

RESSALVA

Atendendo solicitação do autor, o texto completo desta tese será disponibilizado somente a partir de **04/04/2025**.



**PROGRAMA DE
PÓS-GRADUAÇÃO
EM GEOCIÊNCIAS
E MEIO AMBIENTE**

**MOLUSCOS BIVALVES DO CRETÁCEO INFERIOR, FORMAÇÃO
ROMUALDO, BACIA DO ARARIPE, BRASIL: A IMPORTÂNCIA
PALEONTOLÓGICA E GEOLÓGICA DE DADOS TAXONÔMICOS
E ESTRATIGRÁFICOS ACURADOS**

Vitor Bonatto Guerrini

Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

Rio Claro - SP
2023

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“Júlio de Mesquita Filho”
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS
Câmpus de Rio Claro

VITOR BONATTO GUERRINI

MOLUSCOS BIVALVES DO CRETÁCEO INFERIOR, FORMAÇÃO
ROMUALDO, BACIA DO ARARIPE, BRASIL: A IMPORTÂNCIA
PALEONTOLÓGICA E GEOLÓGICA DE DADOS TAXONÔMICOS E
ESTRATIGRÁFICOS ACURADOS

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geociências e Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Marcello Guimarães Simões

Rio Claro – SP
2023

G935m Guerrini, Vitor Bonatto
Moluscos bivalves do Cretáceo Inferior, Formação Romualdo,
Bacia do Araripe, Brasil: a importância paleontológica e geológica de
dados taxonômicos e estratigráficos acurados / Vitor Bonatto Guerrini.
-- Rio Claro, 2023
188 p. : il., tabs., fotos, mapas

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro
Orientador: Marcello Guimarães Simões

1. Paleontologia. 2. Bivalves. 3. Cretáceo Inferior. 4. Grupo
Santana. 5. Bacia do Araripe. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Impacto potencial desta pesquisa

A presente tese de doutoramento aborda temas relacionados à origem e evolução da fauna de moluscos bivalves da Formação Romualdo, Grupo Santana, Bacia do Araripe. Visa, também, discutir aspectos sobre a distribuição intra e interbaciais destes animais no Nordeste do Brasil. Tal discussão é feita utilizando ferramentas fornecidas pelos campos da sedimentologia, estratigrafia, taxonomia e paleoecologia, podendo ser incluída no campo das ciências básicas com uma abordagem histórica.

Assim sendo, os principais impactos desta pesquisa são mais facilmente medidos em termos de suas implicações teórico-científicas, apenas tangenciando potenciais impactos sociais e não apresentando qualquer impacto econômico.

Dentre os impactos científicos destaca-se a análise taxonômica dos moluscos bivalves da Formação Romualdo. Esta ferramenta foi utilizada como ponto de partida para o entendimento da origem e evolução da fauna, sua possível associação com as variações no nível do mar, bem como sua correlação. Secundariamente, pode-se incluir os bivalves pertencentes a uma nova assembleia fossilífera, registrados na sucessão sedimentar regressiva no topo da Formação Romualdo. Portanto, este estudo, possivelmente, terá relevância para pesquisadores interessados no contexto paleontológico e geológico da Bacia do Araripe.

Dentre os possíveis impactos de cunho social, o presente estudo pode auxiliar na criação de políticas públicas para a conservação de afloramentos e localidades-tipo e na criação de geoparques, com o intuito de promover a cultura regional e nacional sobre história geológica e paleontológica do Brasil em diferentes períodos geológicos.

Potencial impact of this research

The main goal of the present study addresses the origin and evolution of the bivalve mollusk fauna of the Romualdo Formation, Santana Group, Araripe Basin. A discussion of the intra and interbasinal distribution of these mollusks in the northeastern Brazil is also presented. Therefore, the impact of this research is mainly measured by its theoretical-scientific implications, and potentially, social impacts.

The taxonomy of the bivalves of the Romualdo Formation is the main approach of this study. Their systematic knowledge is used to understand the origin and evolution of the fauna, its possible association with sea level variations, as well as its biocorrelation. Secondly, a new mollusk-dominated assemblage is recorded in the regressive sedimentary succession at the top of the Romualdo Formation and its paleoenvironmental implications are discussed. Therefore, this study will possibly draw attention to researchers interested in the paleontological and geological context of the Araripe Basin.

Among the possible social impacts, this research can help in the creation of certain policies for the conservation of outcrops and type-localities and the establishment of geoparks, in order to promote the regional and national culture of geological and paleontological history of Brazil.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“Júlio de Mesquita Filho”
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS
Câmpus de Rio Claro

VITOR BONATTO GUERRINI

MOLUSCOS BIVALVES DO CRETÁCEO INFERIOR, FORMAÇÃO
ROMUALDO, BACIA DO ARARIPE, BRASIL: A IMPORTÂNCIA
PALEONTOLÓGICA E GEOLÓGICA DE DADOS
TAXONÔMICOS E ESTRATIGRÁFICOS ACURADOS

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Geociências e Meio Ambiente.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Marcello Guimarães Simões (presidente)
IB/UNESP/Botucatu (SP)

Profa. Dra. Juliana de Moraes Leme Basso
IGc/USP/São Paulo (SP)

Prof. Dr. Ismar de Souza Carvalho
IGEO/UFRJ/Rio de Janeiro (RJ)

Prof. Dr. Sergio Agustín Martínez
Universidad de la República/Montevidéu - Uruguai

Prof. Dr. Gerson Fauth
UNISINOS/São Leopoldo (RS)

Conceito: Aprovado.

Rio Claro/SP, 04 de outubro de 2023.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Dr. Marcello G. Simões (IBB/UNESP), pela orientação, pela paciência, ensinamentos científicos, didáticos, burocráticos, entre tantos outros, e pelas inúmeras oportunidades de crescimento profissional e pessoal.

Aos colegas de laboratório, Profa. Dra. Suzana A. Matos (UFU), Victor R. da Silva, Mariza G. Rodrigues, Hugo Queiroz, pelas conversas, pela solução de dúvidas, pela ajuda em diversas tarefas e pela amizade.

Ao Prof. Dr. Franz T. Fürsich (Frederich-Alexander University/FAU) e Prof. Dr. Simon Schneider (Cambridge University/CASP) pela gentileza em elucidar alguns aspectos sobre a taxonomia de bivalves e disponibilizar bibliografia referente ao assunto.

Ao Setor de Zoologia, do Departamento de Biodiversidade e Bioestatística e ao Laboratório de Paleontologia e Geologia do IBB/UNESP, pelo uso de sua infraestrutura e coleções científicas.

Ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas (UNESP), pelo uso das instalações e salas de aula.

Aos secretários e funcionários do IGCE/UNESP e IBB/UNESP, pela paciência, educação e atenção de sempre.

Aos meus pais Iraê A. Guerrini e Ivana G. B. Guerrini, pelos conselhos, paciência e por todo apoio prestado no decorrer deste trabalho.

À minha esposa Laura O. C. Guerrini, por acreditar em mim, por sempre ter uma palavra carinhosa em momentos difíceis, pelos conselhos, paciência e por todo apoio prestado no decorrer deste trabalho.

Por fim, agradeço às agências de fomento, as quais forneceram bolsas de doutorado (CAPES e CNPq) e financiaram viagens e coletas de dados em campo (CNPq):

- Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – Processo 141633/2020-4.
- Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – Projeto CNPq 01039/2014-15.

- O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

“Sabedoria consiste em ordenar bem a nossa própria alma.”

Platão

RESUMO

A Formação Romualdo da Bacia do Araripe, Cretáceo Inferior, nordeste do Brasil, é mundialmente conhecida por seus depósitos com fósseis excepcionalmente bem preservados. Dentre os macroinvertebrados, os principais representantes são os moluscos, equinóides e crustáceos decápodes. Em alguns intervalos estratigráficos da Formação Romualdo os moluscos são abundantes, gerando rochas ricas em bioclásticos. Apesar dos recentes avanços no conhecimento sobre a taxonomia dos bivalves, faltam estudos taxonômicos acurados para quase todos os outros grupos de bivalves. Desta forma, a presente tese apresenta uma análise taxonômica detalhada da fauna bivalves da Formação Romualdo e o impacto destes dados na resolução de problemas paleontológicos e geológicos. Foram examinados mais de 300 espécimes de bivalves, coletados com o devido rigor estratigráfico e geográfico, nas localidades de Serra do Mãozinha, Sobradinho, Estiva, Serra do Ignácio e Hospital. No total foram reconhecidas dez espécies de bivalves dentre novos gêneros, novas espécies, redescrições e nomenclatura aberta [*Musculus maroimensis*, *Araripenomia infirma*, *Santanella maroimensis*, *Inversatella cearensis*, *Ciceromya edentulosa*, “*Lucina*” sp., *Legumen kaririense*, *Australoeocallista juazeiroi*, “*Tellina*” sp. e *Corbulomima delicata*]. Assim, a malacofauna é formada principalmente por gêneros endêmicos de origem salobra e marinha, que ocorrem em intervalos estratigráficos bem definidos na sucessão sedimentar da Formação Romualdo, por vezes formando concentrações quase monoespecíficas. Apesar da presença de elementos endêmicos, algumas famílias sugerem relações com a fauna de moluscos da Formação Riachuelo do Cretáceo Inferior, Bacia de Sergipe-Alagoas, como já apontado pelos bivalveiros, gastrópodes e equinóides. De fato, a malacofauna é, em parte, uma fauna marinha modificada e menos diversa daquela da Formação Riachuelo. Adicionalmente, *A. infirma* e *L. kaririense* da Formação Romualdo se assemelham a *Anomia ponticulana* e *L. carolinense*, respectivamente, da Formação Woodbine do Cretáceo Norte-Americano. Finalmente, uma nova assembleia fóssil dominada por moluscos foi registrada em depósitos de planície de maré, do trato de sistemas de mar baixo, situada no topo da Formação Romualdo em Sobradinho, acima dos níveis de coquinas. A assembleia é composta por bivalves endêmicos de águas salobras/marinhos aqui descritos para os depósitos transgressivos subjacentes, além de bivalves dulcícolas, até então conhecidos apenas na Formação Crato (*Cratoniaia novaolidensis*, *Monginellopsis bellaradiata* e *Araripenaia elliptica*). As conchas de espécies marinhas/salobras e dulcícolas ocorrem na mesma amostra de mão e exibem o mesmo padrão de preservação, sendo registrados em conglomerado rico em intraclastos de argilito,

representativo da fácies de canal de maré. Portanto, os bivalves dulcícolas não são elementos refossilizados da unidade subjacente. Eles demonstram que, durante a maior parte da história deposicional da Formação Romualdo, os bivalves de águas doces prosperaram nos ambientes fluviais e/ou ambientes transicionais/costeiros de baixa salinidade, coevos à Formação Romualdo, cujo registro estratigráfico é escasso ou mesmo ausente na Bacia do Araripe. Sem este registro, a distribuição vertical ficaria restrita principalmente à camada Caldas no terço basal da Formação Crato. Deste modo, os dados expandem a amplitude vertical desses bivalves e sua presença na assembleia fóssil aqui descrita corresponde a um exemplo notável de Táxon Lazarus e evidenciam o forte controle faciológico na formação do registro fóssil.

Palavras-chave: Grupo Santana; Bacia do Araripe; Sobradinho; Estiva; Aptiano; Autolamellibrachianta; Heteroconchia.

ABSTRACT

The fossil-rich Aptian Romualdo Formation, Araripe Basin, northeastern Brazil, contains world renowned Fossilagerstätten characterized by exceptionally preserved fossils. Macroinvertebrates are mainly represented by mollusks, echinoids, and decapod crustaceans. In certain stratigraphic intervals of the Romualdo Formation mollusk shells are abundant, forming coquinas and shell pavement deposits. Despite their abundance and recent advances in our knowledge on the taxonomy of some groups, accurate taxonomic studies are lacking for almost the entire bivalve fauna. Therefore, its detailed taxonomic analysis is presented here. Data is based on over 300 specimens collected with appreciable stratigraphic and geographic accuracy from four geological sections in the states of Ceará and Pernambuco, as well as from scattered outcrops of strata overlying the crystalline basement. The bivalve fauna is mainly composed of Musculidae, Bakevellidae (not treated here), Anomiidae, Crassatellidae, Astartidae, Anomalodesmata (family uncertain), Lucinidae, Veneridae, Tellinidae, and Corbulidae. The described bivalves encompass at least ten taxa among new genera, new species, redescriptions, and open nomenclature specimens [*Musculus maroimensis*, *Araripenomia infirma*, *Santanella maroimensis*, *Inversatella cearensis*, *Ciceromya edentulosa*, “*Lucina*” sp., *Legumen kaririense*, *Australoeocallista juazeiroi*, “*Tellina*” sp. and *Corbulomima delicata*]. This bivalve fauna is mainly formed by endemic brackish/marine genera, which occur in well-defined stratigraphic intervals, occasionally forming near-monospecific concentrations. Despite the degree of endemism, some bivalve families are related to the coeval fauna of the Early Cretaceous Riachuelo Formation of the Sergipe-Alagoas Basin, as already indicated by bakevellid bivalves, gastropods, and echinoid species. Indeed, the Romualdo bivalve fauna is, in part, a modified and less diverse marine fauna of that of the Riachuelo Formation. In addition, *A. infirma* gen. et sp. nov. and *L. kaririense* sp. nov. of the Romualdo Formation close resembles *Anomia ponticulana* and *L. carolinense*, respectively, of the Woodbine Formation of the North American Cretaceous. Finally, a new mollusk-dominated assemblage was recorded in tidal flat/coastal deposits in the uppermost part of the Romualdo Formation, above the bakevellid-dominated shell-beds that records the last marine ingressions in the Araripe Basin. The bivalve fauna is mainly composed of brackish/marine endemic species (*i.e.*, *Legumen kaririense* and *Australoeocallista juazeiroi*), described for the underlying transgressive deposits of the Romualdo Formation, as well as *Cratonaia novaolidensis*, *Monginellopsis bellaradiata* and *Araripenaia elliptica* that are typical freshwater species known only in the Crato Formation. Both marine and freshwater bivalves are found in the same hand sample in conglomerates of

the tidal flat channel facies do the Romualdo Formation. The bivalves have the same preservational type and same shell infill. Hence, the freshwater bivalves are not fossil remané in the tidal deposits. The taphonomic data indicates that they thrived in rivers and/or transitional/coastal low salinity environments of the Araripe Basin coeval to the deposition of the regressive deposits of the Romualdo Formation. Without this record, the vertical distribution of these freshwater bivalves would be restricted mainly to the Caldas bed of the basal third of the Crato Formation. Hence, the data expand considerably the stratigraphic distribution of these bivalves, which correspond to an evident example of facies-controlled Lazarus taxa.

Keywords: Santana Group; Araripe Basin; Sobradinho; Estiva; Aptian; Autolamellibranchiata; Heteroconchia.

LISTA DE FIGURAS

Págs.

- Figure 01-** Mapa geológico da Bacia do Araripe. Abreviação: Fm.= Formação. Modificado de Assine et al. (2014) e Rodrigues et al. (2020). **35**
- Figure 02-** Aspecto geral dos principais afloramentos fossilíferos da Formação Romualdo, Grupo Santana, Bacia do Araripe, aqui estudados. A- Folhelhos escuros com concreções carbonáticas da parte basal da unidade, na localidade de Sobradinho, município de Jardim, Ceará. Esta exposição encontra-se, atualmente, encoberta. B- Siltitos e arenitos da Formação Romualdo, na localidade de Serra do Mãozinha, município de Missão Velha, Ceará. **36**
- Figure 03-** A- Exposição geral do topo da seção geológica de Sobradinho, Formação Romualdo, Grupo Santana, Bacia do Araripe. B- Conglomerado intraformacional bioclástico e arenito heterolítico com estratificação *flaser*, mostrando traço-fóssil *Fugichmia*. **37**
- Figure 04-** Seções colunares dos afloramentos da Formação Romualdo de onde provêm os bivalves estudados, Bacia do Araripe, nordeste do Brasil. 1- Serra do Inácio, município de Araripina, Pernambuco. 2- Estiva, município de Santana do Cariri, Ceará. 3- Sobradinho, município de Jardim, Ceará. 4- Serra do Mãozinha, município de Missão Velha, Ceará. C – argilito; St – siltito, FS – arenito fino; MS – arenito médio; CS – arenito grosso; G – conglomerado; TR – ciclo Transgressivo/Regressivo; T – Transgressivo; R – Regressivo; MFZ – Zona de Máxima Inundação; MFS – Superfície de Máxima Inundação. **39**

LISTA DE TABELAS

Págs.

Tabela 01- Síntese dos dados disponíveis na literatura dos principais estudos com bivalves da Formação Romualdo. **27**

Tabela 02- Localidade dos afloramentos da Formação Romualdo, Bacia do Araripe, Brasil, de onde derivam os bivalves em estudo. **35**

LISTA DE FIGURAS

APÊNDICE 1

Págs.

- Figure 01-** Araripe Basin geological map, northeastern Brazil. 1: Serra do Inácio locality; 2: Estiva locality; 3: Serra do Mãozinha locality; 4: Sobradinho locality; 5: Hospital locality. Abbreviation: Fm. – Formation. Modified from Assine et al. (2014) and Rodrigues et al. (2020). **123**
- Figure 02-** Main columnar sections (E-W transect) of the Romualdo Formation from which the studied bivalves were recorded. Note the thicker section (Sobradinho) in the eastern part of the Araripe Basin. C – clay; St – silt, FS – fine sandstone; FM – medium sandstone; CS – coarse sandstone; G – granule; TR – Transgressive/Regressive cycles; T – Transgressive; R – Regressive; MFZ – Maximum Flooding Zone; MFS – Maximum Flooding Surface. **124**
- Figure 03-** *Musculus maroimensis* (White, 1887), general morphology and drawings, composite molds. A-B. Right valve, showing the external ornamentation, DZP-21691. C-D. Right valve exhibiting denticules corresponding to a few external costellae (white arrow), DZP-19601. E-F. Right valve with well-developed lateral sinus, DZP-21708. G-H. Left valve, DZP-19549, showing well-marked costellae in the anterior/ventral margins. Scale bar = 1 mm. **125**
- Figure 04-** Comparison and different preservation patterns of the external ornamentation of the shells of *Musculus maroimensis* (White, 1887), Riachuelo Formation, Sergipe-Alagoas Basin (A-B) and Romualdo Formation, Araripe Basin (C-H). Scale bar (A-B) = 10 mm. Scale bar (C-H) = 1 mm. **126**
- Figure 05-** *Araripenomia infirma* gen. et sp. nov. A. Left valve, recrystallized, and silicified shells, dorsal view, Paratype, DZP-21539. B. Left valve of a silicified, strongly convex, specimen, DZP-21540. C. Left valve, silicified, lateral view showing the shell outline, Holotype, DZP-22138. D. Detail of the irregularly spaced rugae, same specimen as is C. Note the crenulated aspect of the shell surface. Scale bar = A-C: 5 mm; D: 2 mm. **127**
- Figure 06-** *Araripenomia infirma* gen. et sp. nov. A-D. Tiny, left, recrystallized and silicified shells, lateral view. A. Note the concentric ornamentation at the umbo, DZP-22154. B. Specimen with subcircular outline, DZP-22158. C. Subcircular, convex valve with high umbo, DZP-22156. D. Broken valve preserving the subterminal umbo (see also specimen in A), DZP-22164. Scale bar = 1 m. **128**
- Figure 07-** *Araripenomia infirma* gen. et sp. nov. A-G. Very small, less convex, broken, silicified right valves. Note the pervasive recrystallization of the shells (A-C) and the preservation of the hinge (thickest) area. See also the well-marked byssal notch and resilifer **129**

(arrows). A-B. DZP-22144. C. DZP-22146. D-F. Internal view, DZP-22145. G. External view of the same specimen. Scale bar = 1 mm.

Figure 08- *Santanella maroimensis* comb. nov. silicified left valve. A. Dorsal view, showing a well-marked lunule. Also note the projecting cardinal teeth. B. Internal lateral view displaying hinge teeth and resilifer. Note the isolate anterior cardinal tooth. C. External lateral view, exhibiting irregularly spaced growth lines. Larval shell arrowed. Explanation: lu: lunule; alt: anterior lateral tooth; act: anterior cardinal tooth; pct: posterior cardinal tooth; r: resilifer; plt: posterior lateral teeth. Scale bar = 1 mm. **130**

Figura 09- Drawing of the left valve of *Santanella maroimensis* comb. nov. with inferred (mirrored) right valve (above). Explanation: aams, anterior adductor muscle scar; alt/sckt, anterior lateral teeth and sockets; apr, anterior protractor muscle scar; lu, lunule; act/sckt, anterior cardinal teeth and sockets; r, resilifer; plt/sckt, posterior lateral teeth and sockets. In black, sockets; in gray, teeth. Scale bar = 1 mm. **131**

Figura 10- Comparison between *Santanella maroimensis* comb. nov. of the Riachuelo Formation, Sergipe-Alagoas Basin (A-D) and Romualdo Formation, Araripe Basin (E-F). Note the similarities between the gross shell morphology, lunule and anterior adductor muscle scar. Explanation: aams, anterior adductor muscle scar; alt/sckt, anterior lateral teeth and sockets; apr, anterior protractor muscle scar; lu, lunule; act/sckt, anterior cardinal teeth and sockets; r, resilifer; plt/sckt, posterior lateral teeth and sockets. In black, sockets; in gray, teeth. Scale bar (A-D) = 10 mm. Scale bar (E-F) = 1 mm. **132**

Figura 11- *Inversatella cearensis* gen. et sp. nov. A-D. General shell morphology, composite molds, right valves. A. DZP-19542. B. DZP-19611. C. DZP-19613. D. DZP-20754. Scale bar = 5 mm. **133**

Figura 12- *Inversatella cearensis* gen. et sp. nov. composite molds, hinge structure, muscle scars, and drawings. A-B. Right valve showing the hinge teeth formula and muscle scars, DZP-21974. Note that the bottom shell in A is a FIMO cast. C-D. Right valve showing well-preserved posterior lateral tooth, DZP-21973. Explanation: aa, anterior adductor muscle scar; pa, posterior adductor muscle scar; pl, pallial line. Scale bar = 5 mm. **134**

Figura 13- *Inversatella cearensis* gen. et sp. nov. external molds, shell ornamentation. A-B. Right valve, note the concentric ornamentation near the umbo, DZP-19542C. C-D. Conjoined valves, DZP-21964. Scale bar = 5 mm. **135**

Figura 14- *Ciceromya edentlosa* gen. et sp. nov. A, C. Articulated valves, internal mold, DZP-20114, note the edentulous hinge (white arrow). B, D. Conjoined valves, internal mold, DZP-20063, showing the anterior muscles scars. E. Closed articulated valves, internal mold, DZP-20068, showing the anterior adductor muscle scar and posterior adductor and protractor muscle scars. F. Specimen DZP-20118 with closed articulated valves showing parts of the shell with preserved irregularly spaced growth lines. Explanation: aa, anterior adductor **136**

muscle scar; ap, anterior protractor muscle scar; ar: anterior retractor muscle scar; pa: posterior adductor muscle scar. Scale bar = 5 mm.

Figura 15- Drawings of *Ciceromya edentulosa* gen. et sp. nov. A. Right valve of the conjoined specimen, exhibiting the anterior muscle scars, DZP-20063. B. Conjugated specimen, showing the anterior adductor muscle scar and posterior adductor and protractor muscle scars, DZP-20068. C. Closed articulated valves with edentulous hinge (black arrow), DZP-20114. Explanation: aa, anterior adductor muscle scar; ap, anterior protractor muscle scar; ar: anterior retractor muscle scar; pa: posterior adductor muscle scar. Scale bar = 5 mm. **137**

Figura 16- “*Lucina*” sp., internal molds. A. Left valve, showing the faintly marked dorsal area, DZP-20730A. B. Drawing of the same specimen as in A, note the poorly preserved anterior adductor muscle scar and part of the pallial line. C. Left valve, anterior lateral tooth arrowed, DZP-20757. D. Drawing of the same specimen as in C, showing an elongate anterior adductor muscle scar. E. Right valve, displaying the anterior lateral socket (arrow), DZP-20740. F. Drawing of the same specimen as in E, highlighting the anterior lateral groove. Explanation: in black, sockets; in gray, tooth. Scale bar = 5 mm. **138**

Figura 17- *Legumen kaririense* sp. nov., conjoined valves. A. DZP-20032, left valve with the anterior and posterior adductor muscle scars preserved, as well as the pallial sinus. B. DZP-20607, right valve showing the anterior muscle scars and pallial sinus. C. DZP-20015, left valve showing the shell and part of the internal mold, note the external ornamentation. D. DZP-20038, right valve, internal mold. Scale bar = 10 mm. **139**

Figura 18- A-C. Detail of the hinge dentition of *Legumen* Conrad, 1858 shells. A, C. Drawings of the hinge of *Legumen carolinense*, based on Collins et al. (2019). B. Closed articulated specimen, DZP-20024, internal mold showing the teeth; hinge configuration as in Collins et al. (2019). D. Drawing of DZP-20015, conjoined valves. Note the absence of lunule and escutcheon. Explanation: in black, sockets; in gray, teeth. Scale bar = A-C: 2 mm; B: 5 mm; D: 10 mm. **140**

Figura 19- *Legumen kaririense* sp. nov., conjoined valves. A. DZP-20014, right valve showing the internal mold with well-preserved pallial sinus and posterior adductor and protractor muscle scars. B. DZP-20032, conjugated valves highlighting the anterior muscle scars. C. DZP-20046, right valve with deeply impressed muscle scars, and pallial line. Explanation: aa, anterior adductor muscle scar; ar, anterior retractor muscle scar; pa, posterior adductor muscle scar; pl, pallial line; ppr, posterior protractor muscle scar; ps, pallial sinus. Scale bar = A, C: 10 mm; B: 5 mm. **141**

Figura 20- A. *Legumen kaririense* sp. nov., drawing of conjoined valves, showing the adductor muscle scars, anterior retractor muscle scars, posterior protractor muscle scar, pallial line and pallial sinus, DZP-20046. B. Drawing of a left valve of *Legumen carolinense* (Conrad, 1875) for comparison, based on Collins et al. (2019, fig. 1, pag. 9). Note the wide, continuous, pallial line distant from the valve margin. Explanation: ar, anterior retractor muscle scar; ppr, posterior protractor muscle scar. Scale bar = 10 mm. **142**

Figura 21- *Australoeocallista juazeiroi* gen. et sp. nov., silicified shells, general morphology, and hinge structure. A. Left valve showing the hinge teeth formula, DZP-22136. B. Right valve displaying the corresponding hinge formula, DZP-22131. C. Left valve showing well-preserved posterior lateral tooth, DZP-22135A. D. Right valve, DZP-22134. Scale bar = 5 mm. **143**

Figura 22- *Australoeocallista juazeiroi* gen. et sp. nov., drawings based on silicified shells. A. Left valve showing the muscle scars, pallial line, and hinge teeth, DZP-22136. B. Right valve highlighting the hinge teeth, DZP-22134. Explanation: aa, anterior adductor muscle scar; apr, anterior protractor muscle scar; pa, posterior adductor muscle scar; pl, pallial line. Scale bar = 5 mm. **144**

Figura 23- *Australoeocallista juazeiroi* gen. et sp. nov., internal molds, general morphology and muscle scars and hinge. A-B. Splayed open valves showing the muscle scars and pallial line. Note the form and location of the apr muscle scar, DZP-19528. C-D. Right valve displaying the well-marked, shallow pallial sinus, DZP-21719. Explanation: aa, anterior adductor muscle scar; apr, anterior protractor muscle scar; pa, posterior adductor muscle scar; pl, pallial line; ps, pallial sinus. Scale bar = 5 mm. **145**

Figura 24- *Australoeocallista juazeiroi* gen. et sp. nov. silicified shells, dorsal view. A. Right valve showing no lunule and escutcheon, DZP-22132. Note the ligamental furrow (white arrow). B. Right valve with regularly spaced growth lines, DZP-22134. Scale bar = 5 mm. **146**

Figura 25- Comparison and drawings of *Tellina* sp. from the Riachuelo Formation, Sergipe-Alagoas Basin (A-B) and “*Tellina*” sp. from the Romualdo Formation, Araripe Basin (C-D). A-B. Internal mold, left valve, note the long, straight anterior, and posterior lateral teeth. C-D. Composite mold, conjoined valves, also showing the lateral teeth and corresponding sockets and posterior adductor muscle scar. Scale bar (A-B) = 10 mm. Scale bar (C-D) = 5 mm. **147**

Figura 26- *Corbulomima delicata* sp. nov., internal or composite molds and corresponding drawings. A-B. Right valve with a well-preserved external ornamentation, DZP-20602. C-D. Closed articulated valves. Note the largest right valve, DZP-21332 A. E-F. Left valve with a deeply impressed circular posterior adductor muscle scar, DZP-21332 B. G-H. Right valve showing the posterior adductor muscle scar, DZP-21297. Explanation: pa, posterior adductor muscle scar. Scale bar = 1 mm. **148**

LISTA DE TABELAS

APÊNDICE 1

Págs.

- Tabela 01-** Bivalve-bearing geological sections and outcrops of the Romualdo Formation **113**
- Tabela 02-** Measurements (mm) of the valves of *Musculus maroimensis* (White 1887), Romualdo Formation, Araripe Basin, northeastern Brazil. **114**
- Tabela 03-** Measurements (mm) of the valves of *Santanella maroimensis* comb. nov., Romualdo Formation, Araripe Basin, northeastern Brazil. **115**
- Tabela 04-** Measurements (mm) of the valves of *Inversatella cearensis* gen. et sp. nov., Romualdo Formation, Araripe Basin, northeastern Brazil. **116**
- Tabela 05-** Measurements (mm) of the valves of *Ciceromya edentulosa* gen. et sp. nov., Romualdo Formation, Araripe Basin, northeastern Brazil. **117**
- Tabela 06-** Measurements (mm) of the valves of “*Lucina*” sp., Romualdo Formation, Araripe Basin, northeastern Brazil. **118**
- Tabela 07-** Measurements (mm) of the valves of *Legumen kaririense* sp. nov., Romualdo Formation, Araripe Basin, northeastern Brazil. **119**
- Tabela 08-** Measurements (mm) of the valves of *Australoecallista juazeiroi* gen. et sp. nov., Romualdo Formation, Araripe Basin, northeastern Brazil. **120**
- Tabela 09-** Measurements (mm) of the valves of “*Tellina*” sp., Romualdo Formation, Araripe Basin, northeastern Brazil. **121**
- Tabela 10-** Measurements (mm) of the valves of *Corbulomima delicata* sp. nov., Romualdo Formation, Araripe Basin, northeastern Brazil. **122**

LISTA DE FIGURAS

APÊNDICE 2

Págs.

Figura 01- Stratigraphic and geographic location of the studied succession. (A) Geological map of the Araripe Basin showing the area where the Sobradinho columnar section was sampled (Modified from Assine et al., 2014 and Varejão et al., 2021a). (B) Third order stratigraphic sequences of the Upper Aptian Santana Group, Araripe Basin (modified from Varejão et al., 2021a). (C) Columnar section at the Sobradinho locality, highlighting the studied interval. **155**

Figura 02- Detailed columnar section with the stratigraphic position of the studied mollusk-bearing intraformational conglomerate. **160**

Figura 03- Sedimentary facies of the investigated interval. A. Transitional boundary between dark shale with sandstone lenses and horizontally laminated sandstone with heterolithic bedding. B. Tabular beds of trough cross-stratified sandstone with local clay drape in the foresets. C. Ripple cross-laminated sandstone draped by black shale. D. Laterally amalgamated sigmoidal beds draped by dark shale. E. Mollusk-rich green claystone. F. Bioclastic intraformational conglomerate and sandstone with flaser bedding showing *Fugichnia* trace. **161**

Figura 04- General aspects of the bioclastic-rich intraclast conglomerate. A-B. Gastropods and distinct bivalve species with preserved shells, *Cratonaia novaolindensis* Silva et al., 2020, DZP-21270; and *Australoeocallista juazeiroi* Guerrini et al., in press., DZP-21238, respectively. C. Unidentified bivalve with a broken shell due to compaction (note the radial fractures), DZP-21271. D, F. Internal molds of Epitoniidae gastropods with shell remnants, DZP-21273A and DZP-21243, respectively. E. Epitoniidae showing well preserved ornamentation, DZP-21229. **163**

Figura 05- *Monginellopsis bellaradiata* Silva et al., 2020. A. Right valve, internal mold with shell remnants, Romualdo Formation, DZP-21277A. B. Composite mold of closed articulated specimens, lateral view of the left valve, Crato Formation, DZP-20350A. C. Dorsal view of the same specimen in A. Note the typical well-rounded, fold-like radial ribs of *M. bellaradiata*. D. Composite mold, articulated shell, lateral view of the left valve, Crato Formation, DZP-20350A. E. Fragmented internal mold of a left valve, Romualdo Formation, DZP-21259. F. Composite mold, articulated shell, lateral view of the left valve, Crato Formation, DZP-19800. Scale bar = 1 cm. **165**

Figura 06- *Cratonaia novaolindensis* Silva et al., 2020. A, C. Closed articulated internal mold, DZP-21260. A. Dorsal view, showing the pedal elevator muscle scars. C. Lateral view of a left valve. B, D. Conjoined valves, internal mold with shell remains, DZP-21270. B. Dorsal view. D. Lateral view. E-F. Internal mold, left valve, DZP-21278. E. Lateral view **167**

showing shell remnants. F. Close-up of the hinge area. Note the anterior adductor, pedal protractor and pedal elevator muscle scars. Explanation: aa, anterior adductor; apr, anterior pedal protractor; pe, pedal elevator. Scale bar = 1 cm.

Figura 07- *Araripenaia elliptica* Silva et al., 2020. Poorly preserved, internal mold with shell remnants, right valve, DZP-21244. Scale bar = 1 cm. **169**

Figura 08- *Legumen kaririense* Guerrini et al., in press. A-B. Internal mold, left valve, DZP-21224. A. Dorsal view. B. Lateral view. C. Internal mold, lateral view, left valve DZP-21233. D. External mold, lateral view, left valve, showing irregularly spaced growth lines. Scale bar = 1 cm. **170**

Figura 09- *Australoeocallista juazeiroi* Guerrini et al., in press. A, C. Internal mold, left valve, DZP-21265. A. Dorsal view. C. Lateral view. B. Internal mold, right valve, dorsal view, DZP-21231. D. Left valve, DZP-21225, showing the irregularly spaced growth lines. E. Internal mold, right valve, DZP-21246. F. Internal mold, left valve, DZP-21228. G-H. Internal mold, right valve, DZP-21237, DZP-21231. Scale bar = 1 cm. **172**

Figura 10- Epitoniidae specimens from the Romualdo Formation tide dominated interval (A-E; Sítio Sobradinho), shell beds (F-G; Porteiras municipality), and shales (H-I; Estiva Creek). A. Incomplete shell, showing an incipient ornamentation and the basal cord (DZP-21264). B, D. Internal molds with the thicker parts of the shells preserved in some whorls (DZP-21229; DZP-21244 II; C, E. External molds (DZP-21273B; DZP-21272); F-I. Specimens with the original shells preserved, showing strong axial ribs (DZP-105A, DZP-105AII, DZP-21635, DZP-21627). Scale= 0,5 cm **175**

LISTA DE TABELAS

APÊNDICE 2

Págs.

Tabela 01- Facies description and interpretation of the studied stratigraphic interval, Romualdo Formation. **158**

Tabela 02- Dimension (length/height) of bivalve specimens for which shells can be confidently measured. Strongly deformed (by compaction) and broken specimens were left aside. **162**

SUMÁRIO

	Pág.
1. INTRODUÇÃO E REVISÃO HISTÓRICA.....	23
1.2. Escopo Da Pesquisa.....	25
2. OBJETIVOS.....	32
3. MATERIAL & MÉTODOS.....	32
3.1. Aspectos Geológicos Da Unidade Em Estudo.....	32
3.2. Procedência do Material Estudado.....	33
3.3. Procedimentos de Preparação dos Fósseis.....	40
3.4. Classificação taxonômica.....	41
4. RESULTADOS & DISCUSSÃO.....	41
4.1. Bivalves do Eocretáceo da Formação Romualdo, Bacia do Araripe, Brasil: a importância paleontológica de dados taxonômicos, geográficos e estratigráficos acurados.....	41
4.2. O Efeito Lázaro e o retrabalhamento de conchas de moluscos em depósitos influenciados por marés da Formação Romualdo, Aptiano, Bacia do Araripe, Brasil.....	43
5. CONCLUSÕES.....	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
APÊNDICE 1.....	55
APÊNDICE 2.....	152

1. INTRODUÇÃO E REVISÃO HISTÓRICA

A sucessão sedimentar do Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe, Grupo Santana (*sensu* ASSINE, 1992; 2007; ASSINE et al., 2014) é mundialmente conhecida por seus depósitos contendo fósseis com preservações excepcionais (*i.e.*, Konservat-Lagerstätten, *sensu* SEILACHER 1970; SEILACHER et al., 1985), atribuído às formações Crato (MARTILL et al., 2007; VAREJÃO et al., 2019a) e Romualdo (MAISEY, 1991; MARTILL, 1989; MARTILL e WILBY, 1993). Tradicionalmente, o foco das investigações paleontológicas da sucessão sedimentar mesozoica da Bacia do Araripe tem sido o conteúdo fossilífero desses depósitos (MARTILL, 1988; MARTILL, 2007, MALDANIS et al., 2016), embora outras ocorrências não relacionadas àqueles depósitos também tenham sido investigadas (BEURLEN, 1971; MABESOONE e TINOCO, 1973; SILVA et al., 2020a, 2020b; FÜRSICH et al., 2019). Neste contexto, o registo fóssil da Formação Romualdo destaca-se pela sua abundância e diversidade, incluindo peixes (MARTILL, 1988), pterossauros (PRICE, 1971; MARTILL e UNWIN, 1989; KELLNER e CAMPOS, 2002), macroinvertebrados (BEURLEN, 1963, 1966), microfósseis (ANTONIETTO et al., 2012; ARARIPE et al., 2022) e plantas (LIMA et al., 2012). Entre os macroinvertebrados fósseis, destacam-se os moluscos (BEURLEN, 1963; SALES, 2005; FÜRSICH et al., 2019), equinóides (BEURLEN, 1966, MANSO e HESSEL, 2012), camarões (MAISEY e CARVALHO, 1995; SARAIVA et al., 2018) e caranguejos (PRADO et al., 2018; MATOS et al., 2021). Notavelmente, bivalves e gastrópodes podem ser muito abundantes em alguns intervalos estratigráficos (MARTILL, 1993; SALES, 2005; PRADO et al., 2015; CUSTÓDIO et al., 2017; FÜRSICH et al., 2019), como das camadas contendo coquinas centimétricas na parte superior da Formação Romualdo, as quais são interpretadas como tempestitos proximais (SALES, 2005; PRADO et al., 2015; RODRIGUES et al., 2022).

Bivalves e gastrópodes em rochas cretáceas da Bacia do Araripe são conhecidos desde meados do século XIX. De fato, Gardner (1841) foi o primeiro pesquisador a citar a ocorrência de moluscos na Bacia do Araripe. Durante sua viagem ao nordeste do Brasil, o autor mencionou a presença de “pequenas conchas de bivalves indeterminados” e reconheceu a presença do gênero “*Vênus*” através de uma concha silicificada. Notavelmente, 121 anos depois, Beurlen (1962, 1963) posicionou provisoriamente os bivalves na sucessão estratigráfica da bacia (*i.e.*, formações Crato e Romualdo), registrando as diversas localidades onde foram encontrados. No entanto, este autor não descreveu os táxons, apenas inferiu as afinidades taxonômicas de famílias/gêneros dos bivalves que estariam presentes na Bacia do Araripe. Seguindo a sugestão de afinidades de Beurlen (1963, 1971), Mabesoone e Tinoco (1973) listaram, pela primeira vez,

a presença das famílias de bivalves da Formação Romualdo, onde, posteriormente, outros autores (MAISEY, 1991; SALES, 2005) seguiram a lista oferecida por Mabesoone e Tinoco (1973). A partir disto, parece haver consenso entre diversos autores sobre a presença das famílias Mytilidae Rafinesque, 1815, Pteriidae Gray, 1847, Isognomonidae Woodring, 1925, Anomiidae Rafinesque, 1815, Veneridae Rafinesque, 1815 e Corbulidae Lamarck, 1818. Décadas mais tarde, Pereira et al. (2015, 2018) publicaram os primeiros estudos taxonômicos, descrevendo bivalves das famílias Mytilidae, Bakevelliidae, Corbulidae e Veneridae. Esses autores reconheceram as seguintes espécies: *Brachidontes araripensis*, *Aguilera dissita* (White, 1887), *Corbula* sp., *Eocallista* sp. e *Eocallista* sp. 2 (PEREIRA et al., 2015, 2018). Além disso, comentaram sobre a presença de *Aguilera dissita* nas formações Romualdo e Riachuelo (Albiano, Bacia de Sergipe-Alagoas), sugerindo relação entre estas faunas de moluscos (PEREIRA et al., 2015).

Importante ressaltar os estudos paleoecológicos e paleoambientais em Fursich et al. (2019), onde os autores listaram as faunas bentônicas da Formação Romualdo, organizando-as em associações paleoecológicas. Além de bivalves heterodontes, lucinídeos e pterioides, os seguintes táxons foram mencionados: *Bakevellia* sp., *Atreta* sp., *Sinonia* sp., *Calva* sp. A, *Calva* sp. B e *Corbulomima* sp. Os dados de Fursich et al. (2019), cuja posição estratigráfica dos fósseis é bastante precisa, provêm principalmente de duas seções geológicas (*i.e.*, Sobradinho, município de Jardim e Serra do Mãozinha, município de Missão Velha), na porção leste da Bacia do Araripe. A seção de Sobradinho, por sua vez, registra uma das sucessões sedimentares mais completas da Formação Romualdo (CUSTÓDIO et al., 2017). Portanto, os dados de Fursich et al. (2019) fornecem uma visão ampla sobre a distribuição vertical dos bivalves e sua associação faciológica.

Recentemente, Rodrigues et al. (2020) revisaram os bivalves bakevellídeos da Formação Romualdo, descrevendo os seguintes novos táxons: *Araripevellia musculosa* Rodrigues et al., 2020 e *Aguilera romualdoensis* Rodrigues et al., 2020. Além desses, também registraram a presença de *Aguilera dissita* (WHITE, 1887), conhecido da Formação Riachuelo, Bacia de Sergipe-Alagoas. Segundo os autores, *A. romualdoensis* assemelhar-se-ia também a *Aguilera renauxiana* (MATHÉRON, 1842) da Formação Woodbine, Cenomaniano, Texas, Estados Unidos da América.

No contexto acima (ver também Tabela 1), quase duzentos anos após a primeira menção a bivalves na Formação Romualdo, apenas três estudos tratando da taxonomia desses moluscos foram publicados (PEREIRA et al., 2015; 2018; RODRIGUES et al., 2020). Em outras

palavras, os bivalves desta unidade permanecem em grande parte não descritos, de acordo com o Código Internacional de Nomenclatura Zoológica (ICZN, 1999). Em decorrência destes fatos, o conhecimento taxonômico dos bivalves da Formação Romualdo é ainda escasso, dificultando o entendimento das implicações paleoambientais e paleogeográficas destes moluscos nas faunas bentônicas do Cretáceo da Bacia do Araripe e sua biocorrelação

5. CONCLUSÕES

Conhecida há cerca de 200 anos, a malacofauna de bivalves da Formação Romualdo, era, até então, maiormente conhecida através de listas taxonômicas ou citação de espécies, sem sua descrição formal. Os estudos de Pereira et al. (2015, 2018) e Rodrigues et al. (2020) são exceções à essa regra. Com dados obtidos e analisados na presente pesquisa, aliados aos dados disponíveis em Fürsich et al. (2019), foi possível revisar e descrever a malacofauna com o intuito de melhorar a compreensão sobre sua origem, o grau de endemismo, afinidades e biocorrelação. Os dados obtidos, apresentados em dois artigos científicos (Apêndices 1 e 2), permitem as seguintes conclusões:

a- A composição taxonômica sugere uma fauna marinha-salobra, relativamente diversa, que se desenvolveu em um mar interior. Táxons francamente dulcícolas são conhecidos agora, apenas no intervalo superior onde os depósitos continentais-costeiros do trato de sistemas de mar baixo estão preservados. Notavelmente, a despeito da dominante sedimentação siliciclástica fina, rica em matéria orgânica que predominou nas fases transgressivas, táxons detritívoros não foram registrados, até o momento. Esse fato pode refletir condições extremas de anoxia, durante a maior parte da deposição dos folhelhos negros da unidade;

b- A abundância de alguns dos gêneros endêmicos (*e.g.*, *Araripenomia* gen. nov.) parece estar relacionada a condições de substratos mais grossos e estáveis, sob condições de hipersalinidade, que devem ter existido durante a deposição do intervalo contendo as coquinas e microbialitos encontrados na Formação Romualdo, na região do município de Araripe. Por outro lado, outros grupos (*e.g.*, corbulídeos, lucinídeos, venerídeos) parecem ter prosperado em substratos não consolidados, de granulação fina, sob condições disóxicas e de hiposalinidade (veja também FÜRSICH et al., 2019);

c- Assim como para outras faunas de moluscos em bacias interiores, a distribuição vertical dos bivalves, seu modo de vida e grau de endemismo está intimamente ligada às mudanças eustáticas do nível do mar (ciclos T/R), particularmente no início de eventos transgressivos na Bacia do Araripe. Os elementos típicos da Formação Romualdo, incluindo os mitilídeos, anomídeos, bakevellídeos, lucinídeos e corbulídeos, dentre outros, aparentemente foram (quase) totalmente extintos com a substituição das condições marinhas epeiricas na Bacia do

Araripe, pela sedimentação, predominantemente, continental-costeira na parte superior da unidade;

d- Os bivalves aqui documentados, bem como os bakevellídeos já descritos (ver RODRIGUES et al., 2020) auxiliam na biocorrelação da fauna de moluscos da Formação Romualdo com aqueles registrados em outras bacias sedimentares do nordeste brasileiro. Nesse sentido, a fauna está intimamente relacionada àquela da Formação Riachuelo, Cretáceo Inferior da Bacia de Sergipe-Alagoas, compartilhando mitilídeos, anomídeos, bakevellídeos, crassatelídeos e corbulídeos. De fato, a fauna de bivalves do Romualdo parece ser uma fauna menos diversa e modificada daquela da Formação Riachuelo (vide também RODRIGUES et al., 2020), com alguns gêneros ou espécies [*Musculus maroimensis* (WHITE, 1887), *Aguileria dissita* (WHITE, 1887), *Santanella maroimensis* (WHITE, 1887)] aparentemente, muito próximas, do ponto de vista morfológico, às da Formação Riachuelo (WHITE, 1887, MAURY, 1936);

e- A assembleia fóssil da fase regressiva, parte superior da Formação Romualdo é composta principalmente por conchas retrabalhadas de espécies de bivalves marinhos/salobros misturadas com formas típicas de água doce, descritas anteriormente apenas para a Formação Crato. O aporte de água doce dos rios e o retrabalhamento dos sedimentos pelas correntes de maré conduziram provavelmente a essa mistura de elementos alóctones a parautóctones. Consequentemente, a mistura de espécies de bivalves de diferentes habitats não deriva do fenômeno de condensação ambiental. Os dados indicam que os bivalves dulcícolas registrados na assembleia não correspondem a elementos refossilizados da Formação Crato e incorporados na Formação Romualdo. Em outras palavras, não são fósseis *remané*, nas fácies de canal de maré desta unidade. De fato, os bivalves devem ter prosperado nos ambientes de águas doces contemporâneos à sedimentação marinha costeira, que existiu durante a deposição da parte superior da Formação Romualdo. Se essa interpretação estiver correta, os bivalves de água doce, cuja primeira ocorrência se dá no terço inferior da Formação Crato, especialmente na região de Nova Olinda, CE, continuaram a existir mesmo após a deposição desta unidade, o que expande consideravelmente a amplitude vertical dessas espécies (*i.e.*, *Cratonaia novaolindensis*, *Monginellopsis bellaradiata* e *Araripenaia elliptica*) no Grupo Santana da Bacia do Araripe;

f- Finalmente, diversos estudos anteriores apresentaram listas taxonômicas para os bivalves da Formação Romualdo, algumas das quais foram publicadas em periódicos de circulação local ou regional, ou ainda em monografias ou dissertações/teses, cuja circulação é limitada. Como resultado direto deste aspecto, os bivalves fósseis dessa unidade geológica permaneceram, até o presente, praticamente desconhecidos da comunidade paleontológica internacional. De fato, a fauna de bivalves da Formação Romualdo é pouco catalogada, em algumas das maiores bases de dados eletrônicos disponíveis atualmente, tais como o Paleobiology Database (PBDB). Vale destacar que os dados são inseridos no PBDB a partir de publicações e, portanto, são dependentes desse tipo de informação (consulte <https://paleobiodb.org/#/faq>). Assim sendo, apenas estudos taxonômicos acurados, fundamentados em dados estratigráficos de alta resolução e geográficos precisos poderão fornecer bases seguras para tais bases de dados, as quais futuramente poderão ser empregadas em estudos abordando questões paleobiológicas relevantes, em larga escala. Neste sentido, o estudo aqui apresentado, representa relevante contribuição ao conhecimento da composição taxonômica, afinidades e biocorrelação dos bivalves do Aptiano do nordeste do Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, E. J.; SEELING, J.; BENGTON, P.; LIMA, W. S. The bivalve *Neithea* from the Cretaceous of Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 17, p. 25-38, 2004.
- ANTONIETTO, L. S.; GOBBO, S. R.; DO CARMO, D. A.; ASSINE, M. L.; SILVA, J. E. L. Taxonomy, ontogeny and paleoecology of two species of *Harbinia* TSAO, 1959 (Crustacea, Ostracoda) from the Santana Formation, lower Cretaceous, northeastern Brazil. *Journal of Paleontology*, v. 86, n. 4, p. 659–668, 2012. <https://doi.org/10.1666/11-012R.1>.
- ARAI, M. South Atlantic Aptian paleogeography: a new model based on recent Brazilian micropaleontological data. *Boletim de Geociências da Petrobras*, v. 17, n. 2, p.331-351, 2009.
- ARARIPE, R. C.; LEMOS, F. A.; PRADO, L. A. C.; TOMÉ, M. E. T. R.; OLIVEIRA, D. H. D.; PEREIRA, P. A.; NASCIMENTOS, L. R. S. L.; ASAKURA, Y.; NG, C., VIVIERS, M. C.; BARRETO, A. L. F. Upper Aptian–lower Albian of the southern-central Araripe Basin, Brazil: microbiostratigraphic and paleoecological inferences. *Journal of South American Earth Science*, v. 116, p. 103814, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2022.103814>.
- ASSINE, M. L. Análise estratigráfica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 22, n. 3, p. 289-300, 1992.
- ASSINE, M. L. Bacia do Araripe. *Boletim de Geociências da Petrobras*, v. 15, n. 2, p. 371-389, 2007.
- ASSINE, M. L.; PERINOTTO, J. A. J.; ANDRIOLLI, M. C.; NEUMANN, V. H.; MESCOLOTTI, P. C.; VAREJÃO, F. G. Sequências deposicionais do Andar Alagoas da Bacia do Araripe, nordeste do Brasil. *Boletim de Geociências da Petrobras*, v. 22, p. 3-28, 2014.
- ASSINE, M. L.; QUAGLIO, F.; WARREN, L. V.; SIMÕES, M. G. Comments on paper by M. Arai “Aptian/Albian (Early Cretaceous) paleogeography of the South Atlantic: a paleontological perspective”. *Brazilian Journal of Geology*, v. 46, p. 3-7, 2016.
- BERNARD, F. Première note sur le développement et la morphologie de la coquille chez les lamellibranches. *Bulletin de la Société Géologique de France*, v. 23, pt. 3, p. 104-154, 1895.
- BERNARD, F. Deuxième note sur le développement et la morphologie de la coquille chez les lamellibranches (taxodontes). *Ibid.*, v. 24, pt. 3, p. 54-82, 1896a.
- BERNARD, F. Troisième note sur le développement et la morphologie de la coquille chez les lamellibranches (anisomyaires). *Ibid.*, v. 24, pt. 3, p. 412-449, 1896b.
- BERNARD, F. Quatrième et dernière note sur le développement et la morphologie de la coquille chez les lamellibranches. *Ibid.*, v. 24, pt. 3, p. 559-566, 1897.

- BEURLLEN, K. A geologia da Chapada do Araripe. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 34, p. 365-370, 1962.
- BEURLLEN, K. Geologia e estratigrafia da Chapada do Araripe. *XVII Congresso Brasileiro de Geologia, Anais*, Recife, p. 1-47, 1963.
- BEURLLEN, K. Novos equinóides no Cretáceo do Nordeste do Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 38, n. 3/4, p. 455-464, 1966.
- BEURLLEN, K. As condições ecológicas e faciológicas da Formação Santana na Chapada do Araripe (Nordeste do Brasil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 43, p. 411-415, 1971.
- BOM, M. H. H.; CEOLIN, D.; KOCHHANN, K. G. D.; KRAHL, G.; FAUTH, G.; BERGUE, C. T.; SAVIAN, J. F.; STROHSCHOEN Jr., O.; SIMÕES, M. G.; ASSINE, M. L. Paleoenvironmental evolution of the aptian Romualdo formation, Araripe Basin, northeastern Brazil. *Global Planetary Change*, v. 203, p. 103528, 2021. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2021.103528>.
- BRETT, C.; BAIRD, G. C. Comparative taphonomy: a key to paleoenvironmental interpretation based on fossil preservation. *Palaios*, v. 1, p. 207-227, 1986.
- BRUNO, A. P. S.; HESSEL, M. H. Registros paleontológicos do Cretáceo marinho na Bacia do Araripe. *Estudos Geológicos*, v. 16, p. 30-40, 2006.
- COLLINS, K.; EDIE, S. M.; JABLONSKI, D. Hinge and ecomorphology of *Legumen* Conrad, 1858 (Bivalvia, Veneridae), and the contraction of venerid morphospace following the end-Cretaceous extinction. *Journal of Paleontology*, v. 94, n. 3, p. 489-497, 2019.
- FELDMANN, R. M.; CHAPMAN, R. E.; HANNIBAL, J. T. Paleotechniques. The Paleontological Society, 4, *Special Publications*. 358 pp, 1989.
- FÜRSICH, F. T.; OSCHMANN, W. Storm shell beds of *Nanogyra virgule* in the Upper Jurassic of France. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen*, v. 172, p. 141-161, 1986.
- FÜRSICH, F. T.; OSCHMANN, W. Shell beds as tools in basin analysis: the Jurassic of Kachchh, western India. *Journal of Geological Society of London*, v. 150, p. 169-185, 1993.
- FÜRSICH, F. T.; CUSTÓDIO, M. A.; MATOS, S. A.; HETHKE, M.; QUAGLIO, F.; WARREN, L. V.; ASSINE, M. L.; SIMÕES, M. G. Analysis of Cretaceous (late Aptian) high-stress ecosystem: The Romualdo Formation of the Araripe Basin, northeastern Brazil. *Cretaceous Research*, v. 95, p. 268-296, 2019.
- GARDNER, G. Geological notes made during a journey from the coast into the interior of the province of Ceará, in the north of Brazil. *Edinburgh New Philosophical Journal*, v. 30, p. 75-82, 1841.

- GOMES, B. A.; PRADO, L. A. C.; BARRETO, A. M. F. New invertebrate sites and marine ingressions in the Romualdo Formation, Aptian-Albian, Araripe sedimentary basin, NE Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 123, p. 104249, 2023.
- ICZN. Código Internacional de Nomenclatura Zoológica. 4 Eds. *The International Trust for Zoological Nomenclature*, Londres, Reino Unido. 306p. 1999.
- KAUFFMAN, E. G. Evolutionary rates and biostratigraphic potential of marine benthos. In: KAUFFMAN E. G.; HAZEL, J. E. Eds. *Concepts and methods of biostratigraphy*. Dowden, Hutchinson & Ross, Inc., p. 65-72, 1977.
- KELLNER, A. W. A.; CAMPOS, D. A. The function of the cranial crest and jaws of a unique pterosaur from the Early Cretaceous of Brazil. *Science*, v. 297, n. 5580, p. 389-392, 2002
- KIDWELL, S. M.; FÜRSICH, F.T.; AIGNER, T. Conceptual framework for the analysis and classification of shell concentration. *Palaios*, v. 1, p. 228-238, 1986.
- KROTH, M.; BORGHI, L.; BOBCO, F. E. R.; ARAÚJO, B. C.; SILVEIRA, L. F.; DUARTE, G.; FERREIRA, L. O.; GUERRA-SOMMER, M.; MENDONÇA, J. O. Aptian shell beds from the Romualdo formation (Araripe Basin): implications for paleoenvironment and paleogeographical reconstruction of the northeast of Brazil. *Sedimentary Geology*, v. 426, p. 1-15, 2021.
- LIMA, M. R. Paleontologia da Formação Santana (Cretáceo do Nordeste do Brasil): Estágio atual de conhecimentos. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 51, n. 3, p. 545-556, 1979.
- LIMA, F. J.; SARAIVA, A. A. F.; SAYÃO, J. M. Revisão da paleoflora das formações Missão Velha, Crato e Romualdo, Bacia do Araripe Nordeste do Brasil. *Estudos Geológicos*, v. 22, p. 99-115, 2012.
- MABESOONE, J. M.; TINOCO, I. M. Palaeoecology of the Aptian Santana Formation (Northeastern Brazil). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 14, p. 97-118, 1973.
- MAISEY, J. G. *Santana Fossils: an Illustrated Atlas*. T.F.H. Publications, Neptune, N.Y., 459 p., 1991.
- MAISEY, J. G.; CARVALHO, M. D. G. P. First records of fossil sergestid decapods and fossil brachyuran crab larvae (Arthropoda, Crustacea), with remarks on some supposed palaemonid fossils, from the Santana Formation (Aptian- Albian, NE Brazil). *American Museum Novitates*, v. 3132, p. 1-17, 1995. <http://hdl.handle.net/2246/3664>.
- MALDANIS, L.; CARVALHO, M.; ALMEIDA, M. R.; FREITAS, F. I.; ANDRADE, J. A. F. G.; NUNES, R. S.; ROCHITTE, C. E.; POPPI, R. J.; FREITAS, R. O.; RODRIGUES, F.; SILJESTRÖM S.; LIMA, F. A.; GALANTE, G.; CARVALHO, I. S.; PEREZ, C. A.; CARVALHO, M. R.; BETTINI, J.; FERNANDEZ, V.; XAVIER-NETO, J. Heart Fossilization is Possible and Informs the Evolution of Cardiac Outflow Tract in Vertebrates. *eLife*, 2016;5:e14698, 2016.

- MARTILL, D. M. Preservation of fish in the Cretaceous Santana Formation of Brazil. *Palaeontology*, v. 31, p. 1-18, 1988.
- MARTILL, D. M., The medusa effect: instantaneous fossilization. *Geology Today*, v. 6, p. 201–205, 1989. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2451.1989.tb00671.x>.
- MARTILL, D. M. *Fossils of the Santana and Crato Formations, Brazil*. The Palaeontological Association, London, Field Guides to Fossils 5, 159 pp, 1993.
- MARTILL, D. M.; UNWIN, D.M. Exceptionally well-preserved pterosaur wing membrane from the Cretaceous of Brazil. *Nature*, v. 340, p. 138–140, 1989.
- MARTILL, D. M.; BECHLY, G.; LOVERIDGE, R. F. *The Crato Fossil beds of Brazil - window into an Ancient World*. Cambridge University Press, New York, 625 pp, 2007.
- MARTILL, D. M.; WILBY, P. Stratigraphy. In: Martill, D.M. ed. *Fossils of the Santana and Crato Formations*. The Palaeontological Association Field Guides to Fossils 5, Brazil, p. 20-50, 1993.
- MANSO, C. L. C.; HESSEL, M. H. Novos equinóides (Echinodermata: Echinoidea) do Albiano da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 42, n. 1, p. 187–219, 2012.
- MATHÉRON, P. Catalogue méthodique et descriptif des Corps organisés fossiles du département des Bouches-du-Rhone et lieux circonvoisins; précédé d'un Mémoire sur les terrains supérieurs au grès bigarré de S. E. de la France. *Repertoire des travaux de la Société de statistique de Marseilles*, v. 6, p. 81-341, 1842.
- MATOS, S. A.; CASTILHO, A. L.; PRADO, L. A. C.; BONDIOLI, J. G.; VAREJÃO, F. G.; CUSTÓDIO, M. A.; FÜRSICH, F. T.; ASSINE, M. L.; SIMÕES, M. G. Taphonomy and ontogeny of the brachyuran crab *Exucarcinus gonzagai*, from the lower Cretaceous (Aptian) Romualdo Formation, Araripe Basin, NE Brazil. *Journal of South American Earth Science*, v. 111, p. 103443, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2021.103443>.
- MAURY, C. J. O Cretáceo de Sergipe, Brasil. *Monographias do Serviço Geológico e Mineralógico*, v. 11, p. 1-283, 1936.
- MELO, R. M.; GUZMÁN, J.; ALMEIDA-LIMA, D.; PIOVESAN, E. K.; NEUMANN, V. H. M. L.; SOUSA, A. J. New marine data and age accuracy of the Romualdo Formation, Araripe Basin, Brazil. *Scientific Reports*, v. 10, p. 15779, 2020. doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-72789-8>.
- MONTEIRO, F.; MEIRELLES, C.; SOARES, M. Fossil bivalves of the Neithea genus and their paleobiogeographic meaning to the tetian domain on Potiguar Basin. *Geociências*, v. 29, n. 3, p. 335-341, 2010.
- MATSUKUMA, A. Transposed hinges: a polymorphism of bivalve shells. *Journal of Molluscan Studies*, v. 62, n. 4, p. 415-431, 1996.

- NEUMANN, V. H.; ASSINE, M. L. Stratigraphic proposal to post-rift I tectonic sedimentary sequence of Araripe Basin, northeastern Brazil. Abstract. In: *II International Congress on Stratigraphy*. Graz, Austria, 2015.
- NEUMANN, V. H.; CABRERA, L. Una nueva propuesta estratigráfica para la tectono secuencia post-rift de la Cuenca de Araripe, Noreste de Brasil. In: *Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil, 5 Simposio sobre el Cretáceo de America del Sur, 1. Boletim*, p. 279-285, 1999.
- PALMER, A. R. Techniques for mechanical preparation of smaller fossil. In: *Paleotechniques*. Eds. R.M. Feldmann, R.E. Chapman, J.T. Hannibal. *The Paleontological Society, Special Publication*, v. 4, p. 208–212, 1989.
- PEREIRA, P. A.; CASSAB, R. C. T.; ALMEIDA, J. A. F.; BARRETO, A. M. F. Moluscos da Formação Romualdo, Aptiano-Albiano, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Boletim de Ciências Naturais do Museu Paraense Emílio Goeldi*, v. 10, p. 231-246, 2015.
- PEREIRA, P. A.; CASSAB, R. C. T.; BARRETO, A. M. F. As Famílias Veneridae, Trochidae, Akeridae e Acteonidae (Mollusca), na Formação Romualdo: aspectos paleoecológicos e paleobiogeográficos no Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe, NE do Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*, v. 41, p. 137-152, 2018.
- PONTE, F. C. Origem e evolução das pequenas bacias cretácicas do interior do Nordeste do Brasil. In: *Simpósio Sobre As Bacias Cretácicas Brasileiras, 2, Rio Claro. Resumos Expandidos*, p. 55-58, 1992.
- PRADO, L. A. C.; PEREIRA, P. A.; SALES, A. M. F.; BARRETO, A. M. F. 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*, v. 62, p. 218-228, 2015.
- PRADO, L. A. C.; LUQUE, J.; BARRETO, A. M. F.; PALMER, R. New brachyuran crabs from the Aptian – Albian Romualdo Formation, Santana Group of Brazil: evidence for a Tethyan connection to the Araripe Basin. *Acta Paleontologica Polonica*, v. 63, p. 737–750, 2018. <https://doi.org/10.4202/app.00480.2018>.
- REGALI, M. S. P.; UESUGUI, N.; SANTOS, A. S. Palinologia dos sedimentos mesozoicos do Brasil (I). *Boletim Técnico da Petrobras*, v. 17, p. 177-191, 1974.
- SALES, A. M. F. *Análise tafonômica das ocorrências fossilíferas de macroinvertebrados do Membro Romualdo (Albiano) da Formação Santana, Bacia do Araripe, NE do Brasil: significado estratigráfico e paleoambiental*. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 160p, 2005.
- SEILACHER, A. Begriff und Bedeutung der Fossil-Lagerstätten. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatshefte* 197034e39, 1970.
- SEILACHER, A.; REIF W. E.; WESTPHAL F. Sedimentological, ecological and temporal patterns of Fossil-Lagerstätten. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, v. 311, p. 5-23, 1985.

- SILVA, V. R.; VAREJÃO, F. G.; MATOS, S. A.; FÜRSICH, F. T.; SKAWINA, A.; SCHNEIDER, S.; WARREN, L. V.; ASSINE, M. L.; SIMÕES, M. G. *Cratonaia novaolindensis* gen. et sp. nov. (Unionida, silesunionoidea) from the Aptian of Brazil (Araripe Basin), and its implications for the early evolution of freshwater mussels. *Cretaceous Research*, v. 107, p. 104275, 2020a.
- SILVA, V. R.; VAREJÃO, F. G.; MATOS, S. A.; RODRIGUES, M. G.; FÜRSICH, F. T.; SKAWINA, A.; SCHNEIDER, S.; WARREN, L. V.; ASSINE, M. L.; SIMÕES, M. G. New freshwater mussels (Bivalvia, Unionida) with potential trigonioidid and hyriid affinities from the Early Cretaceous of Brazil. *Geobios*, v. 61, p. 41-54, 2020b.
- SILVA-SANTOS, R.; VALENÇA, J. G. A Formação Santana e sua paleoictiofauna. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 40, n. 3, p. 339-358, 1968.
- SIMÕES, M. G.; ROCHA-CAMPOS, A. C.; ANELLI, L. E. Paleocology and evolution of Permian pelecypod assemblages (Paraná Basin) from Brazil. In: JOHNSTON, P. A.; HAGGART, J. W. Ed. *Bivalves - An Eon of evolution: paleobiological studies honoring Norman D. Newell*. Calgary, University of Calgary Press, p. 443-452, 1998.
- STANLEY, S. M. Relation of shell form to life habitats of the Bivalvia (Mollusca). *Memoir of the Geological Society of America*, v. 125, p. 1-296, 1970.
- STANLEY, S. M. Functional Morphology and Evolution of Byssally Attached Bivalve Mollusks. *Journal of Paleontology*, v. 46, n. 2, p. 165-212, 1972.
- STEPHENSON, L. W. Larger invertebrate fossils of the Woodbine Formation (Cenomanian) of Texas. *Geological Survey Professional Paper*, v. 242, p. 1-226, 1952.
- RODRIGUES, M. G.; MATOS, S. A.; VAREJÃO, F. G.; FÜRSICH, F. T.; WARREN, L. V.; ASSINE, M. L.; SIMÕES, M. G. Short-lived “bakevelliid-sea” in the aptian Romualdo formation, Araripe Basin, northeastern Brazil. *Cretaceous Research*, v. 115, p. 104555, 2020. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2020.104555>.
- RODRIGUES, M. G.; VAREJÃO, F. G.; MATOS, S. A.; FÜRSICH, F. T.; WARREN, L. V.; ASSINE, M. L.; SIMÕES, M. G. High-resolution taphonomy and sequence stratigraphy of internally complex, bakevelliid-dominated coquinas from the Aptian Romualdo Formation, Araripe Basin, NE Brazil. *Marine and Petroleum Geology*, v. 143, p. 105814, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2022.105814>.
- VAREJÃO, F. G.; WARREN, L. V.; SIMÕES, M. G.; FÜRSICH, F. T.; MATOS, S. A.; ASSINE, M. L. Exceptional preservation of soft tissues by microbial entombment: insights into the taphonomy of the Crato Konservat-Lagerstätte. *Palaios*, v. 34, n. 7, p. 331-348, 2019a. doi: [10.2110/palo.2019.041](https://doi.org/10.2110/palo.2019.041).
- VAREJÃO, F. G.; FÜRSICH, F. T.; WARREN, L. V.; MATOS, S. A.; RODRIGUES M. G.; ASSINE M. L.; SALES, A. M. F.; SIMÕES, M. G. Microbialite fields developed in a protected rocky coastline: The shallow carbonate ramp of the Aptian Romualdo Formation (Araripe Basin, NE Brazil). *Sedimentary Geology*, v. 389, p. 103-120, 2019b.

- VAREJÃO, F. G.; WARREN, L. V.; SIMÕES, M. G.; BUATOIS, L. A.; MÁNGANO, M. G.; RUMBELSPERGER, A. M. B.; ASSINE, M. L. Mixed siliciclastic–carbonate sedimentation in an evolving epicontinental sea: Aptian record of marginal marine settings in the interior basins of north-eastern Brazil. *Sedimentology*, v. 68, n. 5, p. 2125-2164, 2021a.
- VAREJÃO, F. G.; SILVA, V. R.; ASSINE, M. L.; WARREN, L. V.; MATOS, S A.; RODRIGUES, M. G.; FÜRSICH, F. T.; SIMÕES, M. G. Marine or freshwater? Accessing the paleoenvironmental parameters of the Caldas Bed, a key marker bed in the Crato Formation (Araripe Basin, NE Brazil). *Brazilian Journal of Geology*, v. 51, n. 1, p. e2020009, 2021b.
- VEIGA, I. M. M. G.; BERGQVIST, L. P.; BRITO, P. M. Paleoecological inferences on the fish assemblage of the Açu Formation (?Aptian–Cenomanian), Potiguar Basin, NE Brazil: a multiproxy approach. *Cretaceous Research*, v. 143, p. 105411, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2022.105411>.
- WHITE, 1887. *Contribuições à Paleontologia do Brasil*. Archivos do Museu Nacional do Rio de Janeiro, vol. 7, 273 pp., pls. 28.