até profundidades médias (Wenz, 1938-1944). O gênero *Tylostoma* corresponde a organismos carnívoros predadores,

em pleno desenvolvimento no Cretáceo, também relacionado à fauna do Mar de Tétis (Cassab, 2003, 2011).

CONCLUSÃO

As espécies identificadas neste trabalho contribuem para o conhecimento da diversidade de bivalvíos e gastrópodos que compõem a comunidade de invertebrados da Formação Romualdo (Aptiano-Albiano), permitindo a elaboração de modelos paleoambientais, tema ainda controverso para a formação. As características paleoautoecológicas da associação exposta permite inferir um ambiente marinho raso, com suas variações dentro deste sistema. *Cerithium sergipensis*, *Tylostoma ranchariensis* n. sp. e *Aguileria dissita* indicam uma afinidade tipicamente marinha em um trecho com boa energia e oxigenação. *Brachidontes araripensis* n. sp. e *Corbula* sp. são organismos que suportam grandes variações de salinidade, sendo encontrados com facilidade em lagunas interditaís.

Dois bioeventos podem ser caracterizados durante o Albiano Inferior na fauna das formações Romualdo (Aptiano-Albiano, Bacia do Araripe) e Riachuelo (Albiano, Bacia de Sergipe). A presença do gênero *Tylostoma*, típico da fauna do Mar de Tétis, corresponde a um evento global, uma vez que o Aptiano é marcado com o início de uma grande transgressão marinha, na qual permitiu a influência tetiana em bacias continentais do Nordeste brasileiro, evento esse confirmado com os gástrópodos já descritos da Família Cassiopidae, *Gymnentome romualdoi* Beurlen, 1964 e *Craginia araripensis* Beurlen, 1964, importantes integrantes da fauna de Tétis. O registro de *Cerithium sergipensis* e *Aguileria dissita* caracteriza um bioevento regional de irradiação adaptativa. Uma vez já estabelecidos e adaptados (Bacia de Sergipe), expandiram-se geograficamente a partir do aumento do nível do mar, que permitiu uma certa estabilidade em relação à influência marinha para a Bacia do Araripe, propiciando o estabelecimento de um novo padrão de comunidade para a Formação Romualdo, de acordo com as adaptações ambientais suportadas pelas espécies.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo suporte financeiro (nº de processo 40714812010-3 e 201716/2010-0); à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida; e ao Laboratório de Paleontologia da UFPE (PALEOLAB), do Departamento de Geologia da UFPE, por todo o suporte técnico.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, J. P. T., 1963. Geologia da área sudeste de Ranchoraria, sul de Araripina, 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.
- 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.
- BEURLIN, K., 1962a. Posição estratigráfica e paleogeográfica da chapada do Araripe. **Anais do Congresso Brasileiro de Geologia** 16: 2.
- BEURLIN, K., 1962b. A geologia da chapada do Araripe. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** 34(3): 365-370.
- BEURLIN, K., 1963. Geologia e estratigrafia da chapada do Araripe. **Anais do Congresso Brasileiro de Geologia** 17: 1-47.
- BEURLIN, K., 1964. As espécies dos Cassiopinæ, nova subfamília dos Turritellidae, no Cretáceo do Brasil. **Arquivo de Geologia da UFPE** 5: 1-43.
- BEURLIN, K., 1966. Novos equinóides no Cretáceo do Nordeste do Brasil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** 38(3-4): 455-464.
- CALLAPEZ, P. & A. FERREIRA SOARES, 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**: 1-184. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- CASSAB, R. C. T., 2011. O Gênero *Tylostoma* (Mollusca-Gastropoda) na Formação Jandaíra, Turonianiano Inferior da Bacia potiguar, RN, Nordeste do Brasil. In: I. S. CARVALHO, N. K. SRIVASTAVA, O. STROHSCHOEN JR. & C. C. LANA (Eds.): **Paleontologia: cenários da vida**: 4: 251-262. Interciência, Rio de Janeiro.
- COSTA, M. J., 1963. Geologia da região oeste de Ranchoraria, município de Araripina, PE. **Boletim de Geologia** 3: 49-51.
- COX, L. R., 1964. General characteristics of Gastropoda. In: J. BROOKES KNIGHT, L. R. COX, A. MYRA KEEN, A. G. SMITH, R. L. BATTEN, E. L. YOCHELSON, N. H. LUDBROOK, R. ROBERTSON, C. M. YONGE & R. C. MOORE (Eds.): **Treatise on invertebrate Paleontology**. Part I. Mollusca 1 (Revised): 84-170. The Geological Society of America, Boulder and The University of Kansas Press, Kansas and New York.
- COX, L. R., C. P. NUTTALL & E. R. TRUEMAN, 1969. General features of Bivalvia. In: L. R. COX, N. D. NEWELL, D. W. BOYD, C. C. BRANSON, R. CASEY, A. CHAVAN, A. H. COOGAN, C. DECHASEAUX, C. A. FLEMING, F. HAAS, L. G. HERTLEIN, E. G. KAUFFMAN, M. KEEN, A. LAROCQUE, A. L. MCALESTER, R. C. MOORE, C. P. NUTTALL, B. F. PERKINS, H. S. PURI, L. A. SMITH, T. SOOT-RYEN, H. B. STENZEL, E. R. TRUEMAN, R. D. TURNER & J. WEIR (Eds.): **Treatise on invertebrate Paleontology**. Part N. Mollusca 6: 3-121. The Geological Society of America, Boulder/The University of Kansas Press, Kansas and New York.
- GREENE, V. E., L. J. SULLIVAN, J. K. THOMPSON & W. J. KIMMERER, 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. & F. REINER, 2000. **Moluscos marinhos da ilha de São Vicente (Arquipélago Cabo Verde)**: 1-279. Câmara Municipal de Oeiras, Oeiras.
- HESEL, M. H. R. & N. P. F. JUNIOR, 1989. Algumas espécies de *Aguilera* (Bivalvia) do Albiano Inferior de Sergipe. **Anais do Congresso Brasileiro de Paleontologia** 11: 301-315.
- LEITE, W. A., 1963. Geologia da folha norte de Ranchoraria Pernambuco. **Boletim de Geologia** 3: 58-60.
- MABESOONE, J. M. & I. M. TINOCO, 1973. Palaeoecology of the Aptian Santana Formation (Northeastern Brazil). **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology** 14(2): 97-118.
- MAGALHÃES, J. & S. MEZZALIRA, 1953. **Moluscos fósseis do Brasil**: 1-277. Departamento de Imprensa Nacional, Rio de Janeiro.
- MAURY, C. J., 1924. Fósseis Terciários do Brasil, com descrição de novas formas Cretáceas. **Serviço Geológico e Mineralógico IV**: 1-665.
- MAURY, C. J., 1936. O Cretáceo de Sergipe, Brasil. **Monographias do Serviço Geológico e Mineralógico** 11: 1-283.

- NEUMANN, V. H. & L. CABRERA, 1999. Una nueva propuesta estratigráfica para la tectonosecuencia post-rifte de la Cuenca de Araripe, Nordeste de Brasil. **Boletim do Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil e Simpósio sobre el Cretácico de América del Sur 5/1**: 279-285.
- PCHELINTSEV, V. F., 1953. **Gastropod fauna of the Upper Cretaceous deposits of Transcaucasia and central Asia**: 1-361. Akademiya Nauk SSSR, Geologicheskii Muzei (Seriya Monograficheskaya, n. 1), Moscow.
- PONTE, F. C. & C. J. APPI, 1990. Proposta de revisão da coluna litoestratigráfica da Bacia do Araripe. **Anais do Congresso Brasileiro de Geologia 36(1)**: 211-226.
- PRADO, L. A. C., P. A. PEREIRA, A. M. F. SALES & A. M. F. BARRETO, 2015. Taphonomic and paleoenvironmental considerations for the concentrations of macroinvertebrate fossils in the Romualdo Member, Santana Formation, Late Aptian – Early Albian, Araripe Basin, Araripe, NE, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences 62**: 218-228.
- SALES, A. M. F., M. G. SIMÕES & R. P. GHILARDI, 2001. Ocorrência de Mytilidae (Bivalvia, Mollusca) nos calcários superiores do Membro Romualdo (Formação Santana, Albiano, Bacia do Araripe): implicações paleoecológicas e paleogeográficas. **Simpósio de Geologia do Nordeste 19**: 18-19.
- SÄLGEBACK, J. & E. SAVAZZI, 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: E. SAVAZZI (Eds.): **Functional morphology of the invertebrate skeleton**: 4-13. John Wiley & Sons Ltd., Chichester.
- SAVAZZI, E. & Y. PEIYI, 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.
- SIMONE, L. R. L. & S. MEZZALIRA, 1994. Fossil molluscs of Brazil. **Boletim do Instituto Geológico 11**: 1-202.
- 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., 1952. **Larger invertebrate fossils of the Woodbine Formation (Cenomanian) of Texas**: 1- 226. United States Government Printing Office (USGS Numbered Series, 242), Washington.
- TERRANOVA, M., S. LO BRUTTO, M. ARCULEO & J. MITTON, 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. & F. PARCHASO, 2010. *Corbula amurensis*: conceptual model: 1-39. Geological Survey. Disponível em: <http://www.waterboards.ca.gov/waterrights/water_issues/programs/bay_delta/docs/cmnt081712/srcsd/irvine4thompson.pdf>. Acesso em: 15 abril 2015.
- WENZ, W., 1938-1944. Gastropoda Teil I: Allgemeiner Teil und Prosobranchia. In: O. H. SCHINDEWOLF (Ed.): **Handbuch der Palaeozoologie 6, I**: 948. Verlag Gebrüder Bornträger, Berlin.
- WHITE, C. A., 1987a. On new generic forms of Cretaceous mollusca and their relation to other forms. **Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia 39(1)**: 32-37.
- WHITE, C., 1987b. Contribuições a Paleontologia do Brasil. **Arquivos do Museu Nacional 7**: 1-273.

6.2. ARTIGO 2

**CASSIOPIDAE GASTROPODS, INFLUENCE OF TETHYS SEA OF THE
ROMUALDO FORMATION (APTIAN-ALBIAN), ARARIPE BASIN, BRAZIL**

**GASTRÓPODOS CASSIOPIDAE, INFLUÊNCIA DO MAR DE TETIS NA FORMAÇÃO
ROMUALDO (APTIANO-ALBIANO), BACIA DO ARARIPE, BRASIL**

**PRISCILLA ALBUQUERQUE PEREIRA
RITA DE CÁSSIA TARDIN CASSAB
ALCINA MAGNÓLIA FRANCA BARRETO**



Cassiopidae gastropods, influence of Tethys Sea of the Romualdo Formation (Aptian–Albian), Araripe Basin, Brazil



Priscilla Albuquerque Pereira^{a,*}, Rita de Cassia Tardin Cassab^b,
Alcina Magnólia Franca Barreto^a

^a Departamento de Geologia, Centro de Tecnologia e Geociências, 50740-533, Recife, PE, Brazil

^b Setor de Paleontologia do Museu de Ciências da Terra, Departamento Nacional de Produção Mineral, 22290-240, Rio de Janeiro, RJ, Brazil

ARTICLE INFO

Article history:

Received 19 February 2016

Received in revised form

12 May 2016

Accepted 16 May 2016

Available online 20 May 2016

Keywords:

Cassiopidae family

Gastropods

Tethyan Realm

Early Cretaceous

ABSTRACT

The Cassiopidae family belongs to a group of gastropods of the Tethyan Realm, whose origin and dispersion are related to a transgression of the Tethys Sea during the Early Cretaceous. The Romualdo Formation in the Araripe Basin, located in Northeast Brazil, presents fossil assemblages with echinoids, bivalves and cassioid gastropods, indicating a marine sedimentation at the top of the formation. This research reveals three new species of this fauna: *Gymnentome* (*Craginia*) *beurleni* sp. nov., '*Pseudomesalia*' ('*Pseudomesalia*') *mennessieri* sp. nov. and '*Pseudomesalia*' ('*Pseudomesalia*') *santanensis* sp. nov. We also review two other species: *Craginia araripensis* Beurlen, 1964 and *Gymnentome romualdoi* Beurlen, 1964, which we reclassify taxonomically as *Paraglauconia* (*Diglauconia*) *araripensis* and *Gymnentome* (*Gymnentome*) *romualdoi*, respectively; *Paraglauconia* (*Diglauconia*) *lyrica* Maury, 1936 and *Gymnentome* (*Gymnentome*) *carreozica* Maury, 1936 were the first recorded species in the Araripe Basin. The occurrence of these cassioid gastropod fauna in other basins, such as Sergipe, Potiguar and Parnaíba, indicate the influence of waters coming from the north through the Tethys Sea in the Aptian–Albian and in the marginal continental basins of the Brazilian Northeast.

© 2016 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Contents

| | |
|---|-----|
| 1. Introduction | 211 |
| 2. Location and geology | 212 |
| 3. Materials and methods | 212 |
| 4. Systematic Palaeontology | 212 |
| 5. Tethyan influence on the Aptian–Albian in northeast Brazil | 222 |
| References | 222 |

1. Introduction

The Cassiopidae Kollmann, 1979 are a family of gastropod molluscs presenting turriculate, conical, holostomatous shells, with

apical angles ranging 18°–52° with a rounded cross-section. The stratigraphical distribution of this family ranges from the Barremian to the Maastrichtian, with only one species in the Eocene. Its palaeogeographical distribution is wide, including records in Western Europe, the Middle East, Japan, North Africa, Angola, Madagascar, northern South America, Central America and North America (Mennessier, 1984). According to Morter (1984), cassioids with diverse characteristics are abundant in the Tethyan Realm.

In Brazil, the family Cassiopidae is recorded in the Lower Turonian of the Jandaíra Formation, the Potiguar Basin (Cassab,

* Corresponding author. Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Departamento de Geologia, Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n, Cidade Universitária, 50740-533, Recife, PE, Brazil.

E-mail addresses: palbuquerquep@hotmail.com (P.A. Pereira), rcassab@gmail.com (R.C.T. Cassab), alcinabarreto@gmail.com (A.M.F. Barreto).

2003), the Lower Albian from the Riachuelo Formation of the Seripe Basin (Maury, 1936), the Upper Albian of the Estiva Formation of the Pernambuco Basin (Beurlen, 1964), the Upper Albian Codó Formation of the Parnaíba Basin (Cassab, 2003) and the Lower Albian Romualdo Formation in the Araripe Basin (Beurlen, 1964).

In this work, we present a revised taxonomy of the species *Paraglauconia* (*Diglauconia*) *araripensis* and *Gymnentome* (*Gymnentome*) *romualdoi*; describe the new species *Gymnentome* (*Craginia*) *beurleni* sp. nov., '*Pseudomesalia*' ('*Pseudomesalia*') *mennessieri* sp. nov. and '*Pseudomesalia*' ('*Pseudomesalia*') *santanensis* sp. nov.; and report the first occurrence of *Paraglauconia* (*Diglauconia*) *lyrica* Maury, 1936 and *Gymnentome* (*Gymnentome*) *carregezica* Maury, 1936 from the Cassiopidae family in the Romualdo Formation. Neotypes were designated *Paraglauconia* (*Diglauconia*) *araripensis* Beurlen, 1964 and *Gymnentome* (*Gymnentome*) *romualdoi* Beurlen, 1964 and deposited in the Palaeontology Collection of the Geology Department (DGEO) at the Federal University of Pernambuco (UFPE).

2. Location and geology

Geologically, the Araripe Basin consists of parts of the states of Pernambuco, Ceará and Piauí (Fig. 1A,B), corresponding to a sedimentary basin of about 9000 km² (Assine, 2007). The basin consists of four stratigraphical sequences limited by regional disagreements representing the fragmentary record of the four historic basins that are genetically distinct (Fig. 1C): Palaeozoic (the Cariri Formation), pre-rift (the Brejo Santo and Missão Velha Formations), rift (the Abaiara Formation) and post-rift (subdivided into: I—the Crato, Ipubi and Romualdo Formations; and II—the Araripina and Exu Formations) (Assine, 1992, 2007).

The Romualdo Formation post-rift sequence, in the late Aptian–Albian (corresponding to the Santana Formation of Martill (1993)), is characterized by the presence of stacking transgressive sandstones, interstratified with green shale rich in ostracods, deposited in a mixed-salt coastal environment (Arai and Coimbra, 1990). Towards the top, the shales acquire a darker coloration that is rich in organic matter, containing a level with rich fossiliferous concretions with several species of fish, turtles and pterosaurs. On top of the formation banks lime-rich macroinvertebrates (molluscs, gastropods and equinoids) are deposited, indicating the maximum inundation surface of the post-rift sequence (Assine, 2007). This portion of the stratigraphy is associated with the western portion of the Araripe Plateau in Pernambuco, with significant outcrops in the Araripina, Ipubi and Exu townships (Figs. 1B,C and 2).

3. Materials and methods

The analysed material consists of approximately 300 gastropod specimens, the majority of which have well-preserved shells whilst others are recrystallized, with secondary calcite or consisting only of internal moulds. Approximately 50% of the material was fragmented and missing their primary whorls. Specimens possessing the best morphological preservation were chosen to represent the holotypes and neotypes. These were deposited in the Palaeontology Collection of the Geology Department (DGEO), which is located in the Center of Technology and Geosciences (CTG) at the Federal University of Pernambuco (UFPE).

The specimens were treated with physical and chemical processes. We used a 10% acetic acid solution to remove the majority of the sediments attached to the fossils. Water was used to rinse off the unconsolidated sediment, a process during which tweezers and needles were utilized, allowing for the visualization of the shell's detailed ornamentation. After washing and drying, the material

was analysed and described, using a Zeiss stereoscope.

For the description and identification of the species, we considered the standard measurements at the family level, in accordance with the Mennessier (1984) and Cox (1964) classification scheme: size (small, medium and large), height (H), width (W) and apical angle (A). In the absence of the apical angle, the pre-apical angle (A') was measured where possible. For descriptions of the characteristics considered—the form of the whorls, the apical angle, the number of whorls, sutures, flank, the number of cords, the ornamentation position, growth lines and aperture—(Fig. 3 and Table 1). For species comparison and identification, the following references were used: Stanton (1947), Stephenson (1952), Mennessier (1984), Mennessier and Calzada (1985), Cleavelly and Morris (1988), Buitrón-Sánchez and López-Tinajero (1995) and Banjac et al. (2007).

The classification by Guy Mennessier (1984) was adopted in this work as it corresponds to a review of all Cassiopidae described worldwide and considers the diagnostic characteristics used by Coquand (1865), Cossmann (1909), Douvillé (1921), Fritzsche (1924), Steinmann (1929), Stephenson (1952), Pchelintsev (1953) and Akopian (1976) in the definition of the genera. Mennessier adopted growth line, location and quantity of the sinus by subdividing them into two broad groups. The variety of ornamentation present in shells with a defined genus led to the allocation of subgenera. Mennessier also analysed the evolution of Cassiopidae, permitting inference of patterns of dimension and ornamentation for genera; geographical distribution, permitting recognition of the distribution of the genera and subgenera across the different continents; and ecology, restoring preferential relations of the environment and associated fauna.

The classification by Cleavelly and Morris (1988) was not adopted in this work even though it is more recent and gives an ecological analysis of the family because it includes samples that occur only in Europe, restricting the analysis to only three genera.

Institutional abbreviations UFPE: Federal University of Pernambuco; DGEO: Geology Department; CTG: Center of Technology and Geosciences. CMCT: Collection Earth Science Museum do DNPM: National Department of Mineral Production.

4. Systematic Palaeontology

Phylum Mollusca Linné, 1758

Class Gastropoda Cuvier, 1798

Order Caenogastropoda Cox, 1959

Family Cassiopidae Kollmann, 1979

Genus *Paraglauconia* Steinmann, 1929

Subgenus *Diglauconia* Mennessier, 1984

Type species. *Diglauconia picteti* Coquand, 1863 p. 263, pl. IV, Figs. 6 and 7.

Stratigraphical range. Berriasian–Cenomanian

Geographical range. Germany, France, Portugal, Armenia, Georgia, Lebanon, Tunisia, Mexico, the USA, Brazil and Japan.

Paraglauconia (*Diglauconia*) *araripensis* (Beurlen, 1964) (Figs. 4 and 8A–C).

1964 *Craginia araripensis* Beurlen, p. 21–29, Fig. 4.

1964 *Craginia araripensis* 'Alta' var. Beurlen, p. 27, Fig. 4a.

1964 *Craginia araripensis* 'Lata' var. Beurlen, p. 27, Fig. 4a–c.

Neotype. Height 26 mm, width 12 mm, apical angle 35° (DGEO 7540), an incomplete example with seven whorls, deposited DGEO-CTG-UFPE, Romualdo Formation, Torrinha site, Pernambuco state.

Material. Height 19 mm, width 7 mm, pre-apical angle 35° (DGEO 7541-1); height 19 mm, width 7 mm, apical angle 32°

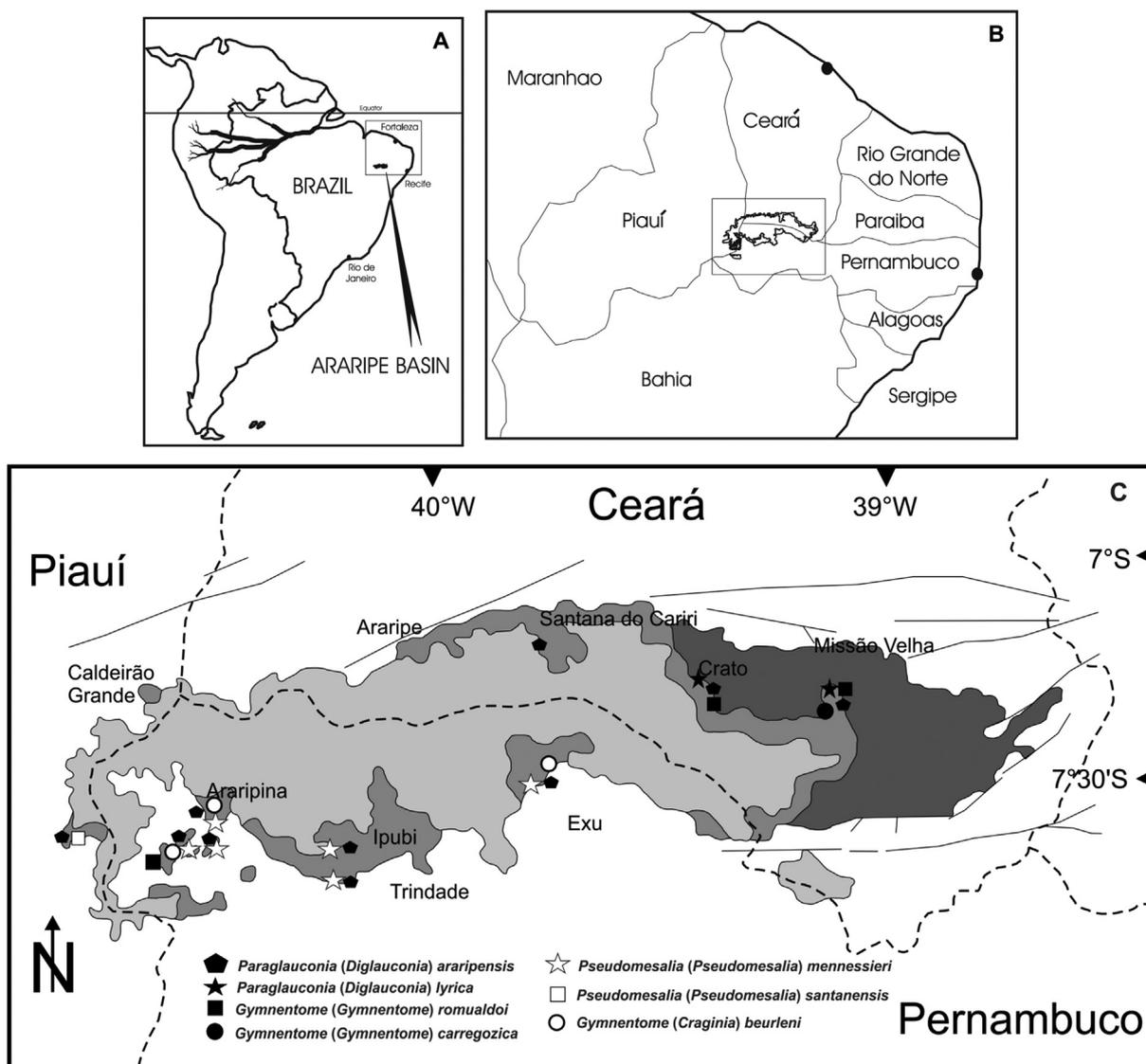


Fig. 1. A, location of the Araripe Basin in South America. B, the Araripe Plateau in Brazil straddling the states of Ceará, Pernambuco and Piauí. C, detail of the Santana Formation on the Araripe Plateau highlighting the localities in this study and the occurrence of the species in locations in the three states that make up the basin (Modified of Assine, 1992; Sales, 2005; Martill, 2007). 2-column.

(DGeo 7541-2); height 16 mm, width 6 mm, apical angle 39° (DGeo 7542-1), height 16 mm, width 5 mm, apical angle 39° (DGeo 7542-2); height 18 mm, width 6,5 mm, apical angle 36° (DGeo 7542-3); height 13 mm (DGeo 7542-4); height 16 mm, apical angle 33° (DGeo 7543-1); height 17 mm, width 6 mm, apical angle 35° (DGeo 7543-2); height 19 mm, width 10 mm, apical angle 34° (DGeo 7544); height 18 mm (DGeo 7545-1); height 22 mm, width 12,5 mm (DGeo 7545-2); height 17 mm (DGeo 7546-1); height 23 mm, width 13 mm (DGeo 7546-2). Romualdo Formation, Torrinha site, Pernambuco.

Occurrence. Cretaceous (Aptian-Albian), Romualdo Formation, Araripe Basin in Pernambuco, Ceará and Piauí states.

Diagnosis. (Cf. Beurlen, 1964, p. 21–29) Apical angles between 20° and 40°, initial whorls contain three fine equidistant spiral cords, main ornamentation with two subequal strings, one above the suture, and another removed by one-quarter of the suture. Suture groove, cords marked by growth lines, well-marked pallial sinus. Oval aperture, holostomatous.

Description. Turriculate conical shell displaying apical angles of

33°–39° and eight to ten whorls, well-marked suture straight to concave flank. Initial whorls with three spiral cords, marked suture and straight flank. Main ornamentation consists of two subequal cords, one cord lies above the suture, the other one third down the suture, slightly concave flank. Opisthocirc sinuous growth lines visible over the cords of the last whorl, well-marked sinus situated one fifth from the posterior flank. Sinuous growing lines at the base, peripheral cord and two to three secondary spiral lines. Holostomatous oval aperture, shallow posterior canal, slim outer lip.

Discussion. According to Beurlen (1964), this species was identified based on 500 well-preserved and identifiable examples with an average size of 30–50 mm from the Romualdo Site in the Crato municipality, Ceará.

Specimens are assigned intraspecific variability based on an apical angle of 20°–32.5° ('Lata' variety) and 32.5°–42.5° ('Alta' variety). A total of 55 specimens were analysed in this study, of which 75% are small in size, not reaching 24 mm, with conical shells and apical angles between 28° and 39°. There is a variation in the thickening of their cords; the most common features are subequal

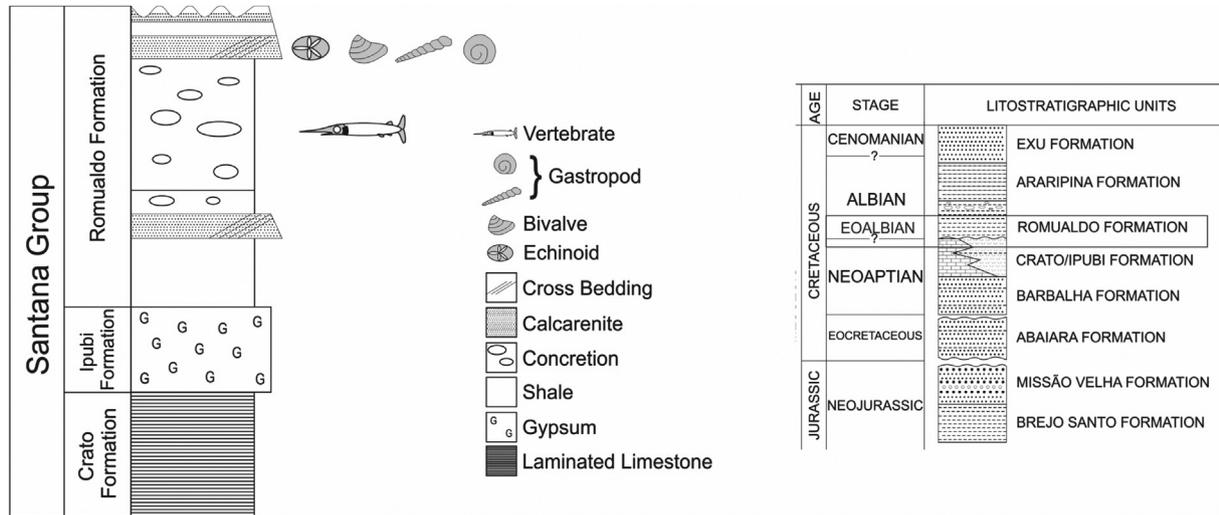


Fig. 2. Schematic profile of the Santana Formation, the Araripe Basin with the presence of invertebrates at the top of the Romualdo Member. Stratigraphical location of the Romualdo Formation in the Lower Cretaceous (Based on Assine, 2007). 2-column.

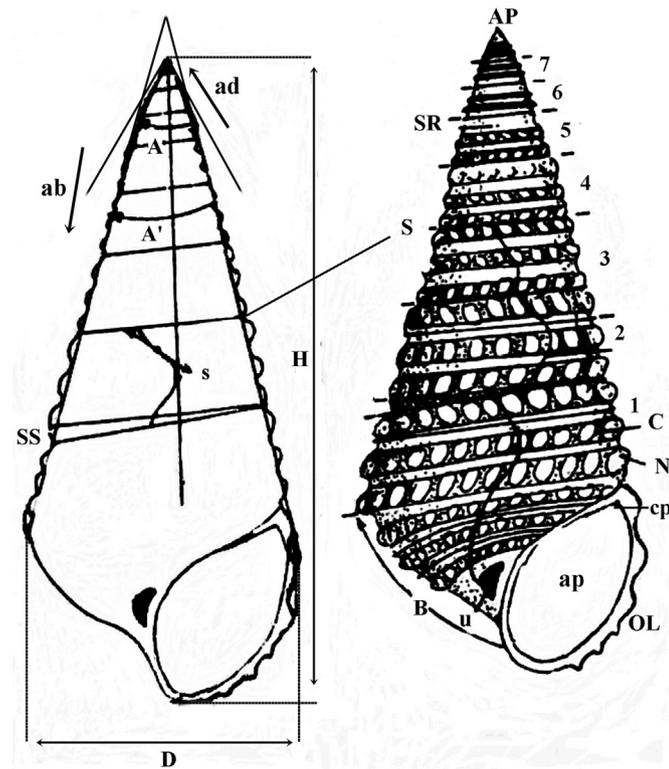


Fig. 3. Shell schematic of Cassiopidae and the terminologies used (based on Mennessier, 1984 and Cox, 1964). The legend refers to the letters shown in the figure, and the other parameters of morphological identification are shown in Table 1. 1.5-column.

cords, a cord near the thicker suture and straight flanks. The apertures have a posterior edge that is slightly sinuous, ovoid and oblique. Most of the specimens have short posterior canals.

In turriculate conical shell specimens, the anterior and posterior cords differ in thickening and are closer, which is common in the specimens collected in Pernambuco. In turriculate and high shell specimens, the distance between the cords is larger, which is a common characteristic of the specimens collected in Ceará.

Table 1

The abbreviations presented refer to terminology used for cassioid gastropods in the identification of morphological characters, measures, direction and size (Fig. 3).

| Morphological characters of the shell | Shell direction |
|---------------------------------------|-------------------------------|
| Apex (AP) | Adapical (Ad) |
| Base (B) | Abapical (Ab) |
| Suture (S) | Shell measures (mm) |
| Cord (C) | Apical Angle (A) |
| Nodule (N) | Subapical Angle (A') |
| Sutural Ramp (SR) | Height (H) |
| Sutural Slope (SS) | Wight (W) |
| Outer Lip (OL) | Size of the shell (mm) |
| anterior cord (ac) | Small size < 24 |
| posterior cord (pc) | medium size 25– 60 |
| aperture (ap) | large size 61– 99 |
| umbilicus (u) | |
| sinus (s) | |
| Number of whorls from the last (1–7) | |

Independent of the variation of the thickening of the cords, all the other characteristics are equal.

Paraglauconia (Diglauconia) lyrice Maury, 1936 and *Paraglauconia (Diglauconia) sergipensis* Maury, 1936 from the Riachuelo Formation (Albian) of the Sergipe Basin are consistent with the characteristics that define the genus and subgenus of the described species (two pronounced ridges, not nodose/previous cord closest to the suture). Unlike *Paraglauconia (Diglauconia) lyrice*, its cords are strongly marked by growth lines like nodules and circular apertures. *Paraglauconia (Diglauconia) sergipensis* has thin strands distant from each other, distinct growth lines and a deep suture in the last whorl. Its base is inflated compared to the other spirals. The specimens described by Beurlen as *Craginia sergipensis* Maury, 1936 and *Craginia lyrice* Maury, 1936 did not present the characteristics found in the specimens described by the author, which differ in their ornamentation of the initial and adult whorls and the description of flank and suture. Analysing the material collected in this study, we verified that the description portrays *Paraglauconia Steinmann, 1929* and subgenus *Diglauconia Mennessier, 1984* without the presence of the sutural shelf, sutural furrow, ornamentation related to neoteny and well-defined growth lines at the base, characteristics which are present in *Craginia Stephenson, 1952*.

Regarding the North American species, *Craginia turiformis*

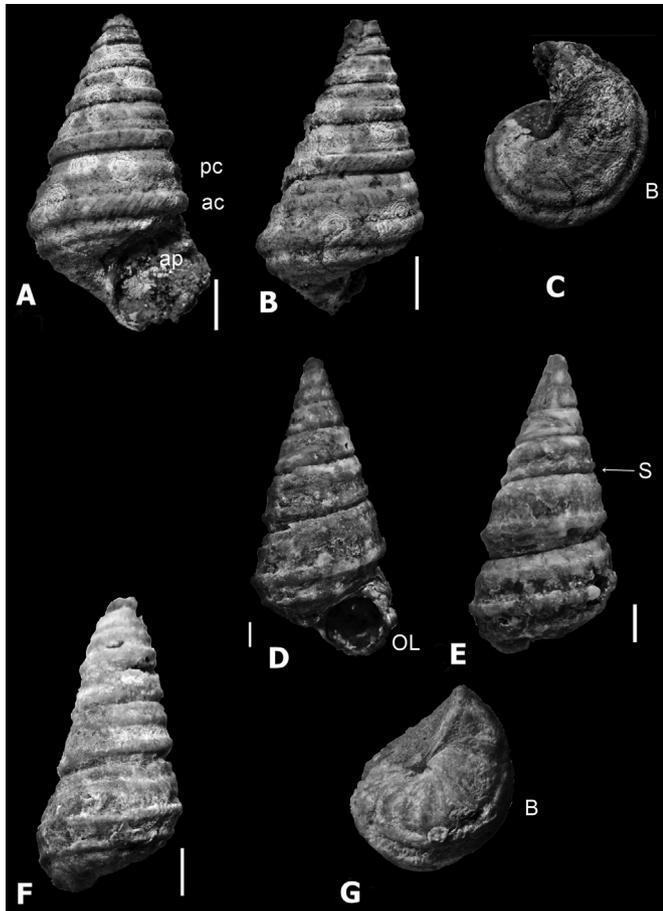


Fig. 4. A–C (UFPE-7540) *Paraglauconia* (*Diglauconia*) *araripensis*. A–B, anterior cord (ca), posterior cord (pc). C, peripheral cord at the base (B); D–E (UFPE-7522-1) *Paraglauconia* (*Diglauconia*) *lyrica*. D, round aperture, thick outer lip (OL). E, false nodules in the anterior cord. F–G (UFPE-7521-3) *Paraglauconia* (*Diglauconia*) *lyrica*. Last round whorl, concave base. Scale 1 cm. 2-column.

Stephenson, 1952 (Cenomanian) from Texas differs from *Paraglauconia* (*Diglauconia*) *araripensis* in the positioning of its spiral cords, which are close to half of the flank. Sutures are marked and deep, with circular aperture. The Cenomanian species of Texas was reclassified by Mennessier (1984) as *Gymnentome* (*Craginia*) *turriiformis* Stephenson, 1952 because it presented different characteristics from the genus *Paraglauconia*.

Remarks. The material used by Beurlen (1964) to describe the species was not found in the Paleontological Collection of the DGE of the UFPE, and these species were not identified in the book of toppling or photos; therefore, we designated a neotype, to formally describe and illustrate the species.

Paraglauconia (*Diglauconia*) *lyrica* Maury, 1936 (Figs. 4D–G and 8D–F)

1936 *Paraglauconia lyrica* Maury; p. 210, pl. 12, Fig. 11.

1964 *Craginia lyrica* Beurlen; p. 14–17, Fig. 1b.

1984 *Paraglauconia* (*Diglauconia*) *lyrica* Menessier; p. 19–20, est. 2, Fig. 42.

Holotype. Height 35 mm, width 16 mm (DGM 1196 – 1) deposited in the CMCT of the DNP, Riachuelo Formation, Engenho Lyra, Sergipe state.

Materials. Height 32 mm, width 12 mm, apical angle 27° (DGE 7520); height 31 mm, width 14 mm, apical angle 30° (DGE 7521-

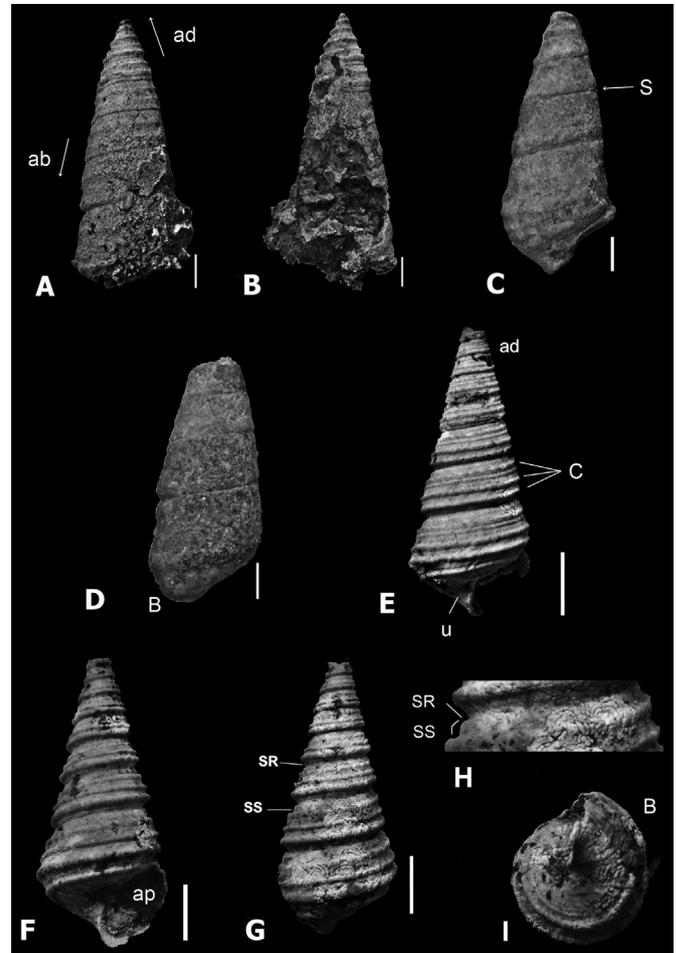


Fig. 5. A–B (UFPE-7526) *Gymnentome* (*Gymnentome*) *romualdoi*. Cords in the initial whorls, adapical (ad) marks cords in the adult whorls, abapical (ab); C, (UFPE-7528-2) D (7528-3) *Gymnentome* (*Gymnentome*) *carregozica*. Suture flush, smooth whorl; E (7537-1) '*Pseudomesalia*' ('*Pseudomesalia*') *mennessieri* sp. nov. Initial whorls (ad) with four cords (C) three cords in adult whorls (ab), shallow umbilicus (u); F–I (UFPE-7538-1) '*Pseudomesalia*' ('*Pseudomesalia*') *mennessieri* sp. nov. F, aperture (ap) oval and oblique, thin outer lip (OL); G–H, suture impressed limited by an anterior sutural ramp (SR) and sutural shelf posterior (SS) to the same suture. I, plan base, with two to three accessories cords. Scale 1 cm 2-column.

1); height 29 mm, width 13 mm, apical angle 27° (DGE 7521-2); height 34 mm, width 14 mm, apical angle 28° (DGE 7521-3); height 28 mm, width 12 mm, apical angle 32° (DGE 7522-1); height 23 mm, width 10 mm, apical angle 26° (DGE 7524-1); height 20 mm, apical angle 26° (DGE 7524-2); height 19 mm (DGE 7524-3); height 11 mm (DGE 7524-4); height 26 mm, width 12 mm, apical angle 29° (DGE 7525-1); height 30 mm, width 12 mm (DGE 7525-2); height 28 mm, width 12 mm (DGE 7525-3); height 24 mm, width 13 mm (DGE 7525-4) deposited in DGE-CTG-UFPE.

Occurrence. Cretaceous (Aptian–Albian) the Araripe Basin, Romualdo Formation in outcrops in the Ceará and Pernambuco states; Cretaceous (Albian) the Sergipe Basin, Riachuelo Formation in outcrops in the Sergipe states.

Emended description. Conical elevated turriculate shell, displaying apical angles between 26° and 32°, eight whorls. Suture grooved, with a slightly concave flank, initial whorls with two spiral cords near the sutures, main ornamentation with two spiral cords, a cord above the suture, and another, remote one third suture, the space between the cord's whorl increases with the growth of the

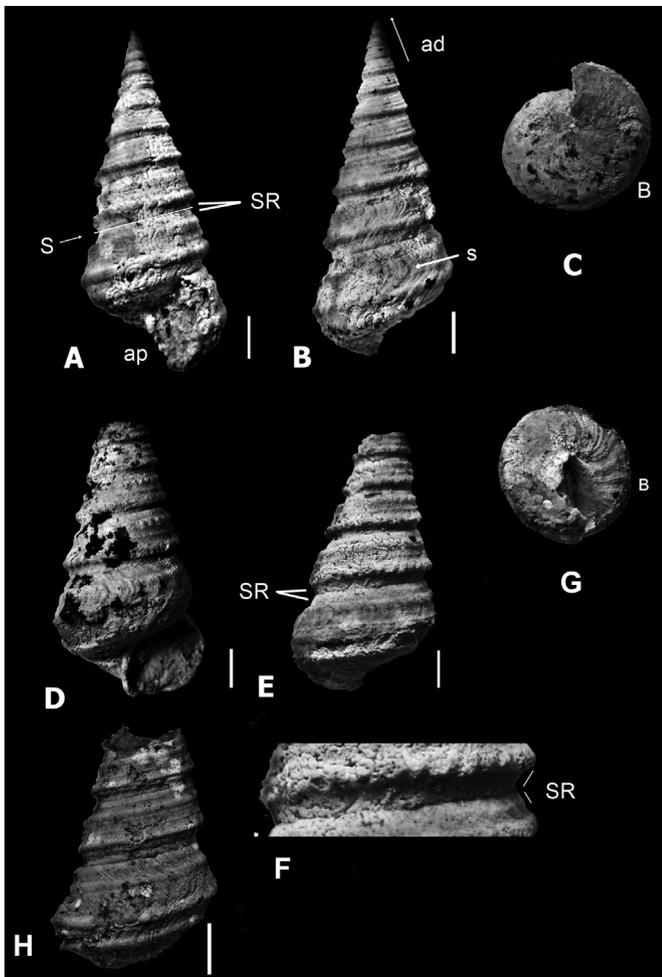


Fig. 6. A–C (UFPE-7529) *Gymnentome (Craginia) beurleni* sp. nov. **A**, aperture (ap) oval and oblique. **B**, initial whorls (ad) with four cords, growth lines well marked in the last whorls and sinus (s) in the middle of the flank. **C**, base (B); **D–F** (UFPE-7531-1) *Gymnentome (Craginia) beurleni* sp. nov. **D**, tenuous secondary cord between the main ones. **E**, convex sutural ramps (SR) oriented suture. **F**, sinuous growth lines in basis (B). **G–H** (UFPE-7530-2) *Gymnentome (Craginia) beurleni* sp. nov. Convex sutural ramps (SR) oriented suture (S), sutural cords in the last whorls and tenuous secondary cord between the main ones. Scale 1 cm. 2-column.

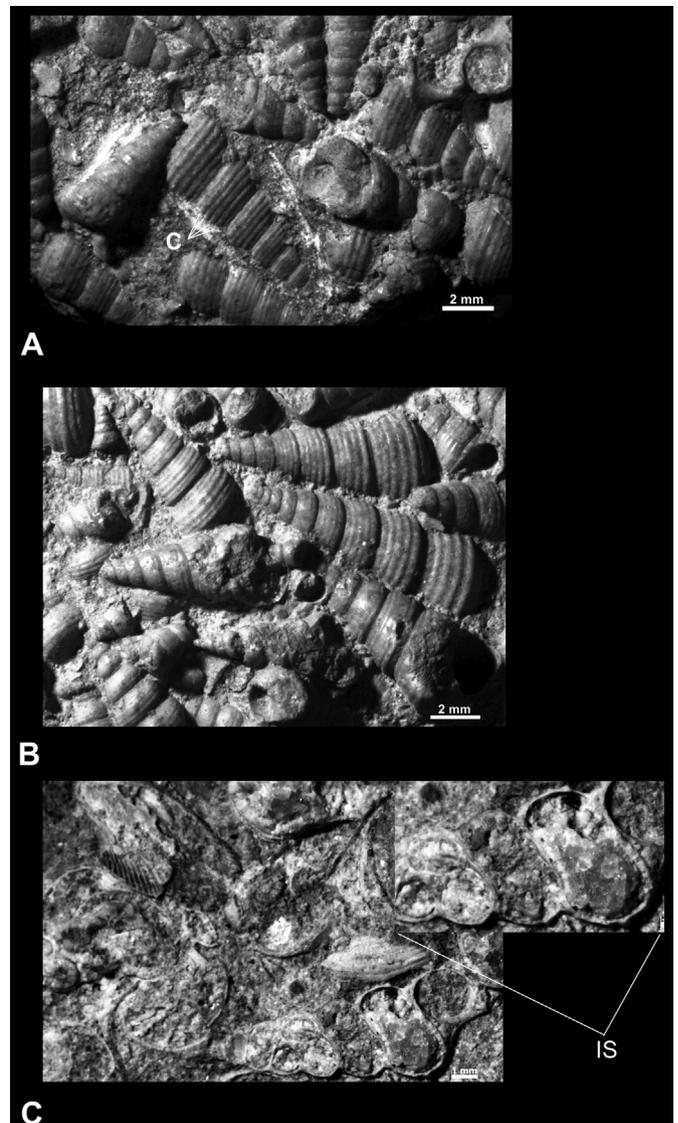


Fig. 7. A–C (UFPE 1042). '*Pseudomesalia*' (*Pseudomesalia*) *santanensis* sp. nov. **A**, four cords (C) with equidistant spirals. **B**, aperture subcircular (ap), thick lips (OL). **C**, longitudinal section exposing internal structure (IS) whorls. 2-column.

shell. Suture well marked, with a concave flank, sinuous growth lines marking all shell cords, form false nodules. Suture is grooved close to the base, elevated base, sigmoidal growth lines well marked, peripheral cord and two internal secondary spiral lines. Holostomatous circular aperture, thick outer lip.

Discussion. We analysed 30 specimens, most of which were recrystallized, and few revealed ornamentation. Maury (1936) described this species based on fragmented shells; some were compressed without preserving an aperture but retained ornamentation characteristics (*Holotype*).

The described species is similar to *Paraglauconia (Diglauconia) peruana* Fritzsche, 1924 and *Paraglauconia (Diglauconia) steinmanni* Mennessier, 1984 (Barremian) of Peru. Different species did not present true nodules or secondary spiral cords along the main cords.

Mennessier (1984) classified a new species *Paraglauconia (Diglauconia) angolensis* in the Albian of Angola, which were identified initially as *Glauconia* aff. *kefersteini*, and differ from *Paraglauconia (Diglauconia) lyricea* by presenting two flat thick definitive ornamentation cords, both near the suture and far beyond twice its

thickness. The specimens reflect the diagnostic characteristics of the species, and mark the first occurrence of *Paraglauconia (Diglauconia) lyricea* Maury, 1936 in the Araripe Basin.

Genus *Gymnentome* Cossmann, 1909

Subgenus *Craginia* Stephenson, 1952

Type species. *Craginia turiformis* Stephenson, 1952, p. 155, pl. 36, Figs. 30–36.

Stratigraphical range. Upper Halterivian–Lower Barremian–Upper Coniacian.

Geographical range. Austria, Spain, Great Britain, Yugoslavia, Lebanon, Mexico and the USA.

Gymnentome (Craginia) beurleni sp. nov.

(Figs. 6A–H and 9D–E)

Holotype. Height 19 mm, width 5 mm, apical angle 25° (DGE0 7529), complete example with 12 folds deposited in the Palaeontology Collection of the DGE0-CTG-UFPE. Cretaceous (Aptian–

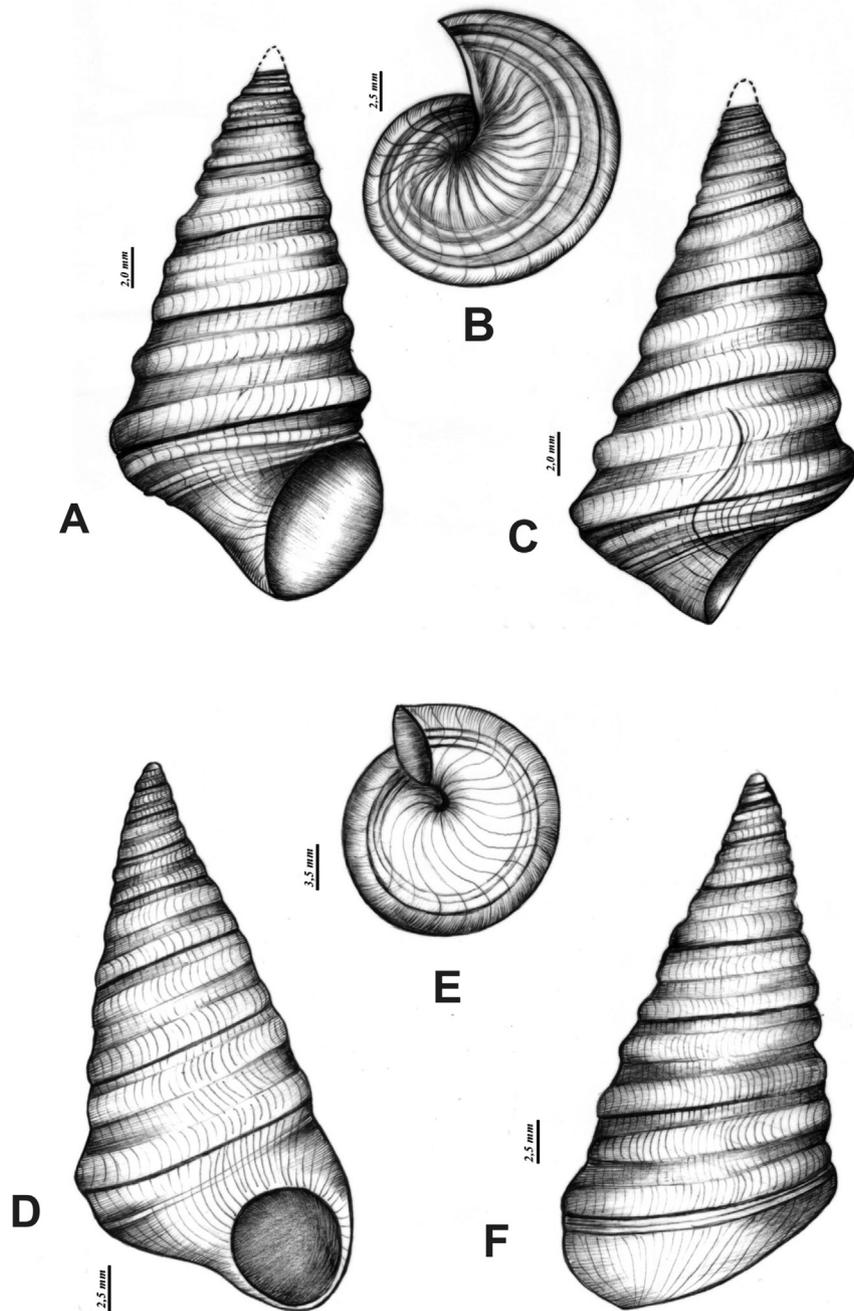


Fig. 8. Illustrations of the identified species highlighting the morphological characteristics. **A–C,** *Paraglauconia (Diglauconia) araripensis*; **D–F,** *Paraglauconia (Diglauconia) lyrica*. 1.5-column.

Albian), Romualdo Formation, Torrinha site, Araripina municipality, Pernambuco.

Paratypes. Height 15 mm, width 7 mm, pre-apical angle 29° (DGEO 7530-1); (DGEO 7530-2); (DGEO 7530-3); (DGEO 7530-4); (DGEO 7531-4) absente initial whorls and base; width 10 mm (DGEO 7531-1); width 9 mm (DGEO 7531-2); width 8 mm (DGEO 7531-3).

Ocorrence. Cretaceous (Aptian-Albian), Romualdo Formation, Torrinha site, Araripina municipality, Pernambuco.

Etymology. Designated as homage to Professor Karl Beurlen, researcher of the Cassiopidae family in the Araripe Basin.

Diagnosis. Apical angle 25° – 30° , imbricated whorls. Ornamentation persists over the shell, two fine cords secondary to the

large ones. Impressed suture, limited by the anterior and posterior sutural ramp oriented to the same suture. Elliptical aperture, holostomatous, short posterior canal, slim outer lip.

Description. Conical turriculate shell, apical angle 25° – 30° , small size, ten whorls. Suture impressed, imbricated whorls, initial whorls with persistent ornamentation. Four fine spiral cords of non-nodes, equidistant, main ornamentation two subequal spiral cords, thick and fine secondary cords, located between the main ones. Suture impressed, limited by convex suture ramps of the same suture, slightly convex flank. Sinuous growth lines, opisthocyrt, mainly visible in the last three whorls and base, deep sinus. Base with a cord in the periphery, weak, lightly marked secondary lines. Aperture oblique oval, holostomatous, thick internal lip, fine

outer lip following the sinuous lines of growth, short posterior canal.

Discussion. *Craginia* Stephenson, 1952 was a genus designated to define American neotenes of *Gymnentome* Cossmann, 1909. In *Gymnentome*, the initial whorls present two to three clear cords that disappear as the shell grows or remain only as light marks or concavities in the middle of the flank. In *Craginia*, this initial ornamentation continues in the adult whorls, maintaining the general characteristics of size, apical angle and form related to *Gymnentome*. Mennessier's classification therefore adopts *Craginia* as a subgenus of *Gymnentome*.

Although complete specimens were rare, there were many teleoconches and they formed a distinctly complete set. The two inner spiral cords are not present in all specimens, sometimes they were tenuous and difficult to visualize when only one could be seen.

The species *Gymnentome* (*Craginia*) *turriiformis* Stephenson, 1952, from Cenomanian in Texas is similar to the species described here, presenting inclined ramps convex to the suture bands. It differs by the positioning of the main cords located in the middle of the whorl and is limited by a cord removed from the anterior suture, the other cord is removed from the posterior suture. It also has an umbilical, circular aperture.

Beurlen (1964) refers to a shell fragment with three terminal whorls in the Jandaíra Formation, Potiguar Basin, which he identified as *Craginia* sp. cf. *turriiformis* Stephenson, 1952. Due to these divergent characteristics, *Gymnentome* (*Craginia*) *beurleni* sp. nov. represents a new species of the Cassiopidae family.

Subgenus *Gymnentome* Cossmann, 1909

Stratigraphical range. Berriasian–Valanginian–Campanian.

Geographical range. Austria, Spain, France, Bulgaria, Hungary, Italy, Switzerland, Volga, Caucasus, Armenia, Japan, Lebanon, Mexico and the USA.

Gymnentome (*Gymnentome*) *carregezica* (Maury, 1936)
(Figs. 5C,D and 9C)

1936 *Turritella carregezica* Maury; p. 204, pl. 12, Fig. 15.

1964 *Gymnentome carregezica* Beurlen; p. 30, Fig. 6a.

Holotype. Height 50 mm, width 16 mm (DGM 1187–1) deposited in the CMCT of the DNPM, Riachuelo Formation, Engenho Lyra, Sergipe state.

Materials. Height 38 mm, width 14 mm, pre-apical angle 36° (DGEO 7528-1); height 37 mm, width 14 mm, pre-apical angle 35° (DGEO 7528-2); width 13 mm (DGEO 7528-3); height 37 mm, width 14 mm (DEGEO 7528-4); deposited in the Palaeontology Collection of the DEGEO-CTG-UFPE.

Occurrence. Romualdo Formation, Pinheiro site, Missão Velha municipality, Ceará.

Description. Turriculate conical shell, elevated apical angle 36°, medium-sized, larger exemplar presenting seven whorls. Absent initial whorls, smooth teleoconch, descendants. Suture flush, straight flank, growth lines not observed, cylindrical base, with three cords on the periphery. Circular aperture.

Discussion. These specimens are poorly preserved, only two are almost complete, and there is an absence of initial whorls. Nevertheless, it is possible to see the typical characteristics of this species, such as a slender structure, straight flanks and no cords, and a cylindrical base. Maury (1936) identified this species as *Turritella carregezica*, however, the characteristics presented differ from the genus, corroborating instead with *Gymnentome*.

Beurlen (1964) described complete specimens collected in the cities of Riachuelo, Orange and Divina Pastora in Sergipe. The author describes the initial whorls, presenting three smooth spiral

lines that are equidistant. In the fifth whorl, the ornamentation disappears and the whorl becomes smooth, with flanks and flat whorls that form a slightly concave shape. The characteristics of the adult whorls are mainly basic, which confirms the species described by Maury (1936).

Gymnentome (*Gymnentome*) *romualdoi* Beurlen, 1964.
(Figs. 5A–B and 9F)

1964 *Gymnentome romualdoi* Beurlen; p. 34, Fig. 7.

Neotype. Height 40 mm, width 17 mm, apical angle 35° (DGEO 7526), incomplete example with nine whorls deposited in the Palaeontology Collection of the DGEO-CTG-UFPE. Romualdo Formation, Torrinha site, Araripina municipality, Pernambuco.

Material. Height 34 mm, apical angle 30° (DGEO 7561-1); height 36 mm, apical angle 30° (DGEO 7561-2); height 37 mm, width 15 mm, pre-apical angle 31° (DGEO 7561-3) deposited in the Palaeontology Collection of the DGEO-CTG-UFPE. Romualdo Formation, Pinheiro site, Missão Velha municipality, Ceará.

Diagnosis. (Cf. Beurlen, 1964, p. 34–37) Initial whorls with three fine cords, concave flank, main ornamentation with two fine cords, tenuous, straight flank, suture. Base with two weak spiral lines, holostomatous oval aperture.

Description. Conical shell turriculate, apical angle of 30°–35°, medium-sized, largest specimen with nine whorls. Initial whorls with three smooth cords, tenuous median cord, concave flank of the first whorls, flush suture. Teleoconch with two tenuous cords in the third anterior and posterior, flank straight, flush suture. Growth lines not observed, absent base.

Discussion. Rare in the fossil record, there were only 20 specimens collected by Beurlen (1964). Specimens are recrystallized, making it impossible to see the ornamentation details. At the base of one specimen, one can see three lightly marked lines. Only two specimens present a preserved holostomatous aperture.

Gymnentome (*Gymnentome*) *romualdoi* is distinguished from *Gymnentome* (*Gymnentome*) *carregezica* by its many lower whorls and less rounded base. The ornamentation of the initial whorls is the most marked and can be observed by the larger number of spirals, showing great similarity to the North American species, especially *Gymnentome* (*Gymnentome*) *valida* Stephenson, 1952 in the Woodbine Formation, Cenomanian, *Gymnentome* (*Gymnentome*) *paluxyensis* Stanton, 1947 and *Gymnentome* (*Gymnentome*) *hyatti* Stanton, 1947 from the Comanchean in Texas.

Gymnentome (*Gymnentome*) *valida* differs from *Gymnentome* (*Gymnentome*) *romualdoi* by presenting a central cord and a slight elevation on the flank, just behind the anterior suture, which also corresponds to *Gymnentome* (*Gymnentome*) *hyatti* Stanton, 1947 where the elevation is more visible. *Gymnentome* (*Gymnentome*) *paluxyensis* most closely matches the species in Araripina Basin due to its high spiral, but differs by its middle stay line in the initial whorls to the last whorl that forms a slight elevation, reflecting a slight convexity on its flanks.

Genus '*Pseudomesalia*' Douvillé, 1916

Subgenus '*Pseudomesalia*' Douvillé, 1916.

Type species. *Pseudomesalia deserti* Douvillé, 1916, p. 141, pl. 12, Figs. 9–12.

Stratigraphical range. Barremian–Upper Santonian.

Geographical range. Bulgaria, France, Portugal, Romania, Armenia, Georgia, Egypt and Pakistan.

'*Pseudomesalia*' ('*Pseudomesalia*') *mennessieri* sp. nov.

(Figs. 5E–I and 9A–B)

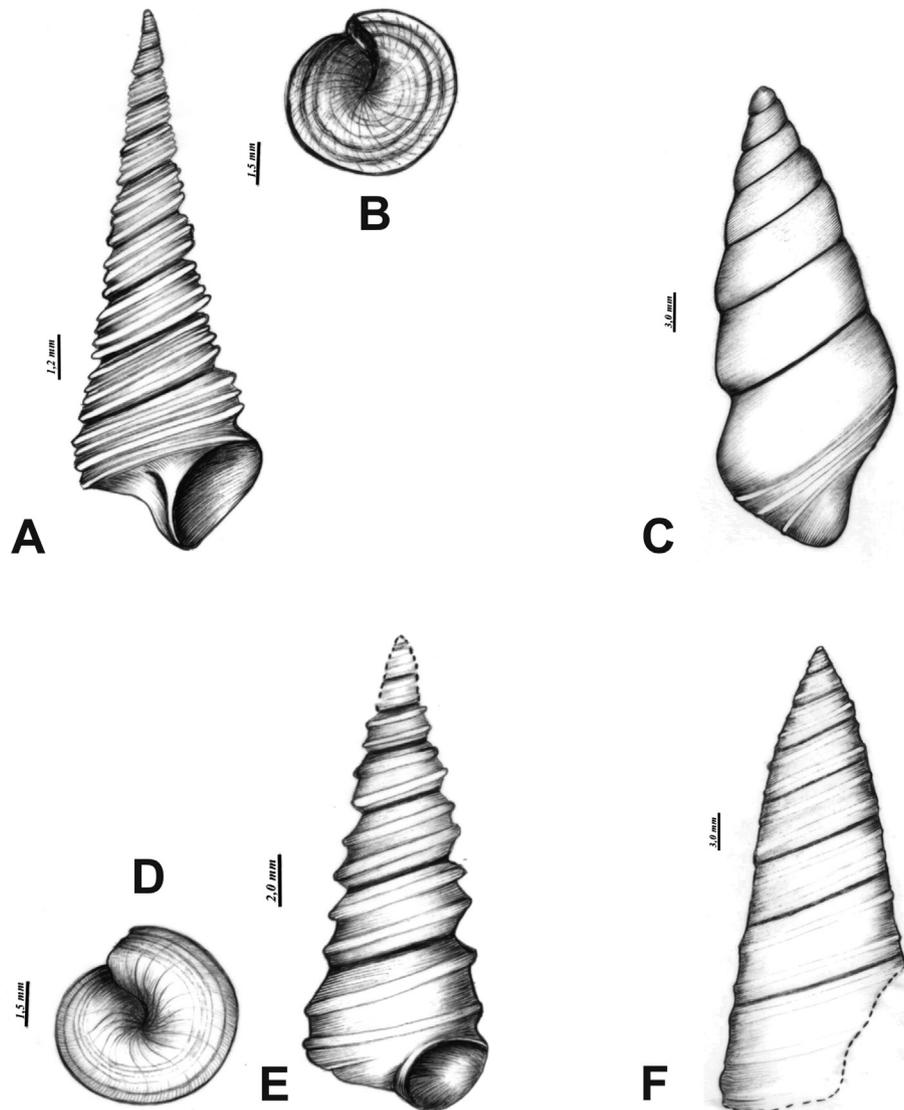


Fig. 9. Illustrations of the identified species highlighting the morphological characteristics. **A–B,** *'Pseudomesalia' ('Pseudomesalia') menessieri* sp. nov.; **C,** *Gymnentome (Gymnentome) carregoizica*; **D–E,** *Gymnentome (Craginia) beurleni* sp. nov.; **F,** *Gymnentome (Gymnentome) romualdoi*. 1.5-column.

Holotype. Height 26 mm, width 9 mm, apical angle 26° (DGeo 7537-1), incomplete example with eight whorls deposited in the Palaeontology Collection of the DGEO-CTG-UFPE. Romualdo Formation, Torrinha site, Araripina municipality, Pernambuco.

Paratypes. Height 20 mm, width 6 mm, apical angle 24° (DGeo 7535); height 16 mm, width 5 mm, apical angle 25° (DGeo 7536-1); height 20 mm, width 6 mm, apical angle 24° (DGeo 7536-2); height 26 mm, width 9 mm, apical angle 26° (DGeo 7537-1); height 25 mm, width 7 mm, apical angle 27° (DGeo 7537-2); height 20 mm, width 7 mm, apical angle 21° (DGeo 7538-1), height 23 mm, width 7 mm, apical angle 21° (DGeo 7538-2) deposited in the Palaeontology Collection of the DGEO-CTG-UFPE.

Ocorrence. Cretaceous (Aptian-Albian), Romualdo Formation, Torrinha site, Araripina municipality, Pernambuco.

Etymology. Denominated as homage to Guy Menessier, a French paleontologist who studied the Cassiopidae family.

Diagnosis. Imbricated whorls; initial whorls with four fine spiral cords, adult whorls with three main spiral cords, presence or absence of secondary cords; suture impressed limited by an anterior sutural ramp and sutural shelf posterior to the same suture.

Description. Turrilic conical shell, holostomatous, apical angle of 21°–27°, 10–14 imbricated whorls, initial whorls fine and smooth, with four cords. Main ornamentation with three cords, a cord above the suture, the next one-third removed from the anterior suture, and a third tenuous cord, one-quarter removed from the posterior suture. The secondary cord can appear between the main cords, suture impressed limited by an anterior ramp sutural and posterior sutural shelf of two consecutive whorls, slightly convex flank. Sinuous growth lines, visible by marking the cords of the last whorl. Plan base, with two to three accessories cords, shallow umbilicus oval and oblique aperture, thick internal lip, fine outer lip, short posterior canal.

Discussion on use of genus. Douvillé (1916) created the genus *'Pseudomesalia'* for Albian specimens from Egypt that presented an elongate, conical shell and similar whorls to *Mesalia*, but differed in that they had fewer whorls, the presence of a small umbilicus, and thick internal shell walls with rounded internal whorls, separate from each other. Pchelintsev (1953) observed that the genera *Glauconia* (= *Gymnentome*), *Pseudoglauconia*, *Paraglauconia* and *'Pseudomesalia'* presented a special combination of characters that

assured the creation of an independent family, proposing Glauconiidae for these genera. The family Cassiopidae Kollmann, 1979 replaced Glauconiidae Pchelintsev, 1953 as this name was already in use, thus allocating 'Pseudomesalia' to the family Turritellidae.

In the classification proposed by Mennessier (1984), approximately 40 species of the genus distributed in various locations worldwide were compiled and reviewed. These have already been identified, described and illustrated by various authors, such as Pchelintsev (1953), Mahmoud (1955), Akopian (1976), Sharpe (1950), Mennessier (1984) and Donvillé (1916) himself, who, in the original diagnosis for 'Pseudomesalia', highlighted the diagnostic characteristics of the family Cassiopidae. Thus, its removal from the taxon is not justified.

Besides the systematic localisation, the genus has problems in relation to its name, since according to Bouchet and Rocroi (2005) the genus 'Pseudomesalia' Donvillé, 1916 is considered a Junior homonymous genus of 'Pseudomesalia' Ganglbauer, 1900 (subgenus of Coleoptera). According to the International Code of Zoological Nomenclature—[23.3.5] *The Principle of Priority requires that if a name in use for a taxon is found to be unavailable or invalid it must be replaced by the next oldest available name from among its synonyms, including the names of the contained taxa of the same group (e.g. subgenera within genera), providing that name is not itself invalid. If the rejected name has no potentially valid synonym a new substitute name (see Article 60.3) must be established in its place.* The genus

does not present a valid synonym or subgenus but the type species for both is defined by the species *Pseudomesalia deserti* Douvillé (1916). At present, we prefer to not give a new name to the genus because we believe that a detailed review of the taxon is necessary, given that the investigation relates not only to the name but also to the systematic localisation of this genus.

Furthermore, the International Code of Zoological Nomenclature [Art. 23.9.5] When an author discovers that a species-group name in use is a junior primary homonym (Art. 53.3) of another species-group name also in use, but the names apply to taxa not considered congeneric after 1899, the author must not automatically replace the junior homonym; the case should be referred to the Commission for a ruling under the plenary power and meanwhile prevailing usage of both names is to be maintained (Art. 82). Thus, because *Pseudomesalia* (*Pseudomesalia*) has not undergone taxonomic revision, since the last publication was by Mennessier (1984), in this work we used 'Pseudomesalia' (Bengtson, 1988) sensu Mennessier (1984), reiterating the need for a systemic review at the family level and the allocation of a new name for the genus.

Discussion. The specimens are well preserved, hardly fragmented, with apertures and visible ornamentation. In some specimens, it is possible to observe the presence of a tenuous secondary cord. The species that most resembles the Araripe is 'Pseudomesalia' ('Pseudomesalia') *tenuicostata* Akopian, 1976, which occurs in Armenia between the Upper Cenomanian and the Lower Turonian.

Table 2
Records of the presence of many fossil organisms in the basins of northeastern Brazil with Tethyan affinities (based on literature review accomplished by Arai, 2014).

| Basin/Formation (Age) (BCMBs) | Taxon |
|--|--|
| Almada/Algodões (Aptian-Albian) | Dinoflagellates * <i>Subtilisphaera</i> Ecozone |
| São Luís/Codó (Aptian) | Dinoflagellates (Arai et al., 1994) * <i>Subtilisphaera</i> Ecozone |
| Ceará/Paracuru (Aptian-Albian) | Dinoflagellates (Regali, 1989) * <i>Subtilisphaera</i> Ecozone |
| Potiguar/Alagamar (Aptian) | Dinoflagellates (Arai et al., 1994) * <i>Subtilisphaera</i> Ecozone |
| Parnaíba/Codó (Aptian) | Dinoflagellates (Antonioli and Arai, 2002) * <i>Subtilisphaera</i> Ecozone Crustaceans ((Lindoso et al., 2013) * Family Archaeoniscidae (Order Isopoda) <i>Codoisopus brejensis</i> . Reptiles: Turtles (Batista and Carvalho, 2007) * <i>Araripemys barreto</i> |
| Sergipe/Riachuelo (Aptian-Albian) | Foraminifera * <i>Globigerinelloides aptiensis</i> , <i>G. barri</i> , <i>G. blowi</i> , <i>G. ferreolensis</i> , <i>G. maridalensis</i> , <i>Hedbergella labocaensis</i> , <i>H. maslakovae</i> , <i>H. semielongata</i> and <i>H. similis</i> . Molluscs: Bivalves * <i>Myophorella coqueiroensis</i> (Hessel, 2005); <i>Neithea alpina</i> , <i>N. coquandi</i> and <i>N. hispânica</i> (Andrade et al., 2004). Molluscs: Gastropods (Maury, 1936) * <i>Gymnentome carregoza</i> , <i>Paraglauconia sergipensis</i> , <i>Paraglauconia lyrica</i> Molluscs: Cephalopods (Bengtson et al., 2007). * <i>Epicheloniceras</i> cf. <i>martinioides</i> , <i>Vectisites simplex</i> and <i>V. cf. cruzi</i> Fishes (Silva-Santos, 1991). * <i>Cladocyclus gardneri</i> , <i>Neoproscinetes penalvai</i> , <i>Notelops brama</i> , <i>Rhacolepis buccalis</i> , <i>Tharrhias araripis</i> and <i>Vinctifer comptoni</i> |
| Araripe/Romualdo and Crato (Aptian-Albian) | Dinoflagellates (Arai et al., 1994) * <i>Subtilisphaera</i> Ecozone Echinoids (Manso and Hessel, 2007, 2012) * <i>Bothryopneustes araripensis</i> , <i>Douvillaster benguelensis</i> , <i>Hemiaster proclivus</i> and <i>Pygurus tinocoi</i> . Crustaceans (Pinheiro et al., 2015) * Superfamily Penaeoidea/Order Decapoda) <i>Paleomattea deliciosa</i> and <i>Araripenaeus timidus</i> . Molluscs: Gastropods (Beurlen, 1964) ** <i>Craginia araripensis</i> and <i>Gymnentone romualdoi</i> Fishes * Family Araripichthyidae: <i>Araripichthys castilhoi</i> (Maisey and Moody, 2001) * Subfamily Vidalamiinae, Family Amiidae: <i>Cratoamia gondwanica</i> (Brito et al., 2008) Reptiles: Turtles (Price, 1973) * <i>Araripemys barreto</i> and <i>Santanachelys gaffneyi</i> . |
| Tucano/Marizal (Aptian) | Fishes * Subfamily Rubiesichthyinae, Family Amiidae: <i>Nanaichthys longipinnus</i> |
| Camamu/Algodões (Albian-Cenomanian) | Molluscs: Bivalves * <i>Neithea alpina</i> and <i>N. coquandi</i> (Andrade et al., 2004). |

It differs from *'Pseudomesalia'* (*'Pseudomesalia'*) *menessieri* sp. nov. by its whorls, which are more imbricated and pupiform, its shallow suture and its cord accessories, which are interspersed in the main cord. *'Pseudomesalia'* (*'Pseudomesalia'*) *trilineata* of the Upper Albian of the Moghara Massif, Egypt, despite presenting three cords in the main ornamentation, is separated by shelves: a smooth shelf between the anterior cords and two posterior cords, and the posterior cords separated from the suture by a second shelf. Due to the thickness of the sutural shelves, this species is more slender than the one described in this work. *'Pseudomesalia'* (*'Pseudomesalia'*) *tricarinata* Akopian, 1976 of the Upper Cenomanian of Armenia differs in the presence of three nodulous, equidistant cords in the main ornamentation and a posterior cord separated from the suture by secondary cords. The whorls are more overlapping with a short sutural shelf on the posterior portion only. In neither case were the initial whorls of the base preserved.

In Brazil, there is only one record of the *'Pseudomesalia'* genus in the Lower Turonian of the Potiguar Basin, Rio Grande do Norte. This specimen was previously classified as *'Pseudomesalia'* (*'Pseudomesalia'*) sp. a., with few described characteristics, highlighting an ornamentation composed of four equal spiral cords and equidistant, slightly concave and imbricated whorls (Cassab, 2003). According to these characteristics, it differs from the species described in this work.

'Pseudomesalia' (*'Pseudomesalia'*) *santanensis* sp. nov.
(Fig. 7A–C)

Holotypes. Height 9,8 mm, width 4,2 mm (DGeo 1042), complete specimens with ten whorls, deposited in the Palaeontology Collection of the DGeo–CTG–UFPE. Romualdo Formation, Casa de Pedra site, Ipubi municipality, Pernambuco.

Paratypes. Height 8,1 mm, width 3,1 mm (DGeo 1042-1).

Occurrence. Araripina, Ipubi and Exu, municipalities of Pernambuco.

Etymology. Designated according to the geological formation in which it was collected.

Diagnosis. Four cords with equidistant spirals, two peripheral spiral cords at the base, subcircular aperture, thick lips.

Description. Conical shell, small, thick with ten whorls. Distinct sutures, flattened sides. Ornament consists of four cords with

equidistant spirals, growth lines are opisthocyrt, sinus marked on the last whorl. Base is concave and carries two spiral cords, umbilicus small and closed. Aperture subcircular, thick lips.

Discussion. The specimens studied were aggregated in fragments of rock of various sizes, with lengths of 8–10 mm and diameters between 3 and 3.5 mm. They had suffered little fragmentation and their ornamentation was preserved. In a few examples one can see the aperture and umbilical, however this was rarely preserved. Some specimens can be viewed by cutting the inside of the turns, showing a rounded cavity and thick shell. The specimen ornamentation consists of four cords, however, the presence of accessories between the main cords or a thickening of the posterior space between the posterior suture and the last cord is possible.

'Pseudomesalia' (*'Pseudomesalia'*) *santanensis* sp. nov. differ from *'Pseudomesalia'* (*'Pseudomesalia'*) *menessieri* sp. nov. by their distinctive ornamentation between the initial and adult whorls, which are composed of four or three main cords, respectively; in addition, the distances between them are different. The latter also has an oval aperture, with an oblique thin outer lip. *'Pseudomesalia'* (*'Pseudomesalia'*) *quadricarinata* Akopian, 1976 of the Lower Turonian in Armenia, besides its main ornamentation, presents four cords: the two anterior cords are thicker, with secondary cords between the main cords. There is a broad sutural shelf, ending in a sutural furrow, and an ornamented base with four to five clearly defined secondary cords. *'Pseudomesalia'* (*'Pseudomesalia'*) *imbricata* Ptchelintsev, 1953 of the Lower Turonian in Armenia, differs in its main ornamentation, which contains five smooth main cords; the thicker ones are closer to the posterior suture and between them lie two secondary cords. There are highly overlapping whorls and a short sutural shelf, and the base presents three secondary peripheral cords. The species *'Pseudomesalia'* (*'Pseudomesalia'*) *tricarinata* Akopian, 1976 differs as it presents three main cords that are equidistant, and secondary cords near the suture. *'Pseudomesalia'* (*'Pseudomesalia'*) *tenuicostata* Akopian 1976 differs as it presents the initial whorls five cords, and adult whorls, three cords alternated with secondary cords. *'Pseudomesalia'* (*'Pseudomesalia'*) *trilineata* differs as it has a previous cord and two finer cords in the main ornamentation, and may have many secondary cords (Menessier, 1984). None of the three species mentioned feature an aperture description.

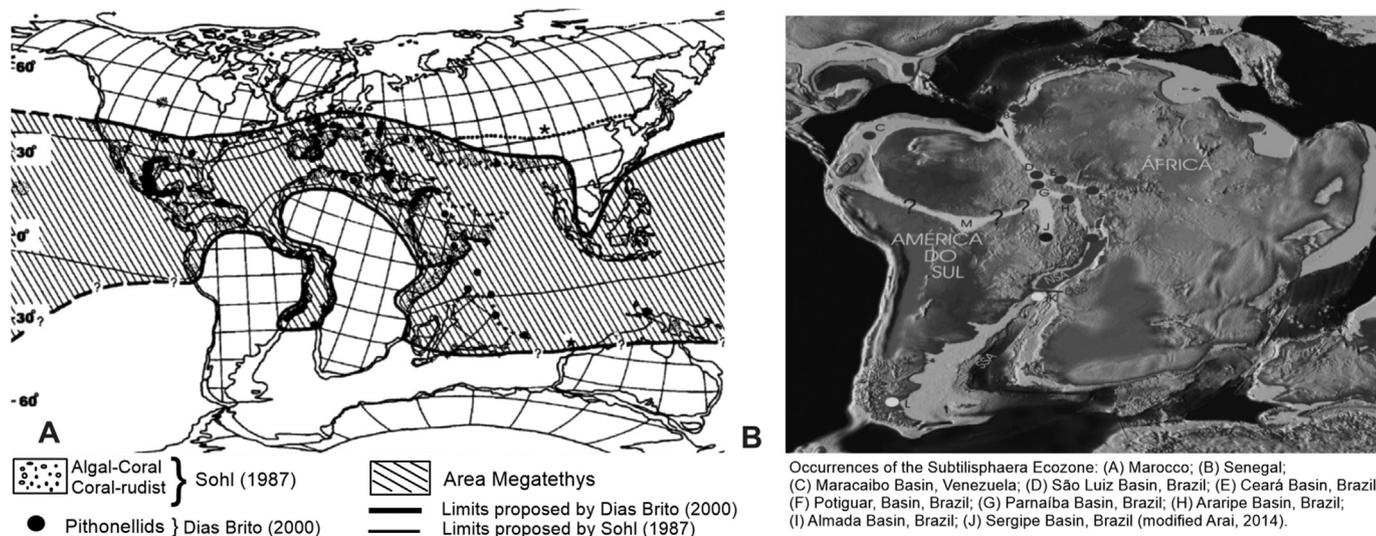


Fig. 10. A. Mid Cretaceous Tethyan Realm, the Megathethys as suggested by pithonellid and coral-rudist data (Modified Dias-Brito, 2000); B. Occurrences of Subtilisphaera Ecozone according to Arai, 2009, 2014 (Modified Arai, 2014). 2-column.

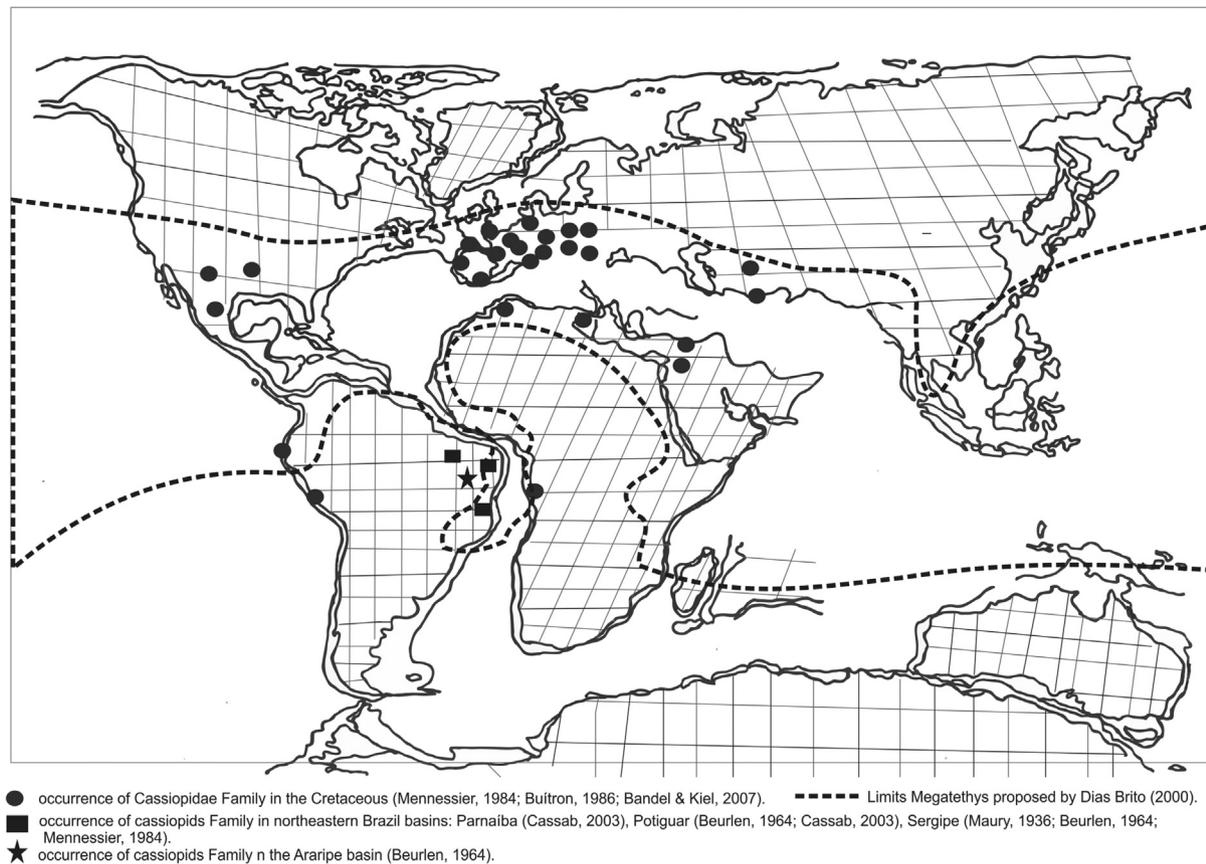


Fig. 11. Cassiopidae family distribution in Cretaceous (Menessier, 1984; Buitron, 1986; Banjac et al., 2007), highlighting the occurrence in basins Parnaíba (Cassab, 2003), Potiguar (Beurlen, 1964; Cassab, 2003), Sergipe (Maury, 1936; Beurlen, 1964; Mennessier, 1984) and Araripe (Beurlen, 1964) proving influence of Megathetys basins in northeastern Brazil (Modified Dias-Brito, 2000). 2-column.

5. Tethyan influence on the Aptian-Albian in northeast Brazil

The presence of organisms typical of the Tethyan domain in marginal continental basins in Brazil reinforces the hypothesis that marine sedimentation, originating in the Aptian, occurred in a water domain originally from the north through the Tethys ocean, and not from the primitive South Atlantic. Records of the presence of several fossil organisms in Brazil's northeast basins are found: Almada (Algodões formation, Aptian-Albian), São Luís e Parnaíba (Codó formation, Aptian-Upper Albian), Ceará (Paracuru formation, Aptian-Albian), Potiguar (Alagamar formation, Aptian), Sergipe (Riachuelo formation, Aptian-Lower Albian), Tucano (Marizal formation, Upper Aptian), Camumu (Algodões formation, Albian-Cenomanian) and Araripe (Romualdo and Crato formation, Aptian–Lower Albian) presented affinities with the Tethyan fauna (Table 2).

Sohl (1987) delimited the Tethyan domain between latitudes 30°N and 30°S, based on the presence of reefs formed by rudist coral, reaching its largest extension during the Aptian-Turonian. Dias-Brito (1992, 2000) increased the Tethys reach to a range between parallel 40°N and 40°S, with its largest extension during the Albian-Turonian, considering the geographic distribution of pithonellids found in every marginal continental basin in northeast Brazil, except in Pelotas basin (Fig. 10A).

Arai (2007, 2011) analysed dinoflagellate cysts (*Subtilisphaera* Ecozone) in marginal basins in Brazil and in the Araripe basin and the influence of the Tethys ocean from the Aptian to the region; he suggested the presence of a seaway across the northeast region of Brazil (Fig. 10B). The cassiopidae family first appeared during the

Barremian in Peru (Sohl, 1987), reaching east and south Europe till the Caucasus at the end of this period. Subsequently, cassiopidae passed through rapid diversification, spreading till marginal regions of the Tethys (Sohl, 1987).

The occurrence of gastropods in Cassiopidae Family in the Romualdo formation reasserts Tethyan influence on the Aptian–Albian range in the Araripe basin, northeast Brazil (Fig. 11).

References

- Akopian, V.T., 1976. Pozdemelovye gastropody Armianskoi CCP. Akad. Naouk Armians Koi CCP Inst. Geol. Naouk Iériva 414.
- Andrade, E.J., Seeling, J., Bengtson, P., Souza-Lima, W., 2004. The bivalve *Neithea* from the Cretaceous of Brazil. *J. South Am. Earth Sci.* (17), 25–38.
- Antonoli, 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: 6^o Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil Boletim, pp. 25–30.
- Arai, M., 2007. Sucessão das associações de dinoflagelados (Protista, Pyrrophyta) ao longo das colunas estratigráficas do Cretáceo das bacias da Margem Continental Brasileira: uma análise sob o ponto de vista paleoceanográfico e paleobiogeográfico (Ph.D. thesis). Universidade Federal do Rio grande do Sul, Porto Alegre, p. 241.
- Arai, M., 2009. South Atlantic Aptian paleogeography: a new model based on recent Brazilian micropaleontological data. *Bol. Geociências Petrobras* 17 (2), 331–351.
- Arai, M., 2011. Paleogeografia do Atlântico Sul no Aptiano: um novo modelo a partir de dados micropaleontológicos recentes. *Bol. Geociências Petrobras* 17 (2), 331–351.
- Arai, M., 2014. Aptian/Albian (Early Cretaceous) paleogeography of the South Atlantic: a paleontological perspective. *Braz. J. Geol.* 44 (2), 339–350.
- Assine, M.L., 1992. Análise estratigráfica da Bacia do Araripe. Nordeste do Bras. *Rev. Bras. Geociências* 22 (3), 289–300.
- Assine, M.L., 2007. Bacia do Araripe. *Bol. Geociências* 15 (2), 371–389.
- Arai, M., Coimbra, J.C., 1990. Análise paleoecológica do registro das primeiras ingressões marinhas na Formação Santana (Cretáceo Inferior da Chapada do Araripe). In: 1^o Simpósio sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do

- Nordeste Atas, pp. 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 Geol. Leopoldensia*, XVII 39 (2), 521–538.
- Banjac, N., Bandel, K., Kiel, S., 2007. Cassioid gastropods from the Cretaceous of western Serbia. *Ann. Géol. Pénins. Balk. Belgr.* 68, 61–71.
- 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*, vol. 1, pp. 291–297.
- Bengtson, P., 1988. Open nomenclature. *Paleontology* 31 (1), 223–227.
- Bengtson, P., Koutsoukos, E.A.M., Kakabadze, M.V., Zucun, M.H., 2007. Ammonite and foraminiferal biogeography and the opening of the Equatorial Atlantic gateway. In: 1st International Palaeobiogeography Symposium. Abstracts, Paris, p. 12.
- Beurlen, K., 1964. As espécies dos Cassiopiniae, nova subfamília dos Turriteliidae, no Cretáceo do Brasil. *Arq. Geol. [UFPE]* 5, 1–43.
- Brito, P.M., Yabumoto, Y., Grande, L., 2008. New Amiid fish (Halecomorphi: Amiiformes) from the Lower Cretaceous Crato Formation, Araripe Basin, Northeast Brazil. *J. Vertebr. Paleontol.* 28 (4), 1007–1014.
- Buitrón-Sánchez, B.E., López-Tinajero, Y., 1995. Mollusk gastropods in a Lower Cretaceous rudist-bearing Formation of Jalisco, West Central Mexico. *Ver. Mex. Cienc. Biológ.* 12 (2), 157–168.
- Cassab, R.C.T., 2003. Paleontologia da Formação Jandaíra, Cretáceo Superior da Bacia Potiguar, com ênfase na paleobiologia dos gastrópodos (Ph. D. thesis). Rio de Janeiro university.
- Cleevly, R.J., Morris, N.J., 1988. Taxonomy and ecology of Cretaceous Cassiopidae (Mesogastropoda). *Bull. Br. Mus. (Natural History) [Geology series]* 44 (4), 233–291.
- Coquand, H., 1865. Monographie paléontologique de l'étage Aptien de l'Espagne. *Mem. Soc. Emul. Provence Marseilles* 3, 191–411, 28 pls.
- Cossmann, M., 1909. Essais de Paléoconchologie comparée. Paris 8, pp. 1–248. +II–IV pls.
- Cox, L.R., 1964. General characteristics of Gastropoda. In: Brookes Knight, J., Cox, L.R., Myra keen, A., Smith, A.G., Batten, R.L., Yochelson, E.L., Ludbrook, N.H., Robertson, R., Yonge, C.M., Moore, R.C. (Eds.), *Treatise on Invertebrate Paleontology Part I. Mollusca 1 (Revised)*. The Geological Society of America, Boulder, and The University of Kansas Press, pp. 1–351.
- Dias-Brito, D., 1992. Ocorrência de calcisferas pelágicas em depósitos carbonáticos do Atlântico Sul: impacto na configuração paleoceanográfica do Têtis cretáceo. In: 2º Simpósio sobre as Bacias Cretácicas Brasileiras, pp. 30–34.
- Dias-Brito, D., 2000. Global stratigraphy, palaeobiogeography and palaeoecology of Albian-Maastrichtian pithonellid calcispheres: impact on Tethys configuration. *Cretac. Res.* 21, 315–349.
- Douvillé, H., 1921. Mélanges paléontologiques: genre *Eovasum*, Glauconidae, Pleuroceratidae, Pirenidae, genre *Ltruvia*. *J. Conchyologie* 1–18.
- 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. Mem. Acad. Sci. Inst. Fr* 54, 1–184, 21 pis.
- Fritzsche, C., 1924. Neue Kreidfaunen aus Südamerika (Chile, Bolivia, Peru, Colombia) Beitr. z. Geol.und Pal. v. Südamerika 27. *Neues Jahrb. Mineral Geol. Paläont. Stuttg.* 50, 1–56, 6–7pls.
- Hessel, M.H., 2005. *Myophorella coqueiroensis* (Maury 1937), um bivalvia Trigoniada do Eo-Albiano de Sergipe. *Paleontologia em Destaque, Boletim da Sociedade Brasileira de Paleontologia* 20, 49–41.
- Kollmann, H.A., 1979. Gastropoden aus den Losensteiner Schichten der Umgebung von Losenstein (Oberosterreich). 3. Cerithiacea (Mesogastropoda). *Annln naturh. Mus. Wien* 82, 11–51, 6 pls.
- Lindoso, R., Maisey, J., Carvalho, I., 2013. The paleoichthyofauna from the Codó Formation (Aptian of the Parnaíba Basin), Northeastern Brazil. In: 73rd Meeting of the Society of Vertebrate Paleontology. Programs and Abstracts, p. 162.
- Linné, C., 1758. *Systema Naturae per Regna Tria Naturae, Secundum Classes, Ordines, Genera, Species, cum Characteribus, Differentiis, Synonymis, Locis. Decima* 1, 1–824. Available in: http://fossilworks.org/bridge.pl?a=taxonInfo&taxon_no=7805. access 18 março 2016.
- Manso, C.L.C., Hessel, M.H., 2012. 2012. Novos equinóides (Echinodermata: Echinoidea) do Albiano da bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências* 42 (1), 187–197.
- Manso, C.L.C., Hessel, M.H., 2007. Revisão sistemática de *Pygidiolampas araripensis* (Beurlen, 1966), (Echinodermata: Cassiduloida) da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Geociências* 26 (3), 271–277.
- 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. *Cretac. Res.* 28, 895–920.
- Martill, D.M., 1993. Fossils of the Santana and Crato Formations, Brazil. *The Palaeontological Association Field Guides to Fossils* 5, pp. 1–159.
- Maury, C.J., 1936. O Cretáceo de Sergipe. *Bras. Serv. Geol. e Miner.* 11, 1–283, 28 pls.
- 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.
- Mennessier, G., Calzada, S., 1985. Sobre dos Cassiopidae (Gastropoda) del Neocomiense español. *Ciencias Nat. Munibe* 37, 139–142.
- Mennessier, G., 1984. Revision des gastropodes appartenant à la famille des Cassiopidae Kollmann (= Glauconiidae Pchelintsev). *Trav. Dep. Geol. Univ. Picardie, Amiens* 1, 1–190, 29 pls.
- Morter, A.A., 1984. Purbeck-Wealden Beds Mollusca and their relationship to ostracod biostratigraphy, stratigraphical correlation and palaeoecology in the Weald and adjacent areas. *Proc. Geol. Assoc.* 95 (3), 217–234.
- Pchelintsev, V.F., 1953. Gastropod fauna of the Upper Cretaceous in Trans-caucasia and central Asia. *Mosc. Izd. Akad. Nauk. SSSR* 1–391, 51pls.
- Pinheiro, A.P., Saraiva, A.A., Santana, W., 2015. Shrimps from the Santana Group (Cretaceous: Albian): new species (Crustacea: Decapoda: Dendrobranchiata) and new record (Crustacea: Decapoda: Caridea). *Anais da Academia Brasileira de Ciências (online version ISSN 1678-2690)*. Disponível em: <<http://www.scielo.br/aabc>>. Acesso em: 12 junho.
- Price, L.L., 1973. Quelônio Amphichelydia no Cretáceo Inferior do Nordeste do Brasil. *Rev. Bras. Geociênc* 3 (2), 84–96.
- Regali, M.S.P., 1989. Primeiros registros da transgressão neo-aptiana na margem equatorial brasileira. In: 11º Congresso Brasileiro de Paleontologia. Curitiba, Anais (1), pp. 275–293.
- Sales, A.M.F., 2005. Análise tafonômica das ocorrências fossilíferas de macro-invertebrados do Membro Romualdo (Albiano) da Formação Santana, Bacia do Araripe. *NE do Brasil: Significado Estratigráfico e Paleoambiental*. São Paulo University (Ph.D.thesis).
- Silva-Santos, R., 1991. Fósseis do Nordeste do Brasil: paleoictiofauna da Chapada do Araripe. Departamento de Biologia Animal e Vegetal, Universidade do Estado do Rio de Janeiro 64.
- Sohl, N.F., 1987. Cretaceous gastropods: contrasts between Tethys and the temperate provinces. *J. Paleontol.* 61 (6), 1085–1111.
- Stanton, T.W., 1947. Studies of some Comanche pelecypods and gastropods. *Bull. U. S. Dep. Int. Geol. Surv. Prof. Pap.* 211, 1–256, 1–87 pls.
- Steinmann, G., 1929. Geologic von Peru, Heidelberg, pp. 1–448, 1–9 pls.
- Stephenson, L.W., 1952. Larger invertebrate fossils of the Woodbine Formation (Cenomanian) of Texas. *Bull. U. S. Dep. Int. Geol. Surv. Prof. Pap.* 242, 1–226, 59 pls.

6.3. ARTIGO 3

**PALEOECOLOGIA E PALEOBIOGEOGRAFIA DOS MOLUSCOS E EQUINOIDES
DA FORMAÇÃO ROMUALDO, APTIANO–ALBIANO DA BACIA DO ARARIPE,
BRASIL**

PALEOECOLOGY AND PALAEOBIOGEOGRAPHY OF MOLLUSKS AND
EQUINOIDES ROMUALDO FORMATION, APTIAN-ALBIAN OF THE ARARIPE
BASIN, BRAZIL.

**PRISCILLA ALBUQUERQUE PEREIRA
RITA DE CÁSSIA TARDIN CASSAB
ALCINA MAGNÓLIA FRANCA BARRETO**

Paleoecologia e paleobiogeografia dos Moluscos e Equinoides da Formação Romualdo, Aptiano–Albiano da Bacia do Araripe, Brasil.

Priscilla Albuquerque Pereira^{a,*}, Rita de Cassia Tardin Cassab^b, Alcina Magnólia Franca Barreto^a

^aLaboratório de Paleontologia da Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Geologia, Centro de Tecnologia e Geociências, Cidade Universitária, 1235, 50740-533, Recife-PE, Brasil

^bColaboradora do Dep. Geologia UFRJ, Rio de Janeiro, Departamento de Geologia, Ilha do Fundão, s/n, Rio de Janeiro, 21910-900, Rio de Janeiro-RJ, Brasil

Endereço de E-mail: palbuquerquep@hotmail.com (P. Pereira), rcassab@gmail.com (R. Cassab), alcinabarreto@gmail.com (A. Franca)

*Correspondência do autor. Endereço: Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Departamento de Geologia, Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n, Cidade Universitária, 50740-533, Recife, PE, Brasil. Tel.:+55 81 2126 7933.

**Paleoecologia e paleobiogeografia dos Moluscos e Equinoides da Formação Romualdo,
Aptiano–Albiano da Bacia do Araripe, Brasil.**

Resumo

A influência marinha no Aptiano-Albiano da Bacia Sedimentar do Araripe, sempre foi sugerida a partir de fósseis de vários grupos taxonômicos distintos, porém é ainda controversa. Apesar da Formação Romualdo, em alguns níveis estratigráficos, apresentar assembleias com fósseis de invertebrados, incluindo equinoides e moluscos gastrópodos e bivalvíos, táxons relevantes para a indicação de influência marinha durante o Aptiano-Albiano, a falta de classificação formal da maioria desses fósseis e da análise paleoecológica dessas assembleias não permitia se estabelecer se houve um ambiente marinho estável para o desenvolvimento dessas comunidades e assim, se configurar uma possível rota dessa incursão marinha no início da formação do Oceano Atlântico. Nesse trabalho, a partir da análise paleoecológica e paleobiográfica da fauna de invertebrados de vinte sítios da Formação Romualdo, distribuídos ao longo Bacia do Araripe em Pernambuco, Ceará e no Piauí, foi possível estabelecer prováveis ambientes sedimentares marinho, lagunar e estuarino e traçar uma possível rota para a incursão do mar na bacia. Neste trabalho reafirma-se a hipótese da presença de um *seaway* oriundo do mar de Tétis sentido NW – SE passando pelas bacias do São Luiz, Parnaíba, Araripe e Sergipe, no qual permitiu o estabelecimento de uma fauna tipicamente marinha na porção oeste da bacia do Araripe, região que se encontrava em contato contínuo e permanente com o mar. Essa associação de invertebrados marinhos é composta predominantemente pelas espécies *Pygurus (Echinopygus) tinocoi* e *Bothryopneustes araripensis Tylostoma ranchariensis, Cerithium sergipensis, Paraglauconia (Diglauconia) araripensis, Aguilera dissita e Brachidontes araripensis*. Já na associação lagunar predomina gastrópodos *Paraglauconia (Diglauconia) araripensis, Gymnentome (Gymnentome) romualdoi, Gymnentome (Craginia) beurleni, Pseudomesalia (Pseudomesalia) santanensis, Pseudomesalia (Pseudomesalia) mennessieri e Cerithium sergipensis* ausência de equinoides e *Tylostoma ranchriensis* e na estuarina predomina os bivalvíos *Brachidontes araripensis e Corbula sp.*

Palavras-chave: Bivalvíos, gastrópodos, equinodermatas, *Seaway*, fauna lagunar, fauna estuarina.

Paleoecology and palaeobiogeography of Mollusks and equinoides from Romualdo Formation, Aptian-Albian of the Araripe Basin, Brazil.

Abstract

The marine influence in the Aptian-Albian of the Araripe Sedimentary Basin, has always been suggested from fossils of several different taxonomic groups, but, it is still controversial. Despite the Romualdo Formation in some stratigraphic levels, present assemblages with fossils of invertebrates, including ECHINOIDS and gastropods mollusks and bivalves, relevant taxons for the indication of marine influence during the Aptian-Albian, the lack of formal classification of most of these fossils and paleoecological analysis of these assemblages did not allow to establish if there was a stable marine environment for the development of these communities and thus to set up a possible route of this marine incursion in the early formation of the Atlantic Ocean. In this work, from the paleoecological and paleobiographical analysis of invertebrate fauna from twenty sites in Romualdo Formation, distributed along the Araripe Basin in Pernambuco, Ceara and Piaui, it was possible to establish a probable marine, lagoon and estuarine sedimentary environments and trace possible route to the incursion of the sea in the basin. This work confirms again the hypothesis of the presence of a *seaway* coming from the Tethys Sea, direction NW – SE, passing by the São Luis, Parnaiba, Araripe and Sergipe basins, which allowed the establishment of a typical marine fauna in the western portion of the Araripe basin, which place was in continuous and permanent contact with the sea. This association of marine invertebrates is composed predominantly by the species (*Echinopygus tinocoi* and *Bothryopneustes araripensis* *Tylostoma ranchariensis*, *Cerithium sergipensis*, *Paraglauconia (Diglauconia) araripensis*, *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 equinoides and *Tylostoma ranchariensis* and in estuarine predominates *Brachidontes araripensis* e *Corbula* sp. Bivalves.

Key-words: Bivalves, gastropods, echinoderms, Seaway, 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, dinoflagelados, moluscos, crustáceos e plantas (Branner, 1915; Beurlen, 1963; Beurlen, 1964; Beurlen, 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 equinoides, 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 bivalvíos e gastrópodos, foram descritos também equinoides (Beurlen, 1966). A exceção de Beurlen, 1963, os moluscos só passaram a ser descritas e ilustradas 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 (*Aguileria dissita*); Mitylidae (*Brachidontes araripensis*) e; Corbulidae (*Corbula* sp). Entre os gastrópodos, são 3 famílias e 9 espécies: Cassiopidae (*Paraglauconia (Diglauconia) araripensis*, *Paraglauconia (Diglauconia) lyrica*, *Gymnentome (Gymnentome) romualdoi*, *Gymnentome (Gymnentome) carregozica*, *Gymnentome (Craginia) beurleni*, ‘*Pseudomesalia*’ (‘*Pseudomesalia*’) *menessieri* e ‘*Pseudomesalia*’ (‘*Pseudomesalia*’) *santanensis*); Cerithiidae (*Cerithium sergipensis*) e; Naticidae (*Tylostoma ranchariensis*).

Apesar da ocorrência desses fósseis ao longo de toda a extensão da Bacia do Araripe (CE, PE e PI), 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* (Beurlen, 1966) e *Bothryopneustes araripensis* (Beurlen, 1966) Manso & Hessel, 2007, *Douvillaster benguellensis* Manso & Hessel, 2012 e *Hemiaster proclivus*

Manso & Hessel, 2012. Beurlen, 1966, já citava que, quase sempre, os equinóides 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, coleta de fósseis, análise das associações faunísticas e suas relações paleoautoecológicas e paleobiozoogeográficas das associações fossilíferas dos moluscos e equinóides 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 (Fig.1). Geologicamente, está inserida na Bacia Sedimentar do Araripe. Foram considerados afloramentos com relevante identificação das associações faunísticas.

Fig.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).

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 do nível das concreções, apresentando calcarenitos coquinoídes 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

A partir 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 tafonômica 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 (bioestratinomia, disposição em planta e dados morfofuncionais/autoecológicos), as demais, por presença e ausência de espécie, considerando desta forma as características autoecológicas dos gêneros.

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

Tab.1 – Descrição dos sítios fossilíferos incluindo número, localização, fósseis e referencias bibliográficas.

| 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 (Craginia) 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</i> <i>dissita</i> . Equinóides: <i>Pygurus</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>Aguilera dissita</i> . Equinóides: <i>Pygurus</i> | Pereira <i>et al.</i> , 2015 |
| PE – 05 | Torrinha, Araripina, PE. | Gastrópodos: <i>Cerithium sergipensis</i> ; <i>Paraglauconia (Diglauconia) araripensis</i> ; <i>Gymnentome (Gymnentome) romualdoi</i> ; <i>Gymnentome (Craginia) beurleni</i> ; ‘ <i>Pseudomesalia</i> ’ (‘ <i>Pseudomesalia</i> ’) <i>menessieri</i> ; ‘ <i>Pseudomesalia</i> ’ (‘ <i>Pseudomesalia</i> ’) <i>santanensis</i> Biválvios: <i>Brachidontes araripensis</i> ; <i>Aguilera 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>Aguilera</i> ; <i>Crassatella</i> ? Equinóides indeterminados. | 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>Aguilera 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>Aguilera dissita</i> . Equinóides indeterminados. | Novo |
| PE – 10 | Pedreira Serrolândia, Trindade, PE. | Gastrópodos: <i>Cerithium sergipensis</i> ; <i>Paraglauconia (Diglauconia) araripensis</i> | Novo |
| CE – 01 | São Gonçal, Santana do Cariri, CEo | Gastrópodos: Turritellidae? e Cassiopídeos indeterminados). Biválvios: <i>Brachidontes</i> | Sales & Leal, 1996; Sales <i>et al.</i> , 1999 |
| CE – 02 | Mina Pedra Branca, Nova Olinda, CE. | Gastrópodos: Cassiopídeos indeterminados Biválvios – mitilóides. Equinóides 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 (Diglauconia) 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 | Martil, 1993 |

| | | | |
|---------|-------------------------------|--|---|
| CE – 05 | Pinheiro, Missão Velha, CE. | Gastrópodos: <i>Paraglauconia (Diglauconia) araripensis</i> ; <i>Paraglauconia (Diglauconia) lyrica</i> ; <i>Gymnentome (Gymnentome) romualdoi</i> ; <i>Gymnentome (Gymnentome) 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 (Gymnentome) romualdoi</i> ; <i>Paraglauconia (Diglauconia) 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 |

4 Resultados

4.1 Moluscos 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* – Família Mitylidae: *Brachidontes araripensis* e Família Corbulidae: *Corbula* sp. e gastrópodos da Família Cassiopidae: *Paraglauconia (Diglauconia) araripensis*, *Paraglauconia (Diglauconia) lyrica*, *Gymnentome (Gymnentome) romualdoi*, *Gymnentome (Gymnentome) carregozica*, *Gymnentome (Craginia) beurleni*, ‘*Pseudomesalia*’ (‘*Pseudomesalia*’) *menessieri* e ‘*Pseudomesalia*’ (‘*Pseudomesalia*’) *santanensis* – Família Cerithiidae: *Cerithium sergipensis* e Família Naticidae: *Tylostoma ranchariensis*.

Os bivalvíos correspondem a 15% da fauna de moluscos (Fig. 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.

Os gastrópodos correspondem a 70% da fauna de moluscos (Fig. 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 equinoides correspondem a 15% da fauna (Fig. 3) e encontram-se restritos as localidades de Araripina e Exu, Pernambuco, apresentando apenas uma citação de fragmentos de equinoides no Ceará.

Fig. 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.

As tafocenoses analisadas apresentam composições faunísticas distintas, que devem demonstrar uma variação de acordo com a salinidade do ambiente. Fürsich, & Oschmann (1993) reconhece que associações de macroinvertebrados bentônicos controlados por são típicas de muitos ambientes marinhos rasos do Mesozoico, apesar desse fator abiótico ser apenas um dos parâmetros utilizados na identificação de variações ambientais, devendo-se também considerar outras características como temperatura e tipo de substrato, além da análise da diversidade, morfologia dos elementos da fauna, perdas 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.

4.2 Paleoautoecologia dos moluscos e equinoides 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 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 vágeis, carnívoros predadores de ambiente marinho raso, em pleno desenvolvimento no Cretáceo e está, juntamente com Ceritídeos, diretamente relacionado à fauna do Mar de Tétis (Cassab, 2003, 2011).

Aguilera dissita é um bivalvío com concha biconvexa, subequivalve, espessa e fixada por bissus, sugerindo hábito semi-infaunal 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-infaunal 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 (Greene *et al.*, 2011; Thompson & Parchaso, 2010).

Tab. 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 – dentritívoro; S – suspensívoro; H – herbívoro; C – carnívoro.

| 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 |
| EQUINODERMATA | | |
| <i>Pygurus (Echinopygus) tinocoi</i> | E | D |
| <i>Bothryopneustes araripensis</i> | E | D |

Brachidontes são organismos colonizadores de pequenas lagoas 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.

Duas espécies de equinoides irregulares foram identificadas na Formação Romualdo: *Bothryopneustes araripensis* e *Pygurus (Echinopygus) tinocoi*. *Bothryopneustes araripensis* de acordo com suas feições morfológicas, teria sido preferencialmente epifaunal ou semi-infaunal, 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).

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

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

| Táxon Localidade Ab. Relat. (%) | <i>Cerithium</i> | <i>Tylostoma</i> | Cassiopídeos | <i>Brachidontes</i> | <i>Aguilera</i> | <i>Corbula</i> | Equinoides |
|---------------------------------------|------------------|------------------|--------------|---------------------|-----------------|----------------|------------|
| 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 |

4.3 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 microhabitats, 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 paleosinecológicos, possíveis de serem interpretados como variações ambientais, ou de fácies, dentro do sistema deposicional. Desta forma, são observados três tipos de associações a apresentados nos mapas da figura 4.

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

As Associações do ambiente marinho

Estas associações apresentam em sua composição espécies típicas de ambientes marinhos (Fig. 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 (Fig.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, articulados e inteiros, sugere preservação *in situ*, considerando a fragilidade dos esqueletos que são facilmente desarticulados 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 e articulados, associados a poucos *Tylostoma ranchariensis* inteiros, *Brachidontes araripensis* maioria fechados e articulados e *Aguileria dissita* com valvas isoladas.

Nesse contexto, a presença de equinoides caracteriza 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 do 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, *Aguileria dissita* está associado a ambientes marinho raso a salobro. A figura 7 representa a fauna de invertebrados em ambiente marinho da Formação Romualdo.

Fig. 5 – Associação marinha equinoides e *Tylostoma ranchariensis*. A – C. Cedro (PE – 09), Exu – PE. B. Canastra (PE – 03), Araripina – PE.

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

Fig. 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*.

As Associações de ambiente lagunar

As associações de invertebrados que caracterizam um ambiente lagunar são comuns na Formação Romualdo. Este ambiente é proposto largamente por diversos autores. Os componentes destas associações indicam se tratar de uma laguna, com variações de salinidade dentro do sistema, sendo demonstrado pela paleocomunidade de invertebrados que o compõe.

A localidade de Torrinha (PE-05), município de Araripina (Fig. 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. De modo geral os gastrópodos estão bem representados, inteiros e substituídos, indicando predominância de componentes ferruginosos. Os bivalvíos, quando presentes, correspondem a moldes internos, com valvas fechadas e ausência de ornamentação não permitindo a identificação taxonômica, a exceção de *Brachidontes araripensis* e *Aguileria dissita*.

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

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 (Fig. 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 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 (Fig. 9).

Fig. 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.

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

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 marinho (Remane 1963; Jaeckel, 1964, Fürsich, 1994; Fürsich et al., 2001). Cassiopídeos são bastante comuns em ambientes entremarés, 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.

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

As associações de ambiente Estuarino

Nas associações estudadas, principalmente, no estado do Ceará, nota-se uma fauna composta por poucos cassiopídeos, raros *Cerithium sergipensis* e *Brachidontes araripensis*,

em contraposição a abundância de corbulídeos, identificados apenas como *Corbula* sp. (Fig. 12).

A presença de *Cerithium* é relacionada com dúvida em todas as localidades que apresentam esse sistema, com exceção do Sítio Romualdo (CE-06) no qual estão representados por moldes externos e raros inteiros, pequenos (cerca de 4 mm) e fortemente calcitizados. O sítio Romualdo é marcado pela presença abundante do cassiopídeo *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., com tamanho pequeno, aspecto também predominante no sítio Cercadinho (CE-08) no qual não foi possível identificar os gastrópodos por apresentarem tamanho bastante reduzido (Fig. 12), calcitizados e ausência de ornamentação. Destaque para o sítio Pinheiro, 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 cassiopídeos são raros.

Devido as comunidades serem dominadas por corbulídeos, organismos típicos de ambiente estuarino, cassiopídeos bem adaptados a ambiente salobro, ausência de elementos típicos de ambiente marinho e baixa diversidade (ainda menor que a existente em ambiente lagunar), inferem-se nestas localidades a predominância de ambiente estuarino, podendo haver variação lateral dessa zona. A Figura 13 representa a associação estuarina da Formação Romualdo.

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

Fig. 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 (Diglauconia) araripensis*.

Baseando-se na interpretação das faunas analisadas em ambiente predominantemente lagunar e estuarino, a figura 14 propõe o traçado para uma possível instalação de um ambiente (*Seaway*) sugestivo de uma transgressão marinha durante o Aptiano-Albiano na Bacia Sedimentar do Araripe.

Fig. 14 – Proposta do limite do seaway na Bacia do Araripe de acordo com as associações faunísticas.

5 Relações Paleobiogeográficas 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; 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, passando 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 pitonelídeos 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 Tétis. Isso é refletido pela presença dos elementos relacionados abaixo:

- Família Cassiopidae, incluindo o estabelecimento de eventos evolutivos com a formação de novas espécies: '*Pseudomesalia*' ('*Pseudomesalia*') *santanensis*, '*Pseudomesalia*' ('*Pseudomesalia*') *mennessieri*, *Gymnentome* (*Craginia*) *beurleni* e os já identificados *Paraglauconia* (*Diglauconia*) *araripensis*, *Paraglauconia* (*Diglauconia*) *lyrica*, *Gymnentome* (*Gymnentome*) *romualdoi* e *Gymnentome* (*Gymnentome*) *carregozica*. A família surgiu e se extinguiu no Cretáceo tendo uma ampla distribuição apresentando registros na Alemanha, França, Portugal, Itália, Espanha, Armênia, Georgia, Líbano, Tunísia, Austria, Grã Bretanha, Bulgária, Ungria, Caucasus, 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 ao 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 biogeográfico, 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 registrado 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; Myczynski & Iturralde-Vinent, 1991, 2005; 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 paleogeográficas dessa fauna estão representadas nas figuras 15 e 16.

Fig. 15 – Distribuição estratigráfica dos gêneros de moluscos na Formação Romualdo, Bacia do Araripe.

Fig. 16 – 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 Paleoprovincia de Tétis. Modificado de Dias Brito (2000).

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 ao Oeste da Bacia do Araripe. Os dados apresentados demonstram que essa região que apresentava ligação direta com o mar, no qual, durante algum intervalo de tempo, houve 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, *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 equinodermatas e *Tylostoma*, típicos marinhos e, as espécies com afinidade ao ambiente marinho, *Cerithium* e Cassiopídeos, vão diminuindo percentualmente a medida que vai se distanciando 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 ocorrência quase que total de corbulídeos, junto a alguns cassiopídeos, em algumas localidades do Ceará, porção leste da bacia, uma vez que cassiopídeos apresentam boa adaptação a ambientes salobros, sendo retratados em diversas localidades banhadas pelo Tétis.

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*, *Aguileria dissita* e *Cerithium sergipensis*) no Aptiano-Albiano das bacias do Araripe e Sergipe, constata-se similaridade de fauna e um bioevento regional de irradiação adaptativa entre as duas bacias.

Agradecimentos

Agradecimentos ao Conselho nacional de desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro (processos 40714812010-3, 201716/2010-0 e 303071/2014-1), a 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).

6 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.
- 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.
- 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 Araripina, 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: 6º Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil, *Boletim*, 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. *Atas*, Crato, DNPM, 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 Geol. Leopoldensia*, XVII 39 (2), 521e538.
- 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, 577-582.
- Arai, M. 2011. Paleogeografia do Atlântico Sul no Aptiano: um novo modelo a partir de dados micropaleontológicos recentes. *Bol. Geociências Petrobrás* 17 (2), 331e351.
- 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-Hannaa, W. S. 2011. Taxonomy and palaeoecology of the Cenomanian-Turonian macroinvertebrates from eastern Sinai, Egypt, *part A*, 1-418.
- 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 1: 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 Cassiopinae, 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, 396 p.

Brito, P.M.; Yabumoto, Y. & Grande, L. 2008. New Amiid fish (Halecomorphi: Amiiformes) from the Lower Cretaceous Crato Formation, Araripe Basin, Northeast Brazil. *Journal Vertebr. Paleontol.* 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, Turoniano 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: 4*: 251-262. Interciência, Rio de Janeiro.

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, 173-192.

Cleevely, R.J., Morris, N.J. 1988. Taxonomy and ecology of Cretaceous Cassiopidae (Mesogastropoda). *Bull. Br. Mus. (Natural History), Geology series* 44 (4): 233-291.

Cossmann, M., 1909. Essais de Paléoconchologie comparée. *Paris* 8: 1-248. P. II -IV pls.

Dias -Brito, D. 1992 . Ocorrências de Calcisferas em Depósitos carbonáticos do Atlântico Sul: Impacto na Configuração Paleooceanográfica do Tétis Cretácico. In: SIMPÓSIO SOBRE AS BACIAS CRETÁCIAS 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. *Cretac. Res.* 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. Mem. Acad. Sci. Inst. Fr* 54, 11-84, 21 pis.

Fürsich, F.T.; Berndt, R.; Scheuer, T. & Gahr, M. 2001. Comparative ecological analysis of Toarcian (Lower Jurassic) benthic faunas from southern France and eastcentral 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.
- R. Giers. 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). *Câmara Municipal de Oeiras*, 279p.
- Hessel, M. H. R. & Junior, N. P. F. 1989. Algumas espécies de *Aguilera* (Bivalvia) do Albiano Inferior de Sergipe. *Anais do Congresso Brasileiro de Paleontologia* 11: 301-315.
- Jaekel, S.G.A., Jr. 1964: Beiträge über Mollusken im Brackwasser. I. Über 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: 73rd Meeting of the Society of Vertebrate Paleontology. *Programs and Abstracts*, 162 p.
- 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 sedimentary basins in NE Brazilian Borborema Province before the final separation of South America and Africa 3: paleogeography. In: Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil. *Boletim* 5: 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, 459 p.
- 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.
- 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 biostratigraphic utility of its palaeobiota. *Cretac. Res.* 28: 895-920.
- Maury, C. J., 1924. Fósseis Terciários do Brasil, com descrição de novas formas Cretáceas. *Serviço Geológico e Mineralógico IV*: 1-665.
- Maury, C. J., 1936. *O Cretáceo de Sergipe, Brasil*. Monografia do Serviço Geológico e Mineralógico 11: 1-283.
- Mennessier, G., 1984. Revision des gastéropodes appartenant á la famille des Cassiopidae Kollmann (¼ Glauconiidae Pchelintsev). *Trav. Dep. Geol. Univ. Picardie, Amiens 1*: 1-190, 29 pls.
- Neumann, V. H. & Cabrera, L. 1999. Una nueva propuesta estratigráfica para la tectonosecuencia post-rifte de la Cuenca de Araripe, Nordeste de Brasil. Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil e Simpósio sobre el Cretácico de América del Sur *Boletim* 5 (1): 279-285.
- Pchelintsev, V.F., 1953. Gastropod fauna of the Upper Cretaceous in Trans-caucasia central Asia. *Mosc. Izd. Akad. Nauk. SSSR* 1-391, 51pls.
- 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 Ciênc. Nat. Museu 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). *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 86 (2): 663-670.
- Ponte, F. C. & APPI, C. J. 1990. Proposta de revisão da coluna litoestratigráfica da Bacia do Araripe. *Anais do Congresso Brasileiro de Geologia* 36 (1): 211-226.
- Ponte, F.C. 1992. Origem e evolução das pequenas bacias cretácicas do interior do Nordeste do Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE AS BACIAS CRETÁDICAS BRASILEIRAS, 2, Rio Claro, 1992. *Resumos Expandidos*, Rio Claro, UNESP, 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 Inst. De Geociências UFRJ* 39 (2): 77-87.
- Regali, M.S.P., 1989. Primeiros registros da transgressão neo-aptiana na margem equatorial brasileira. In: 11º Congresso Brasileiro de Paleontologia. Curitiba, *Anais* 1: 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. & Guilardi, 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, *Boletim* 19: 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*. Tese de Doutorado da Universidade de São Paulo.
- 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: E. SAVAZZI (Eds.): Functional morphology of the invertebrate skeleton: 4-13. John Wiley & Sons Ltd., Chichester.
- 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*. 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. *Bull. U. S. Dep. Int. Geol. Surv.* 242:1-226, 59 pls.
- 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. 1-39. Disponível <http://www.waterboards.ca.gov/waterrights/water_issues/programs/bay_delta/docs/cmnt081712/srcsd/irvine4thompson.pdf>. Acesso em: 15 abril 2015.
- Valença, L. M. M.; Neumann, V. H. & Mabeoone, 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, I. Verlag Gebrüder Bornträger, Berlin. 948p.

Figuras

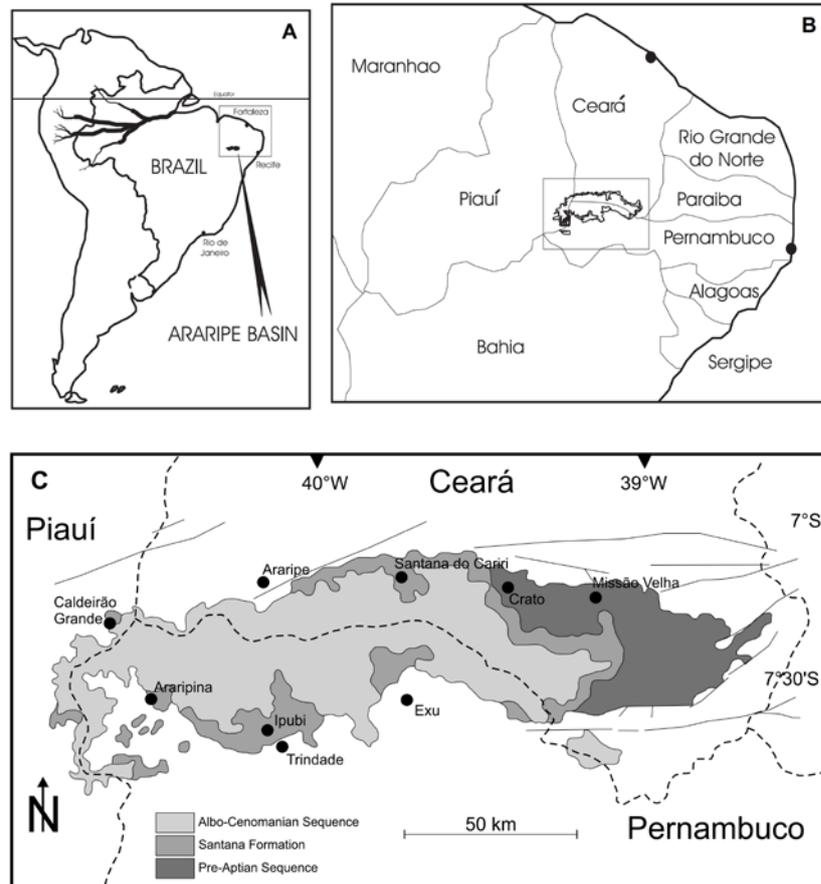


Fig.1 – A) Localização da Bacia do Araripe na América do Sul; B) chapada do Araripe no Brasil, presente nos estados do Ceará, Pernambuco e Piauí; C) localidades onde foram coletadas as associações (modificado de Neumann & Cabrera, 1999).

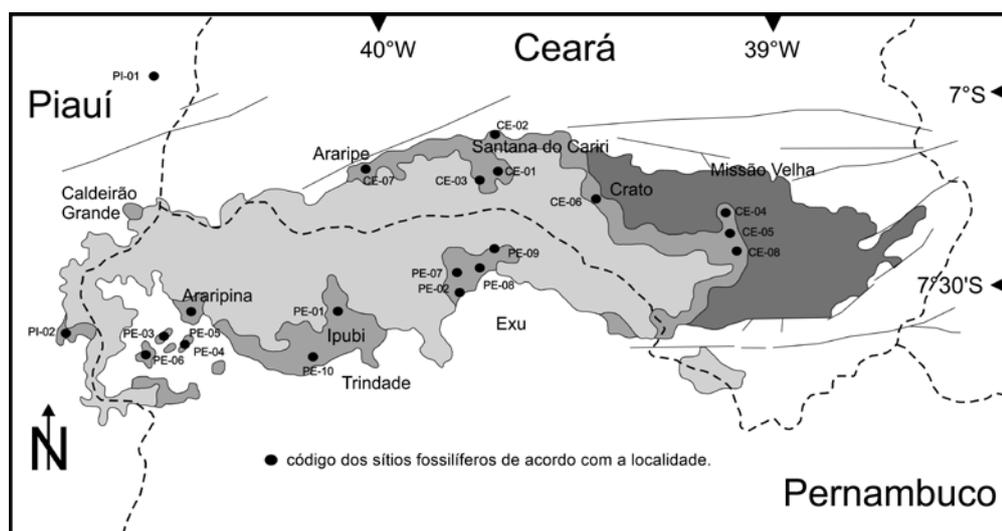


Fig. 2 – Localização dos 20 sítios fossilíferos analisados na Formação Romualdo, Bacia do Araripe.

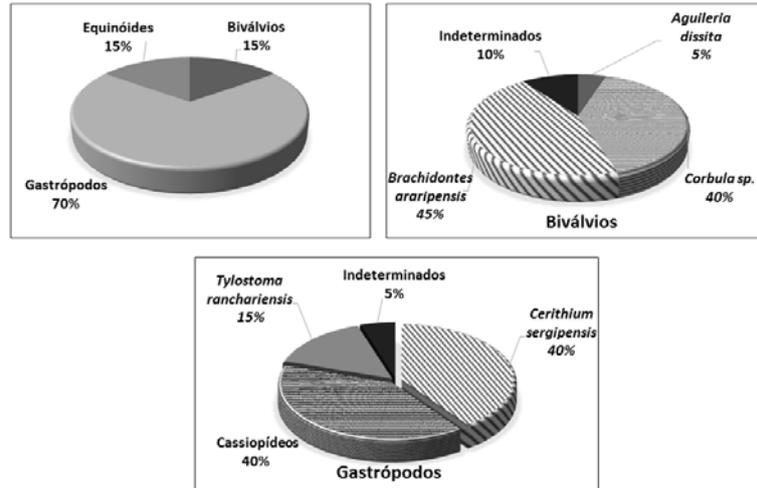


Fig. 3 – A. Distribuição da macrofauna de invertebrados fósseis da Formação Romualdo, Bacia do Araripe; B. Abundância relativa (%) das espécies e de indeterminados de bivalvíos coletados nas localidades; C. Abundância relativa (%) das espécies de gastrópodos, da Família Cassiopidae e de indeterminados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

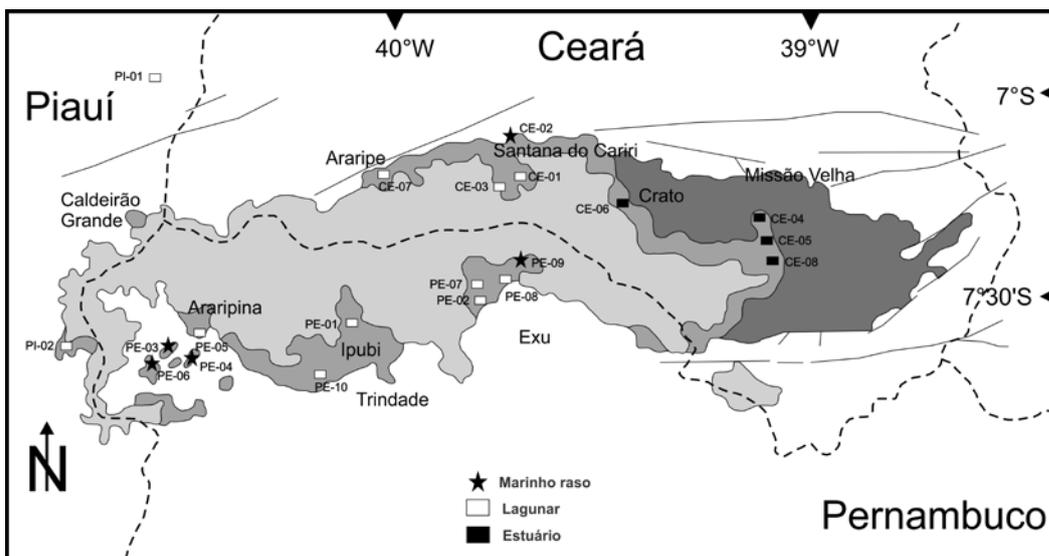


Fig. 4 – Associações faunísticas e interpretação paleoambiental com a presença de sistemas marinho raso, lagunar e estuarino.

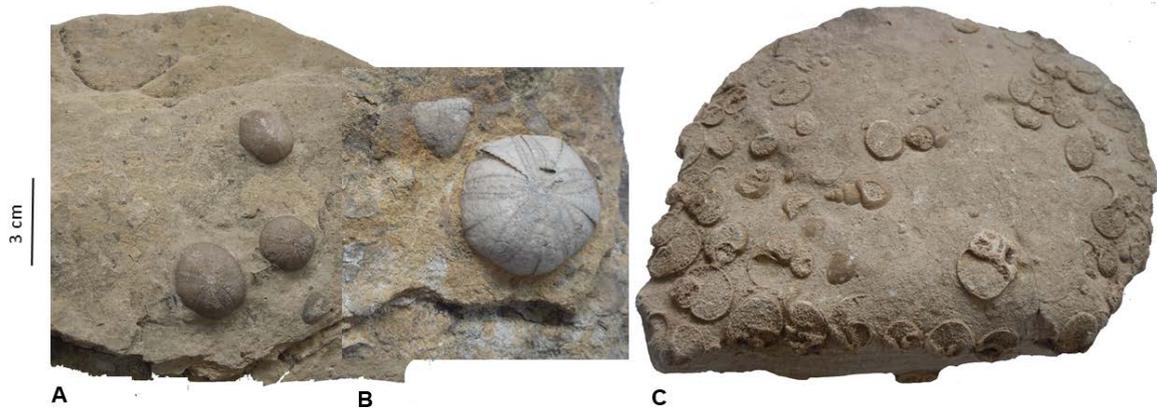


Fig. 5 – Associação marinha equinoides e *Tylostoma ranchariensis*. A – C. Cedro (PE – 09), Exu – PE. B. Canastra (PE – 03), Araripina – PE.

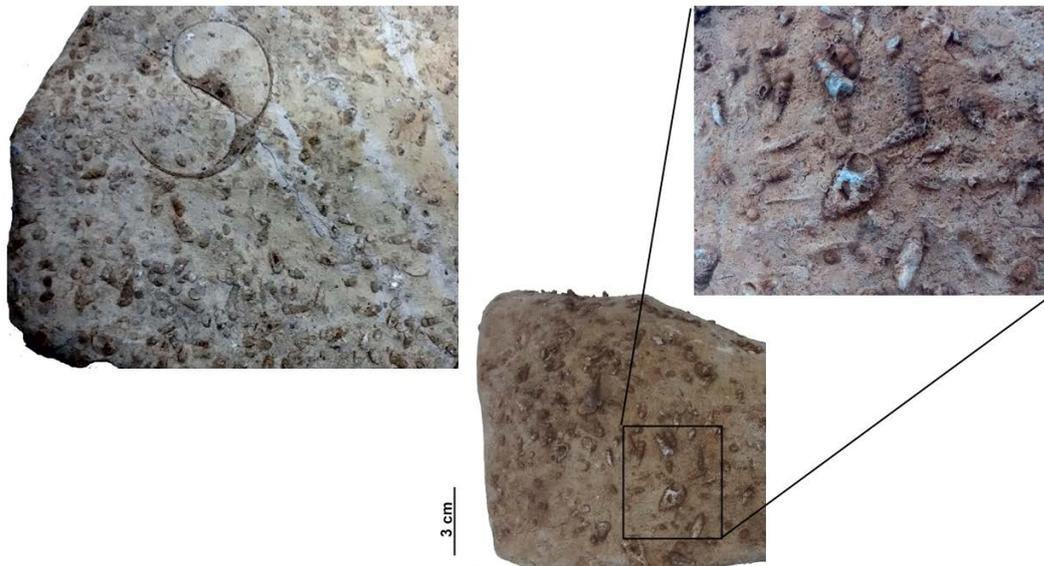


Fig. 6 – Associação marinha. *Tylostoma araripensis*, *Cerithium sergipensis* e cassiopídeos diversos. Torre Grande (PE – 04), Araripina, PE.



Fig. 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*.



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

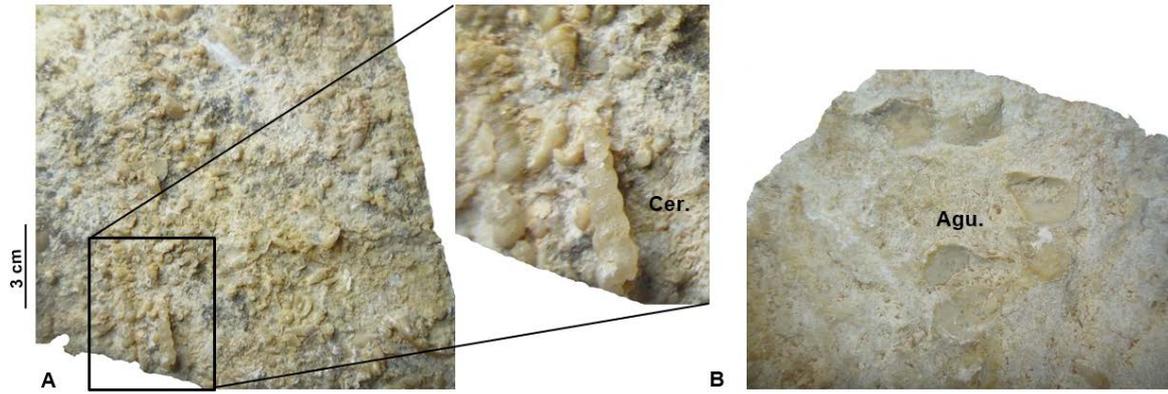


Fig. 9 – Gastrópodos pequenos e calcitizados dificultando a identificação. A. cassiopídeos e *Cerithium sergipensis* (Cer.); B. Amostra com concentração de *Aguileria dissita* (Agu.). A-B. Berlenga (PI – 01), Fronteiras, PI.

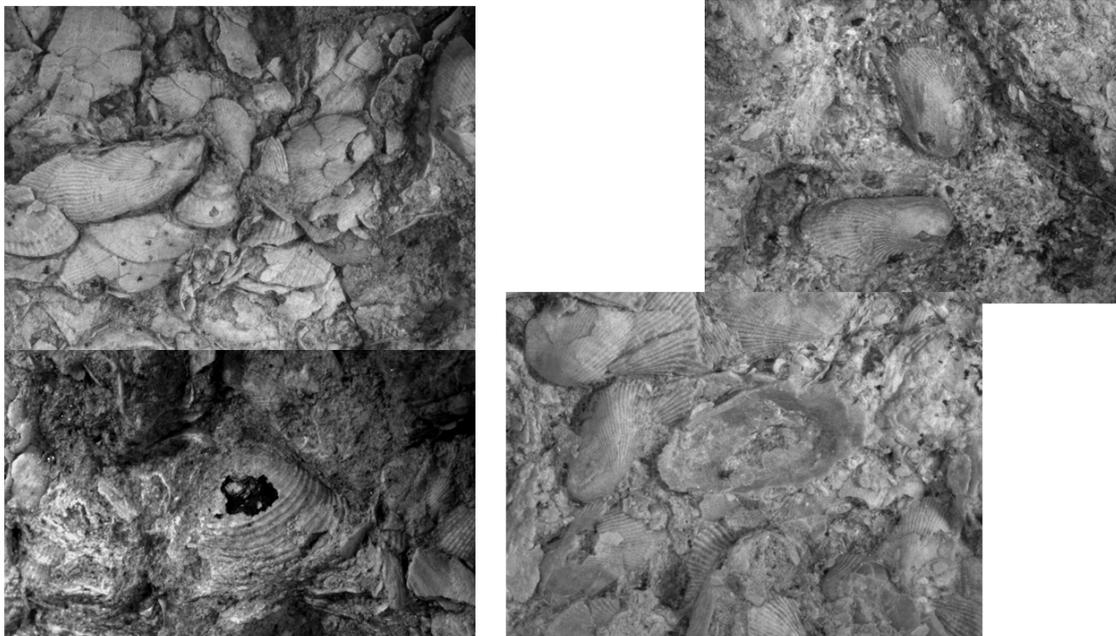


Fig. 10 – Concentração com predominância de *Brachidontes araripensis*, raros *Corbula* sp. Localidade de Santo Antônio (PE – 07), Araripina – PE.



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

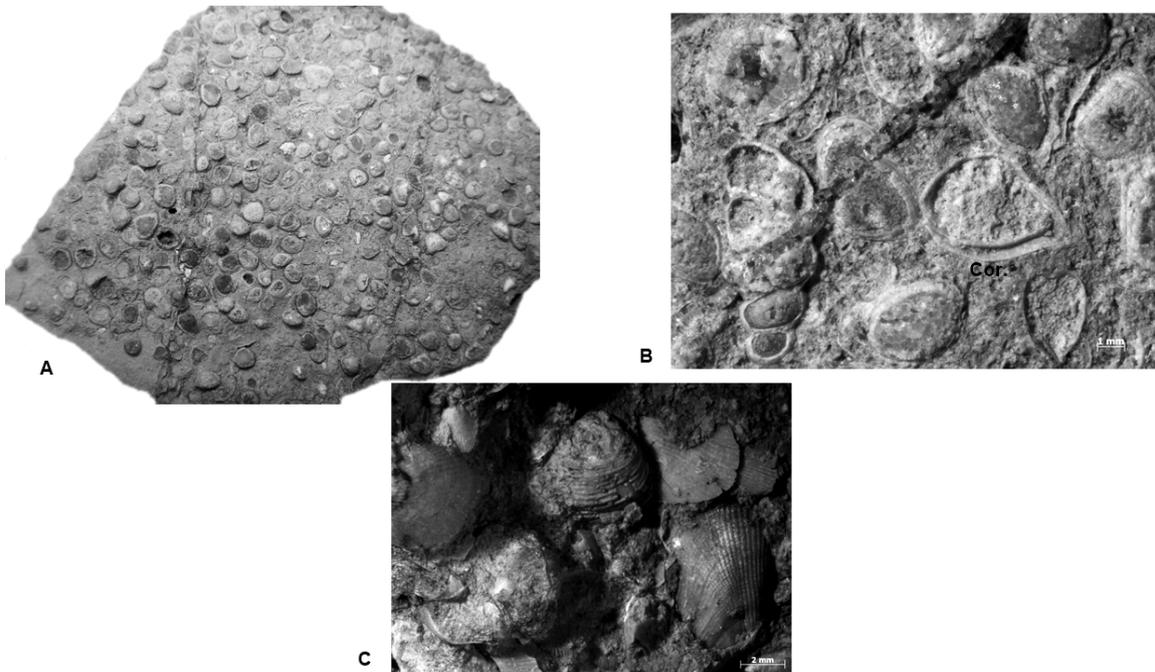


Fig. 12 – Associação estuarina. Concentrações de *Corbula* sp.; A-C Cercadinho (CE – 08), Missão Velha – CE.

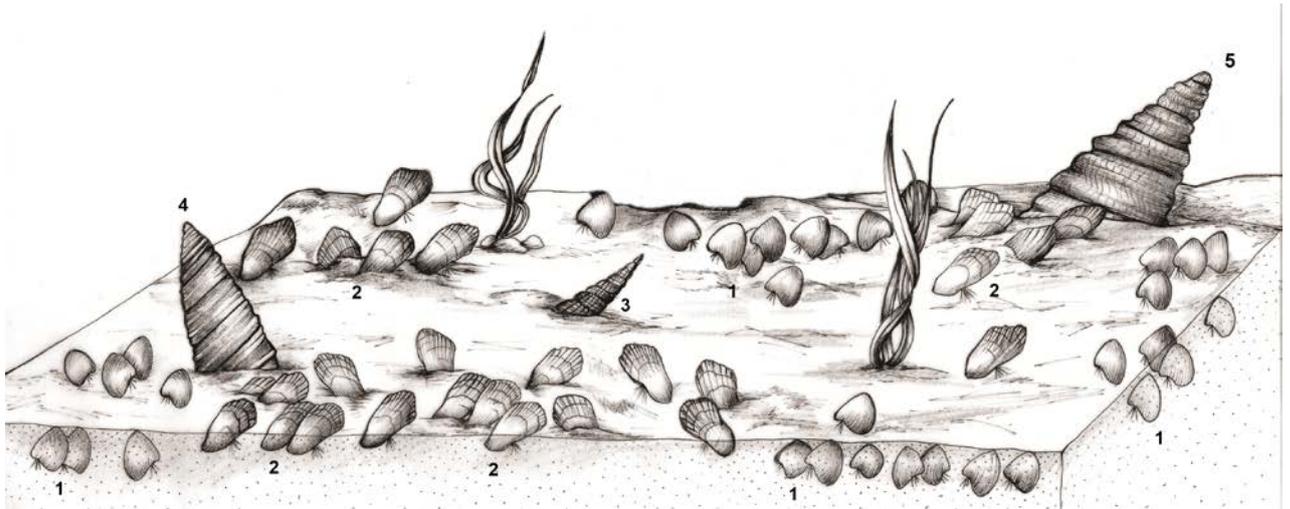


Fig. 13 - Reconstituição do posicionamento dos espécimes no ambiente estuarino da Formação Romualdo, Bacia do Araripe. 1. *Corbula* sp.; 2. *Brachidontes araripensis*; 3. *Cerithium sergipensis*; 4. *Gymnentome (Gymnentome) romualdoi*; 5. *Paraglauconia (Diglauconia) araripensis*.

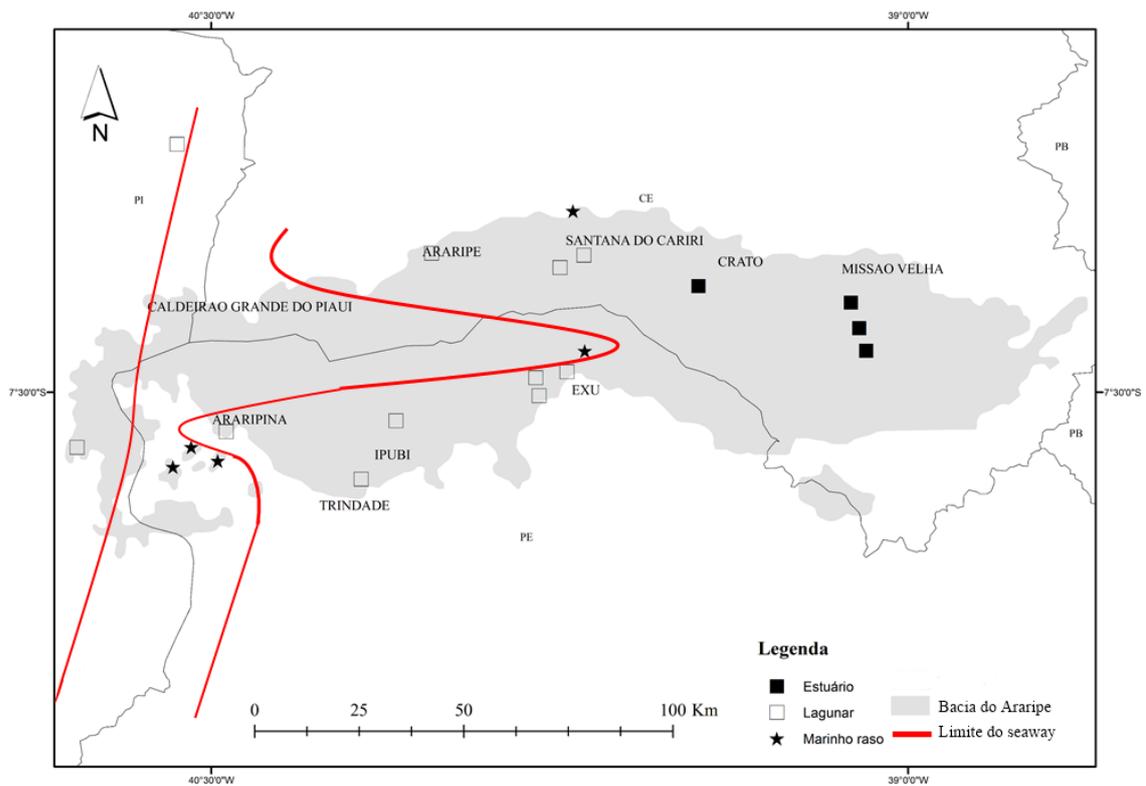


Fig. 14 – Proposta do limite do seaway na Bacia do Araripe de acordo com as associações faunísticas.

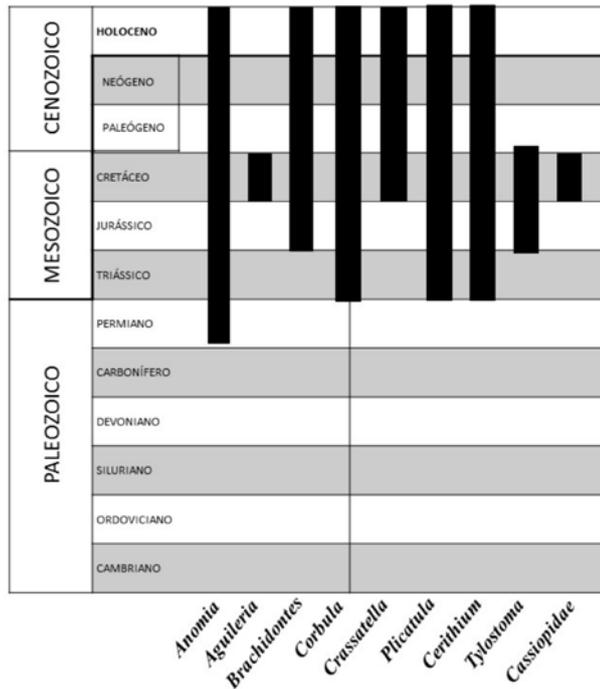


Fig. 15 – Distribuição estratigráfica dos gêneros de moluscos na Formação Romualdo, Bacia do Araripe.

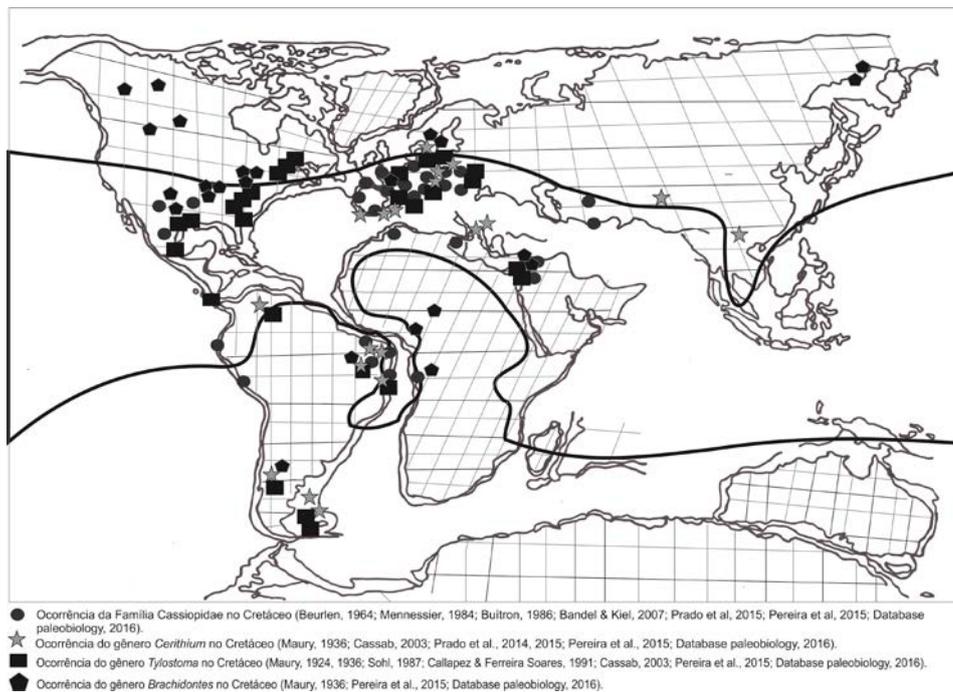


Fig. 16 – Distribuição paleogeográfica dos principais gêneros ocorrentes no período Cretáceo sob a influência do Mar de Tétis (Database Paleobiology, 2016). Os limites em tracejado contínuo representa a Paleoprovincia de Tétis. Modificado de Dias Brito (2000).

7. CONCLUSÕES

1. Foram identificadas sete espécies da Família Cassiopidae, sendo duas redescrições – *Paraglauconia (Diglauconia) araripensis* (Beurlen, 1964) e *Gymnentome (Gymnentome) romualdoi* (Beurlen, 1964); duas primeiras ocorrências: *Paraglauconia (Diglauconia) lyrica* Maury, 1936 e *Gymnentome (Gymnentome) carregozica* Maury, 1936; e três novas espécies ‘*Pseudomesalia*’ (‘*Pseudomesalia*’) *santanensis* sp. n. Pereira *et al.*, 2016, ‘*Pseudomesalia*’ (‘*Pseudomesalia*’) *menessieri* sp. n. Pereira *et al.*, 2016 e *Gymnentome (Craginia) beurleni* sp. n. Pereira *et al.*, 2016;
2. Uma análise paleobiogeográfica foi realizada com a família Cassiopidae na Bacia do Araripe e nas demais Bacias costeiras do Nordeste Brasileiro e em outros continentes, demonstrando que se trata de uma família típica da fauna Tetiana, colonizadora de regiões que foram banhadas pelo mar de Tétis na transgressão marinha aptiana;
3. Além da família Cassiopidae outras espécies de moluscos foram identificadas para a formação, os gastrópodos representados pela espécie nova *Tylostoma ranchariensis* n. sp. Pereira *et al.*, 2016, e primeira ocorrência *Cerithium sergipensis* Maury, 1936. Os bivalvíos estão representados pela espécie *Brachidontes araripensis* sp. n. Pereira *et al.*, 2016, a primeira ocorrência de *Aguileira dissita* White, 1887 e *Corbula* sp. Uma análise morfuncional dos espécimes gerou uma interpretação paleoautoecológica na qual foi possível traçar um perfil dos elementos que compunham a paleofauna de moluscos da Formação, os elementos eram eurialinos podendo alcançar outros habitats dentro do sistema marinho;
4. Também foi identificado um evento regional entre os moluscos das Formações Romualdo (Bacia do Araripe) e Formação Riachuelo (Bacia de Sergipe), no qual as espécies *Aguileira dissita*, *Cerithium sergipensis*, *Paraglauconia (Diglauconia) lyrica* e *Gymnentome (Gymnentome) carregozica* ocorrem no Aptiano-Albiano das duas bacias;
5. Com a identificação taxonômica dos moluscos foram agregadas informações referente aos equinóides presentes na Formação Romualdo, permitindo uma análise geral das associações. Consideraram-se 20 localidades presentes da bacia nas quais foram realizadas coletas sistemáticas, elaboração de perfis e análises estratigráficas. Em

relação as associações foram consideradas as espécies ocorrentes, paleoautoecologia, análise tafonômica, dados qualitativos (diversidade) e quantitativos (abundância relativa) que permitiram esboçar de acordo com a comunidade presente nas localidades o seu paleoambiente;

6. Três associações foram determinadas: ambiente marinho – com concentração de organismos estenohalinos como equinoides e *Tylostoma*, além de *Cerithium sergipensis*, *Aguileria dissita*, *Brachidontes araripensis* e cassiopídeos com baixa diversidade; ambiente lagunar – ausência de equinoides e *Tylostoma*, diversificada fauna de cassiopídeos, *Cerithium sergipensis*, *Aguileria dissita* e *Brachidontes araripensis*, estes dois últimos em menor quantidade; ambiente estuarino – dominado por corbulídeos identificados apenas como *Corbula*, sp., frequentes *Brachidontes araripensis*, cassiopídeos menos diversificados que no ambiente anterior e raros *Cerithium sergipensis*;

7. Com a determinação destas três associações e da identificação de elementos típicos do mar de Tétis, inferiu-se a possível rota da incursão marinha na Formação Romualdo, Bacia do Araripe. Devido 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.

REFERÊNCIAS

- Albuquerque, J.P.T. 1963. Geologia da área sudeste de Rancharia, sul de Araripina, Estado de Pernambuco. Bol. de Geol. [UFPE] 3, 46-48.
- 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. Boletim 5: 577-582.
- 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.
- Anjos, N.F.R. 1963. Conteúdo fóssil e idade da série Araripe. Symposium 5(1-2), 175-178.
- Assine, M. 1992. Análise Estratigráfica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. Rev. Brasil. de Geoc. 22 (3): 289-300.
- Assine, M. 2007. Bacia do Araripe. Bol. Geoc. 15 (2), 371-389.
- Banjac, N., Bandel, K., Kiel, S. 2007. Cassiopid gastropods from the Cretaceous of western Serbia. Annales Géologiques de la Péninsule Balkanique. Belgrade 68, 61-71.
- Beurlen, K. 1962a. Posição estratigráfica e paleogeográfica da chapada do Araripe. Congresso Brasileiro de Geologia 16, 2.
- Beurlen, K. 1962b. A geologia da chapada do Araripe. Anais da Acad. Bras. de Ciênc., 34(3), 365-370.
- Beurlen, K. 1963. Geologia e estratigrafia da chapada do Araripe. Cong. Nac. de Geol. 17, 1-47.
- Beurlen, K. 1964. As espécies dos Cassiopinæ, nova subfamília dos Turriteliidae, no Cretáceo do Brasil. Arq. de Geol. [UFPE] 5, 1-43.
- Beurlen, K. 1966. Novos equinóides no Cretáceo do Nordeste do Brasil. Anais da Acad. Bras. de Ciênc., 38(3-4), 455-464.
- Bruno, A. P. S., Hessel, M. H. 2007. Registros paleontológicos do cretáceo marinho na Bacia do Araripe. Rev. Estud. Geol. 16 (1): 30-49.
- Buitrón-Sánchez, B. E., López-Tinajero, Y. 1995. Mollusk gastropods in a Lower Cretaceous rudist-bearing Formation of Jalisco, West Central Mexico. Ver. Mexicana de Ciênc. Biológ. 12 (2), 157-168.
- 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.

Cleevely, 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.

Costa, M. J. 1963. Geologia da região oeste de Rancharia, município de Araripina, PE. *Bol. de Geol. [UFPE]* 3, 49-51.

Cox, L. R., 1964. General characteristics of Gastropoda. In: J. Brookes Knight, L. R. Cox, A. Myra Keen, A. G. Smith, R. L. Batten, E. L. Yochelson, N. H. Ludbrook, R. Robertson, C. M. Yonge & R. C. Moore (Eds.): *Treatise on invertebrate Paleontology. Part I. Mollusca 1 (Revised): 84-170*. The Geological Society of America, Boulder and The University of Kansas Press, Kansas and New York.

Cox, L. R.; Nuttall, C. P.; Trueman, E. R. 1969. General features of Bivalvia. In: Cox, L. R., Newell, N. D., Boyd, D. W., Branson, C. C., Raymond Casey, André Chavan, Coogan, A. H., Colette Dechaseaux, Fleming, C. A., Fritz Haas, Hertlein, L. G., Kauffman, E. G., Myra Keen, Aurèle LaRocque, McAlester, A. L., Moore, R. C., Nuttall, C.P., Perkins, B. F., Puri, H. S., Smith, L. A., Soot-Ryen, T., Stenzel, H. B., Trueman, E. R., Ruth D. Turner, John Weir (Eds.), *Treatise on Invertebrate Paleontology Part N. Mollusca 6*. The Geological Society of America, Boulder, and The University of Kansas Press, 3-121.

Hessel, M. H. R. e Junior, N. P. F. 1989. Algumas espécies de *Aguilera* (Bivalvia) do Albiano Inferior de Sergipe. *Anais do XI Cong. Bras. De Paleontologia, Curitiba*, 301-315.

Leite, W. A. 1963. Geologia da folha norte de Rancharia Pernambuco. *Boletim de Geologia* 3, 58-60.

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 biostratigraphic utility of its palaeobiota. *Cretac. Res.* 28: 895-920.

Mennessier, G., Calzada, S. 1985. Sobre dos Cassiopidae (Gastropoda) del Neocomiense español. *Munibe (Cienc. nat.)* 37,139-142.

Mennessier, G. 1984. Revision des gasteropodes appartenant à la famille des Cassiopidae Kollmann (= Glauconiidae Pchelintsev). *Trav. Dep. Geol. Univ. Picardie, Amiens* 1, 1-190 pls. 29.

Neumann, V.H., Cabrera, L., 1999. Una nueva propuesta estratigráfica para La tectono secuencia post-rifte de lacuenca de Araripe, Noreste de Brasil. In: *Simpósio Cretaceo Brasileiro*, 5. *Boletim de Resumo*, pp. 279-285

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

Ponte, F.C. 1992. Sistemas deposicionais na Bacia do Araripe, nordeste do Brasil. *Simpósio sobre as Bacias Cretáceas Brasileiras*, 2, Rio Claro, Resumos, UNESP: 81-84.

Prado, L. A. C. 2015. Tafonomia das concentrações de macroinvertebrados fósseis da Formação Romualdo, Araripina, PE e considerações paleoambientais. Dissertação de Mestrado, UFPE. 74p.

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 e Early Albian, Araripe Basin, Araripina, NE, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* 62: 218-228.

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. Ph.D.thesis, São Paulo University.

Savazzi, E., Peiyi, Y. 1992. Some morphological adaptations in freshwater bivalves. *Lethaia* 25: 195-209.

Savazzi, E. 1984. Functional morphology and autecology of Pseudoptera (Bakevelliid bivalves, upper Cretaceous of Portugal). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 46: 315-324.