

OSTRACODES DO APTIANO–ALBIANO DA BACIA DO ARARIPE: IMPLICAÇÕES PALEOAMBIENTAIS E BIOESTRATIGRÁFICAS

Débora Menezes de Souza¹

Enelise Katia Piovesan²

Virgínio Henrique de Miranda Lopes Neumann³

10.18190/1980-8208/estudosgeologicos.v27n1p3-18

¹Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, Laboratório de Geologia Sedimentar-LAGESE, deboramenezes93@yahoo.com

²LAGESE, PRH-26, UFPE, katiapiovesan@gmail.com

³LAGESE – DGEO – UFPE, neumann@ufpe.br

RESUMO

A Bacia do Araripe é a mais extensa bacia mesozoica do interior do Nordeste brasileiro. Esta bacia guarda importantes registros de microfósseis calcários, em especial ostracodes não-marinhos do Cretáceo em excelente estado de preservação. A grande aplicabilidade destes ostracodes como marcadores bioestratigráficos possibilitou o estabelecimento de um zoneamento refinado e a proposição de Andares locais nas bacias interiores do Nordeste do Brasil no Cretáceo. Neste estudo foram amostradas as formações Crato, Ipubi e Romualdo nas cidades de Jardim, Crato e Santana do Cariri. O material foi tratado no Laboratório de Preparação de Amostras (LPA), na Universidade Federal de Pernambuco, de acordo com os procedimentos usuais para recuperação de microfósseis carbonáticos. Foram identificadas as espécies: *Harbinia micropapillosa*, *Harbinia alta*, *Damonella grandiensis*, *Alicenula leguminella*, *Theriosynoecum silvai* e *Theriosynoecum?* sp. A associação registrada foi interpretada como típica de ambiente lacustre, com grande variação de salinidade. As espécies registradas permitiram posicionar bioestratigraficamente o material analisado no Andar Alagoas (Aptiano-Albiano).

Palavras-chave: ostracodes, Aptiano-Albiano, Bacia do Araripe, bioestratigrafia

ABSTRACT

The Araripe Basin is the largest Mesozoic basin in the Brazilian northeast. It holds important records of calcareous microfossils, specially some very well preserved Cretaceous non-marine ostracods. The huge biostratigraphic applicability of the ostracods allowed the proposal of local Stages for the northeast Brazilian interior basins. In this study samplings were carried out in the Crato, Ipubi and Romualdo formations, in Jardim, Crato and Santana do Cariri cities. The samples were prepared at Laboratório de Preparação de Amostras (LPA), Universidade Federal de Pernambuco, according to usual procedures for carbonatic microfossils. The following species were identified: *Harbinia micropapillosa*, *H. alta*, *Damonella grandiensis*, *Alicenula leguminella*, *Theriosynoecum silvai* and *Theriosynoecum?* sp. The assemblages recorded characterize a typical lacustrine paleoenvironment, with wide salinity gradient, and correspond biostratigraphically to the Alagoas Stage (Aptian–Albian).

Keywords: ostracods, Aptian–Albian, Araripe Basin, biostratigraphy

INTRODUÇÃO

A Bacia do Araripe é reconhecida pelo seu abundante e diversificado conteúdo fossilífero, sobretudo aquele registrado nas Formações Crato e Romualdo. Esta bacia também possui um rico registro de ostracodes fósseis, em depósitos datados desde o Jurássico até o Cretáceo.

Em ambientes aquáticos continentais, os ostracodes normalmente são os microfósseis calcários mais comuns e abundantes. O alto potencial de fossilização, frequência de ocorrência, grande diversidade durante o Jurássico Superior–Cretáceo Inferior e seus mecanismos de distribuição, facilitando o transporte passivo a longas distâncias caracteriza o grupo como uma excelente ferramenta para muitas aplicações, sobretudo em paleoecologia, bioestratigrafia e paleozoogeografia (Sames, 2010; Sames & Horne, 2012).

Nas bacias brasileiras, os ostracodes são considerados ferramentas de investigação bioestratigráfica dos depósitos não-marinhos, relacionados à fragmentação do Gondwana, uma vez que os outros grupos de microfósseis são mais raros (e.g. Viana *et al.*, 1971; Coimbra *et al.*, 2002).

Desde a primeira metade do século XX os ostracodes não-marinhos começaram a ser utilizados na construção de arcabouços bioestratigráficos aplicados à prospecção de hidrocarbonetos. Um exemplo clássico do uso de ostracodes em biozoneamentos foi a proposição da maioria dos andares da Série Recôncavo, por Viana *et al.* (1971). A bioestratigrafia do Recôncavo-Tucano é composta por nove zonas (001 a 009) e 26 subzonas, baseadas em ostracodes não-marinhos.

Em termos paleozoogeográficos, os ostracodes, tanto não-marinhos, quanto mixoalinos e marinhos, mostraram-se essenciais para a compreensão dos processos de formação do oceano atlântico

e separação das placas Africana e Sul-Americana (Krömmelbein, 1966; Krömmelbein & Weber, 1985; Tambareau, 1982; Piovesan *et al.*, 2012).

A presente pesquisa visa identificar taxonomicamente as espécies de ostracodes das Formações Crato, Romualdo e Ipubi da Bacia do Araripe, com a finalidade de correlacionar essas espécies às suas respectivas biozonas e a partir das associações estudadas realizar considerações paleoecológicas com o objetivo de contribuir para interpretações paleoambientais da Bacia do Araripe.

ÁREA DE ESTUDO E CONTEXTO GEOLÓGICO

A Bacia do Araripe está localizada na Região Nordeste do Brasil, sobre a província estrutural da Borborema, também conhecida como Região de Dobramentos do Nordeste (Assine, 1992). Arai *et al.* (2004) a descreve como a mais extensa bacia mesozoica do interior do Nordeste. Ocupando uma área de cerca de 9.000 km², entre as regiões sul do estado do Ceará, oeste do estado de Pernambuco e leste do Piauí, sendo a que apresenta a maior área de exposição de rochas cretáceas (12.200 km²) dentre as bacias interiores do Nordeste.

A Bacia do Araripe é a bacia interior mais complexa e a de maior extensão no Nordeste brasileiro; sua coluna sedimentar é formada por rochas que abrangem desde o Paleozoico (Siluriano-Devoniano), até rochas do Cenomaniano, no Cretáceo Superior. O desenvolvimento desta bacia está relacionado às deformações tectônicas que permitiram a abertura do rifte no Atlântico Sul (Assine, 1992, 2007; Neumann, 1999; Castro *et al.*, 1999).

Segundo Matos (1992), a origem da bacia do Araripe, assim como a de outras bacias interiores do Nordeste é consequência da relação entre um estágio de evolução tectônica ocorrida no

Neocomiano. Dessa forma a origem e a evolução da Bacia do Araripe relacionam-se com os eventos tectônicos que resultaram na ruptura e fragmentação do Supercontinente Gondwana e na abertura do Oceano Atlântico Sul (Matos, 1999; Assine, 2007).

A Bacia do Araripe se destaca no contexto geomorfológico devido à existência da Chapada do Araripe, que comporta uma parte de sua coluna sedimentar, formada por um relevo positivo, tabular e alongada na direção E-W e mergulho suave para oeste (Assine, 2007).

A coluna estratigráfica da Bacia do Araripe é constituída de megassequências originadas de diferentes ações tectônicas. Suas unidades dividem-se em Pré-rifte, Rifte, Pós-rifte I e Pós-Rifte II. As Formações aqui estudadas pertencem ao andar Alagoas o qual por apresentar descontinuidades das Formações Batateira e Ipubi foi subdividido em três sequências deposicionais. A sequência 1 corresponde a Formação Barbalha sua associação de fácies indica um sistema lacustre com flutuações do nível de água e eventos de anoxia. A sequência 2 compreende, além de parte da Formação Barbalha, as Formações Ipubi e Crato, é interpretada como área de transição de sistemas deltaicos para lagos rasos. A sequência 3, a qual pertence a Formação Romualdo, é interpretada como ambientes com influência marinha pois apresenta alterações na salinidade e temperatura da água (Assine *et al.*, 2014).

MATERIAL E MÉTODOS

As amostras utilizadas neste estudo foram coletadas na Bacia do Araripe

(figura 1), no Estado do Ceará nos meses de julho de 2015 e maio de 2016. As coletas foram realizadas em afloramentos, constituídos de rochas das formações Crato, Ipubi e de uma concreção da Formação Romualdo. No total foram coletadas quatro amostras: Rio da Batateira (RB), Formação Crato, coletada na cidade do Crato, nas coordenadas 449774E; 9198306N (Zona UTM 24S), Formação Romualdo (RO), coletada na cidade de Jardim, nas coordenadas 0468580E; 9161785N (Zona UTM 24S), Conceição Preta (CP), Formação Ipubi, coletada na cidade de Santana do Cariri, nas coordenadas 420538E; 9204548N (Zona UTM 24S) e Pedras Cariri (PC), Formação Crato, coletada na cidade de Santana do Cariri, nas coordenadas 423168E; 9213698N (Zona UTM 24S).

O material foi preparado de acordo com o processamento usual para microfósseis calcários, de acordo com Do Carmo *et al.* (2004), o qual é uma adaptação da descrição de Sohn (1961). A preparação envolveu a desagregação mecânica das rochas através do processo de trituração e posteriormente o ataque químico, no qual é utilizado o peróxido de hidrogênio. As duas etapas foram realizadas no Laboratório de Preparação de Amostras (LPA-UFPE). Posteriormente, os espécimes são triados com auxílio de microscópio estereoscópico (LEICA EZ4D) e depositados em lâminas específicas. Os espécimes melhor preservados de cada morfotipo foram selecionados e fotografados através de Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), no laboratório de Nanoestruturas (LDN), da UFPE e em Microscópio estereoscópico LEICA EZ4D.

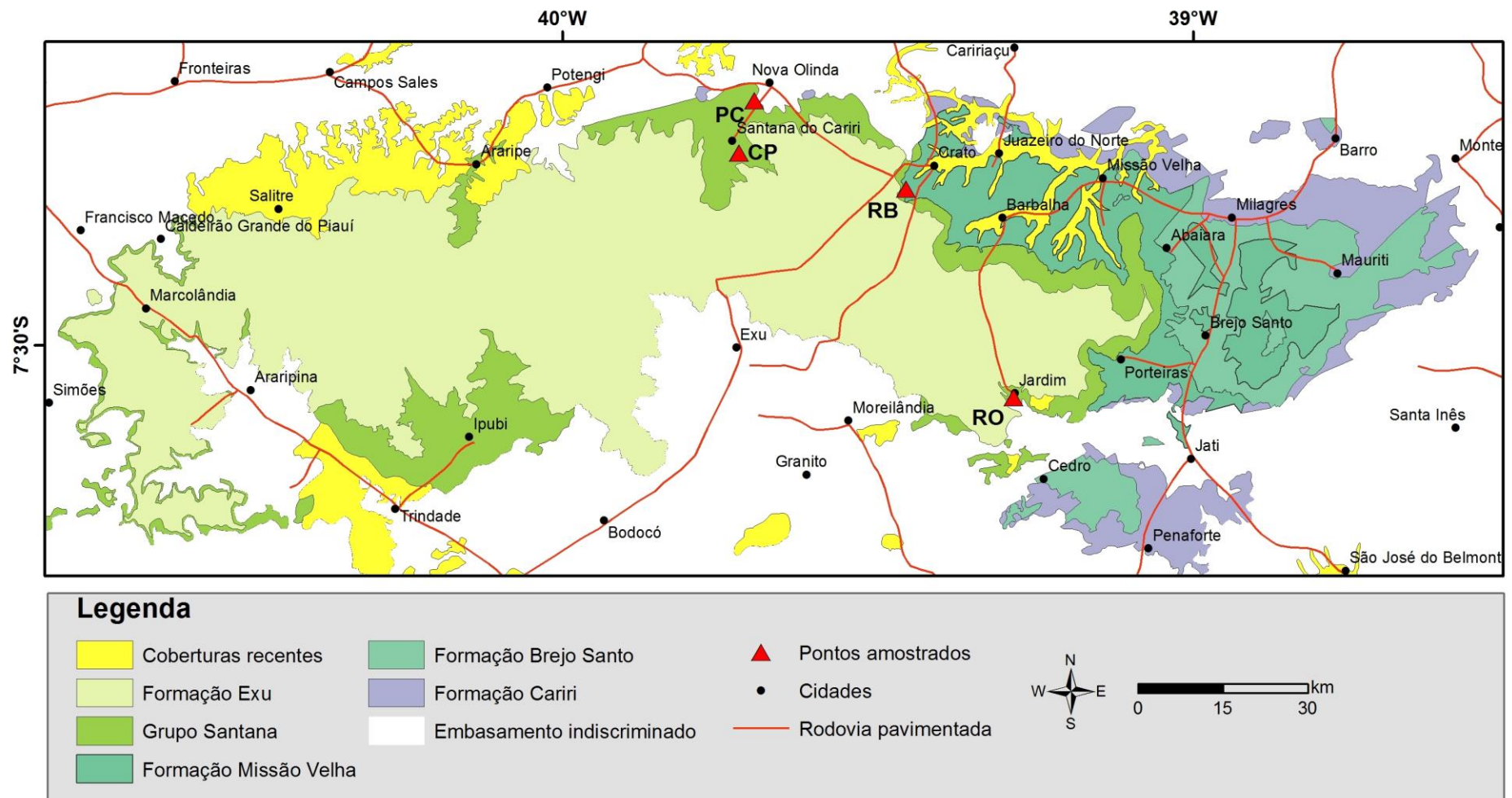


Figura 1. Mapa da Bacia do Araripe, contendo a localização dos pontos de coletas das amostras (triângulo vermelho) (Mapa cedido pelo Laboratório de Geologia Sedimentar, LAGESE, UFPE).

Os espécimes foram identificados através de literatura especializada, observando sua descrição original, características morfológicas dos exemplares e comparação com os *taxa* previamente descritos. A taxonomia supragenérica está de acordo com a proposta de Horne (2005).

SISTEMÁTICA PALEONTOLÓGICA

Classe Ostracoda Latreille, 1802
Subclasse Podocopa Sars, 1866
Ordem Podocopida Sars, 1866
Superfamília Cypridoidea Baird, 1845
Família Cyprididae Baird, 1845
Subfamília Cypridinae Baird, 1845
Gênero *Harbinia* Tsao, 1959 emend. Hou, 1984

Harbinia micropapillosa (Bate 1972) emend. Do Carmo et al., 2008

Estampa 1, Figs. A-D

1972 *Pattersoncypris micropapillosa* Bate, p. 379-393, est. 66-71, figs. 1-12.
1990 *Pattersoncypris micropapillosa* - Arai & Coimbra, p. 239, est. 1, fig. 2.
1990 *Pattersoncypris micropapillosa* - Dépêche et al., est. 1, fig. 9.
2008 *Harbinia micropapillosa* - Do Carmo et al., p. 795, fig. 6, no 6.
2013 *Pattersoncypris micropapillosa* - Piovesan et al., p. 246-247, Fig. 4, 2.

Localidade-Tipo: Bacia do Araripe, Estado do Ceará, Brasil (Bate, 1972).

Horizonte-Tipo: Bacia do Araripe, em concreções carbonáticas do Membro Romualdo da Formação Santana, idade Aptiano/Albiano (Bate, 1972).

Localidade: Brasil, estado do Ceará nos municípios de Jardim (RO) nas coordenadas 0468580E; 9161785N e Crato (RB) nas coordenadas 449774E; 9198306N.

Material ilustrado: A, fêmea, vista lateral direita, C: 0,97 mm, A: 0,64 mm. B, macho, vista lateral esquerda, C: 0,97 mm,

A: 0,61 mm. C, vista dorsal, C: 0,82 mm; L: 0,41. D, macho, vista lateral direita, C: 1.04 mm; A: 0,66 mm.

Discussão: *H. micropapillosa* (Bate, 1972) foi comparada com *H. sinuata* (Krömmelbein & Weber, 1971), porém em *H. micropapillosa* é possível observar a margem ventral suavemente côncava e extremidade anterior com ângulo dorsal mais inclinado.

Distribuição geográfica e estratigráfica: Brasil, Bacia do Araripe, Grupo Santana, Formação Romualdo (Silva-Telles Jr. & Viana, 1990), intervalo datado como Aptiano (Regali, 1990; Coimbra et al., 2002); Bacia Potiguar, Formação Alagamar, Aptiano (Do Carmo, 1998); Bacia do Espírito Santo, Formação São Mateus, Albiano (Piovesan et al., 2013); Bacia do Araripe, Grupo Santana (Arai & Coimbra, 1990; Bate, 1972; Dépêche et al., 1990; Do Carmo, 2008).

Ocorrência: *Harbinia micropapillosa* (Bate, 1972) foi encontrada nas amostras RO e RB onde ocorrem também, *Theriosynoecum silvai*, *Alicenula leguminella*, *Damonella grandensis*, porém de forma abundante na mostra RO e menos frequente na amostra RB. Na Formação Crato a ocorrência foi restrita a carapaças, sendo registradas 26 na amostra RB. Na Formação Romualdo a amostra RO é composta por 390 fragmentos e 91 carapaças, entre estas foi possível identificar seis estágios ontogenético (Adulto (A), A-1, A-2, A-3, A-5 e A-6).

Harbinia alta Antonietto et al., 2012

Estampa 1, Figs. G, F

1990 *Hourcquia angulata angulata* Krömmelbein & Weber, 1971 - Silva-Telles Jr. & Viana, est. 3, fig. 3.
2006 *Harbinia angulata* (Krömmelbein & Weber, 1971) - Ramos et al., p. 344, fig. 4, E-H.
2012 *Harbinia alta* Antonietto et al., p. 664, figs. 4.1-4.10.

Localidade-Tipo: Bacia do Araripe, Grupo Santana, NE- Brasil (Antonieto et al., 2012).

Horizonte-Tipo: Grupo Santana. Bacia Potiguar, Aptiano-Albiano (Antonieto et al., 2012).

Localidade: Brasil, estado do Ceará município de Santana do Cariri (PC) nas coordenadas 423168E; 9213698N.

Material ilustrado: E, adulto, vista lateral esquerda, C: 0,94 mm A: 0,61 mm. F, vista dorsal, C: 0,99 mm; L: 0,46 mm.

Discussão: *H. alta* se diferencia das demais espécies do gênero em função de sua maior relação altura X comprimento. Os exemplares encontrados são em sua maioria formas juvenis e os considerados adultos estão fragmentados ou em mal estado de preservação. De acordo com a diagnose original, a espécie apresenta reticulação, o que não foi observado no material analisado. Entretanto, Antonietto et al. (2012) destaca que os juvenis podem ser lisos ou menos ornamentados, o que sustenta a inclusão dos espécimes aqui registrados em *H. alta*.

Distribuição geográfica e estratigráfica: Bacia do Grajaú, Formação Codó, Aptiano superior (Ramos et al., 2006), Bacia do Araripe, Formações Crato e Romualdo e Grupo Santana (Silva-Telles Jr. & Viana, 1990), Aptiano-Albiano (Regali, 1990) e Formação Santana, Bacia Potiguar, Aptiano-Albiano (Antonieto et al., 2012).

Ocorrência. *Harbinia alta* foi encontrada na amostra PC, em depósito da Formação Crato, associada com apenas um exemplar de *Harbinia micropapillosa*. Foram registrados seis exemplares de adultos e 62 fragmentos, todos em baixa qualidade de preservação.

Família Candonidae Kaufmann, 1900

Gênero *Damonella* Anderson, 1966

***Damonella grandiensis* Tomé et al., 2014**

Estampa 1, Figs. G-K

1996 *Mantelliana* (?) sp. Colin et al., p. 368, estampa 3, fig. 1;

1999 Ostracode 207 - Neumann, p. 93, imagens 2 e 4;

2002 Ostracode 207 - Coimbra et al., p. 691, estampa IV, fig. 31;

2006 *Candona* sp - Ramos et al., p. 344, fig. 4.

2014 *Damonella grandiensis* Tomé et al., p. 165, fig. 10 A-F

Localidade-Tipo: Grupo Santana, NE - Brasil, Bacia do Araripe e Bacia de Jatobá (Tomé et al., 2014).

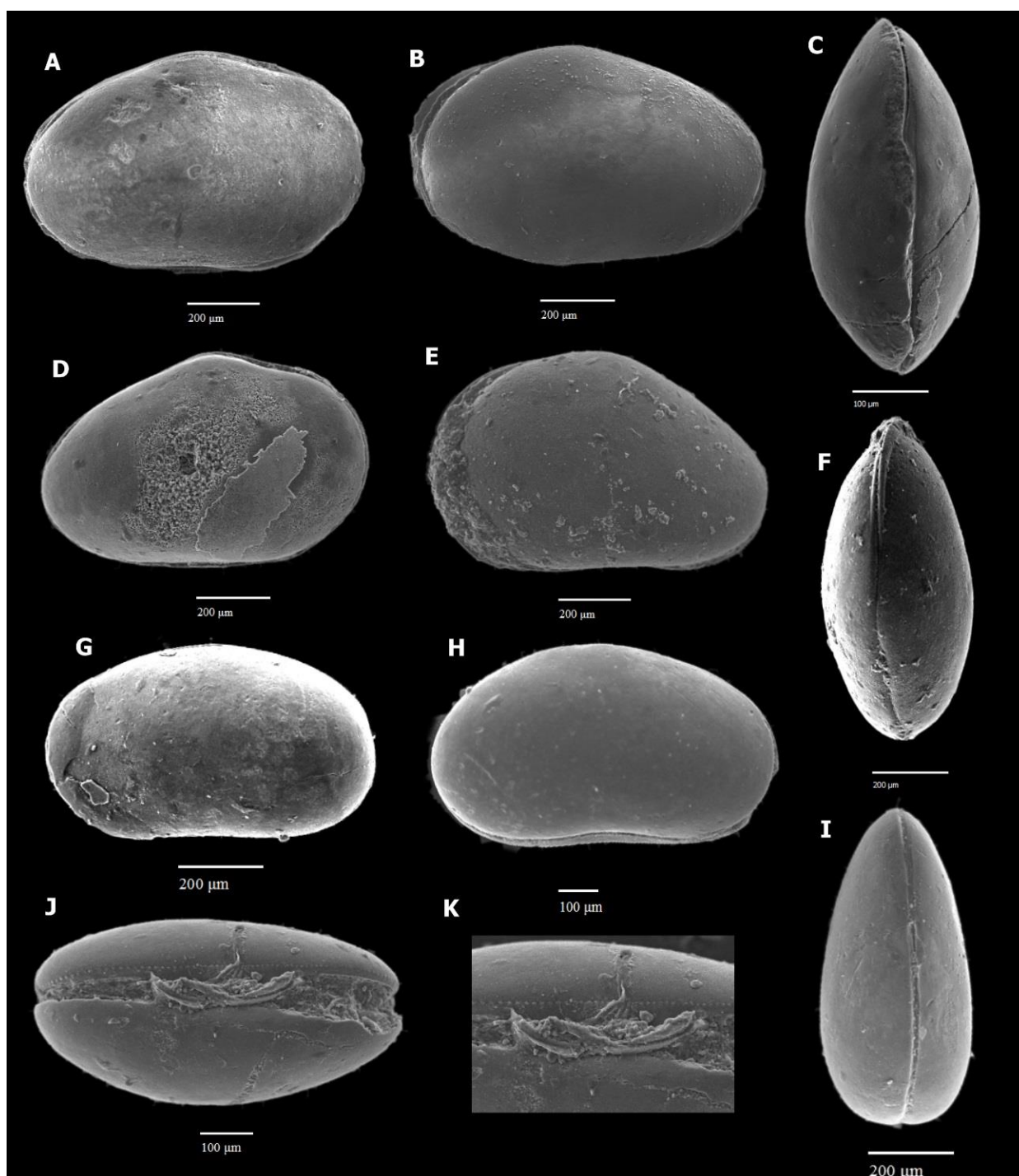
Horizonte Tipo: poço 1-PS-07-CE, Bacia do Araripe. Formação Crato, a profundidade de 25,40 m, Aptiano superior (Tomé et al., 2014).

Material ilustrado: G, fêmea. Vista lateral esquerda, C: 0,81 mm; A: 0,48 mm. H, macho, vista lateral direita, C: 0,93 mm; A: 0,51 mm. I, macho, vista dorsal, C: 0,83 mm; L: 0,38 mm. J, juvenil, vista ventral, C: 0,74 mm; L: 0,37 mm. K, detalhe da vista ventral.

Discussão: Espécies do gênero *Damonella* são importantes fósseis-guia do Andar Alagoas (Aptiano-Albiano inferior) nas bacias brasileiras.

Ocorrência: *Damonella grandiensis* foi encontrada na amostra RB onde ocorrem também, *Harbinia micropapillosa*, *Theriosynoecum silvai*, *Alicenula leguminella*, porém de forma mais abundante que as outras espécies, sendo registradas 278 carapaças completas e 172 fragmentos.

Distribuição geográfica e estratigráfica: Brasil: Bacia do Araripe, Formação Crato, (Neumann, 1999), Aptiano. Bacia Grajaú, Formação Codó, Aptiano inferior (Ramos et al., 2006); Bacia do Cedro, Formação Crato, Aptiano inferior (Tomé, 2007; Tomé & Lima Filho, 2010); Bacia Potiguar, Formação Alagamar, Aptiano (Do Carmo et al., 2013); Bacia de Jatobá, Serra Negra, Formação Crato, Aptiano Superior (Tomé et al., 2014).



Estampa 1. (A-D) *Harbinia micropapillosa*, (A) fêmea, vista lateral direita; (B) macho, vista lateral esquerda; (C) macho, vista dorsal; (D) macho, vista direita. (E-F) *Harbinia alta*, (E) Adulto, vista esquerda; (F) Adulto vista dorsal. (G-K) *Damonella grandiensis*, (G) fêmea, vista esquerda; (H) macho, vista direita; (I) macho vista dorsal; (J) juvenil, vista ventral; (K) detalhe da vista ventral.

Superfamília Cytheroidea Baird, 1850
Família Limnocytheridae Klie, 1938
Subfamília Timiariaseviinae Mandelstam, 1960
Gênero *Theriosynoecum* Branson, 1936

***Theriosynoecum silvai* (Silva, 1978)
emend. Do Carmo et al., 2004**
Estampa 2, Figs. A-D

1978 *Bisulcocypris silvai* - Silva, p.1014, estampa 1, figs. 1-4.
1978 *Bisulcocypris munizi* - Silva, p.1016, estampa 1, figs. 5-8.
2002 *Theriosynoecum silvai* - Coimbra, Arai & Carreño, p. 691, figs. 4.34, 4.35
2002 *Theriosynoecum silvai* - Coimbra et al., p. 691, estampa 4, figs. 34,35.
2013 *Theriosynoecum silvai* - Do Carmo et al., p. 95-103, fig. 6, N. 9-12.

Localidade-Tipo: Brasil, Estado do Ceará, Município de Crato, Bairro Lameiro, afloramento em área de afluente do Rio Batateiras (Do Carmo et al., 2004).

Horizonte-Tipo: Bacia do Araripe, Formação Santana, níveis de folhelhos abaixo da camada de calcários laminados, Aptiano (Regali, 1990; Coimbra et al., 2002).

Localidade: Brasil, estado do Ceará município de Crato (RB) nas coordenadas 449774E; 9198306N.

Material ilustrado: **A**, fêmea, vista lateral direita, C: 0,99 mm; A: 0,55 mm. **B**, fêmea, vista dorsal, C: 0,87 mm; L: 0,53 mm. **C**, macho, vista dorsal, C: 0,79 mm; L: 0,41 mm. **D**, macho, vista lateral direita, C: 0,80 mm; A: 0,43 mm.

Discussão: *Theriosynoecum munizi* (Silva, 1978) foi considerado sinônimo de *Theriosynoecum silvai* (Silva, 1978, Do Carmo et al., 2004).

Distribuição geográfica e estratigráfica. Brasil, Formação Crato, Grupo Santana, Bacia Araripe (Silva, 1978), intervalo datado como Aptiano por Regali (1990) e Formação Alagamar, Bacia Potiguar,

Aptiano médio-superior (Coimbra et al, 2002; Do Carmo et al., 2013).

Ocorrência: *Theriosynoecum silvai* foi encontrado em amostras onde ocorrem também *Pattersonocypris micropapillosa*, *Damonella grandiensis* e *Alicenula leguminella*. Foram registradas 19 carapaças completas e 172 fragmentos, os exemplares estão bem preservados, sobretudo os juvenis.

***Theriosynoecum?* sp.**
Estampa 2, Figs. G-J

Localidade: Brasil, estado do Ceará no município de Santana do Cariri, nas coordenadas 420538E; 9204548N.

Material ilustrado: **G**, vista dorsal, C: 0,48 mm; L: 0,22. **H**, vista lateral direita, C: 0,39 mm; A: 0,21 mm. **I**, vista lateral direita, C: 0,63 mm; A: 0,33 mm. **J**, vista dorsal, C: 0,61 mm; L: 0,26 mm.

Descrição: carapaça sub-retangular em vista lateral, maior altura no terço anterior, valva esquerda maior do que a valva direita, margem dorsal e ventral quase paralelas, concavidade na região ventral, extremidade anterior arredondada e mediana projetada para baixo. Apresenta dois sulcos na região dorsomediana e tubérculo sub-central bem desenvolvido.

Ocorrência. *Theriosynoecum?* sp. foi encontrado na amostra CP, da Formação Ipubi, 58 carapaças completas e 63 fragmentos, sem associação com outra espécie.

Discussão: *Theriosynoecum?* sp. foi comparado com *Theriosynoecum silvai* e difere pela sua concavidade ventral. A espécie permanece em nomenclatura aberta, devido ao estado de preservação dos espécimes, que são predominantemente constituídos de moldes internos. A maior parte dos exemplares são valvas e fragmentos, o que dificultou um maior refinamento taxonômico.

Superfamília Darwinuloidea (Brady & Norman, 1889)

Família Darwinulidae Brady & Norman, 1889, *emend.* Rossetti & Martens 1998
Gênero *Alicenula* Rossetti & Martens, 1998

***Alicenula leguminella* (Forbes, 1855)**

Estampa 2, Figs. E e F

1855 *Cypris leguminella*- Forbes in Lyell, p. 294, fig. 334c.

1885 *Darwinula leguminella* (Forbes, 1855) - Jones, p. 346.

2003 *Darwinula leguminella* (Forbes, 1855) - Andreu *et al.*, 2003, p. 198, pl. 2, figs. 10-12.

2003 *Alicenula leguminella* (Forbes, 1855) comb. nov. - Martens *et al.*, 2003, p. 725.

2013 *Alicenula* sp. – Trabelsi & Colin, pl. 1, figs. 6a-c.

2014 *Alicenula leguminella* (Forbes in Lyell, 1855) - Tomé *et al.*, p. 171, figs. 14N–R

2015 *Alicenula leguminella* (Forbes, 1855) - Trabelsi *et al.*, 2015, p. 319, figs.E1-E3.

Localidade-Tipo: Afloramentos da Formação Crato da bacia do Araripe.

Horizonte-Tipo: Purbeck Wealden, Inglaterra (Forbes, 1855).

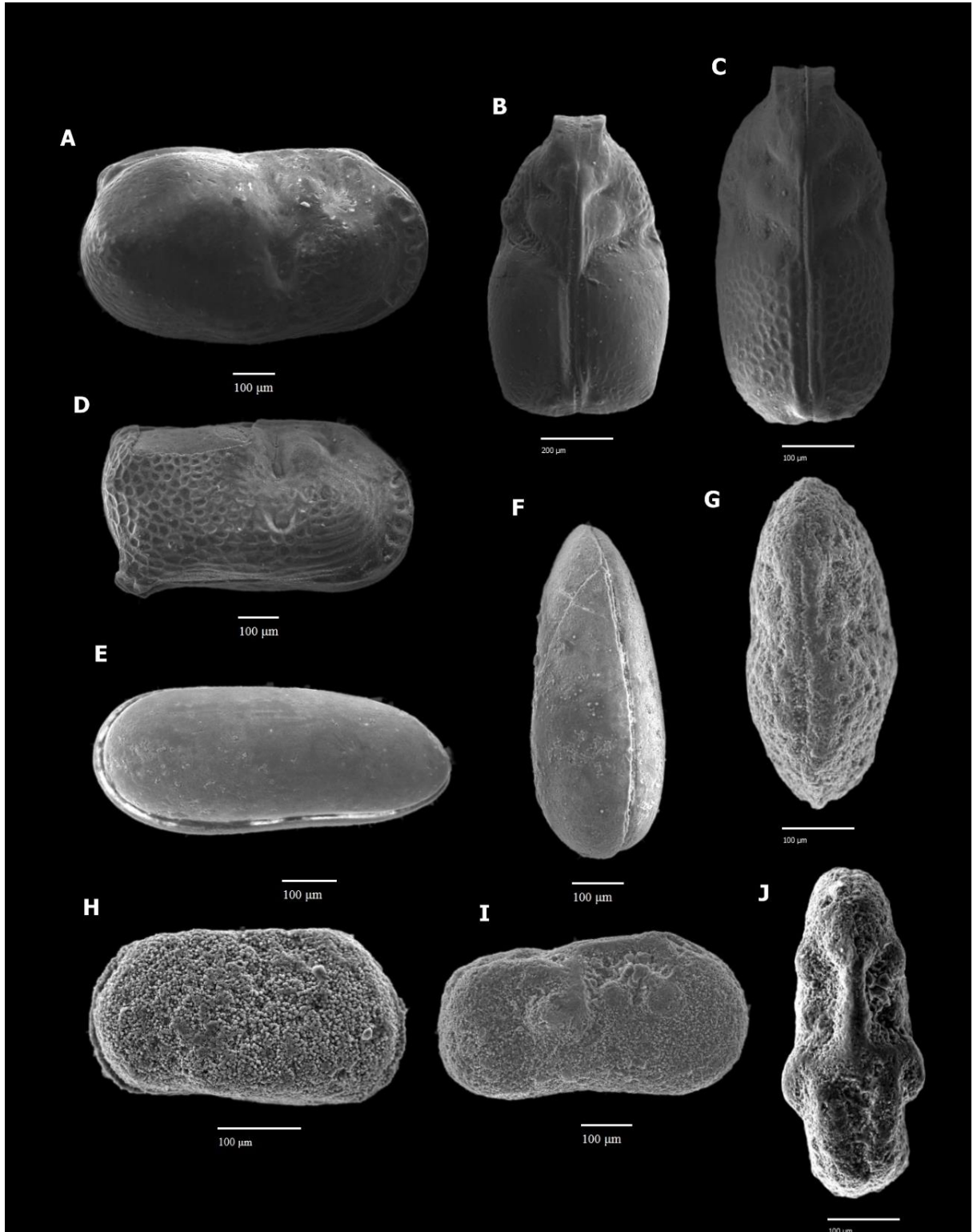
Material ilustrado: E, vista lateral direita, C: 0,51mm; H: 0,21 mm. F, vista dorsal, C: 0,48 mm; L: 0,19 mm.

Discussão: A taxonomia dos representantes fósseis da família Darwinulidae carece de uma revisão detalhada e permanece problemática devido aos poucos caracteres diagnósticos presentes na carapaça. Entretanto, optou-se por manter a espécie no gênero *Alicenula*, devido a impossibilidade de observar elementos diagnósticos do gênero *Darwinula*, visíveis apenas em vista interna.

Localidade: Brasil, estado do Ceará município de Crato (RB) nas coordenadas 449774E; 9198306N.

Ocorrência. *Alicenula leguminella*, foi identificada na amostra RB, do afloramento Crato da Bacia do Araripe, apenas 13 carapaças adultas e 2 fragmentos, onde ocorrem também espécies como, *Damonella grandiensis*, *Harbinia micropapillosa* e *Theriosynoecum silvai*.

Distribuição geográfica e estratigráfica: Norte da África (Trabelsi *et al.*, 2015), Purbeck Wealden, Inglaterra Jurássico até o Aptiano Inferior (Anderson, 1985); Marrocos, Cretáceo inferior (Andreu, 2003) e Formação Santana, Bacia do Araripe (Tomé *et al.*, 2014).



Estampa 2. (A-D) *Theriosynoecum silvai*, (A) fêmea, vista lateral direita; (B) fêmea, vista dorsal; (C) macho, vista dorsal; (D) macho, vista lateral direita. (E-F) *Alicenula leguminella*, (E) vista lateral direita; (F) vista dorsal. (G-J) *Theriosynoecum?* sp. (G) juvenil, vista dorsal; (H) juvenil, vista lateral direita; (I) juvenil, vista lateral direita; (J) juvenil, vista dorsal.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os ostracodes identificados neste trabalho, na Bacia do Araripe, provenientes dos depósitos das Formações, Crato, Ipubi e Romualdo são pertencentes a três famílias: Cyprididae, Limnocytheridae e Darwinulidae, que são muito representativas no Cretáceo não-marinho. Nas amostras analisadas, Cyprididae destacou-se em termos de diversidade e quantidade de indivíduos, resposta que é comum em ambientes não-marinhos.

A amostra Rio da Batateira (RB), proveniente da Formação Crato foi a mais diversificada dentre as amostras analisadas. Nesta amostra, encontram-se associadas as espécies *Harbinia micropapillosa*, *Theriosynoecum silvai*, *Damonella grandiensis* e *Alicenula leguminella*. Foram recuperadas muitas carapaças completas em excelente preservação, em até quatro estágios ontogenéticos, indicando sua autoctonia. *Alicenula leguminella* apresenta-se em baixa qualidade de preservação e foram recuperados apenas adultos nesta amostra, o que pode indicar que tenha sofrido transporte. Em linhas gerais, a associação da amostra RB foi considerada autóctone de ambiente de baixa energia, de acordo com a proposta de Whatley (1983). Esta interpretação é baseada na presença de uma associação fóssil que apresenta adultos e juvenis em vários estágios ontogenéticos bem preservados.

Na amostra Romualdo (RO), da Formação Romualdo apenas a espécie *Harbinia micropapillosa* foi encontrada. Essa assembleia mostrou-se autóctone de baixa energia, com ocorrência de adultos em associação juvenis de diferentes estágios ontogenéticos. A amostra conta com grande número de carapaças fragmentadas. As carapaças completas também são abundantes e em ótimo estado de preservação. Esta amostra foi

classificada como muito abundante constituída por mais de 300 espécimes.

Na amostra Conceição Preta (CP) na Formação Ipubi foram encontrados apenas exemplares de *Theriosynoecum?* sp. Essa amostra é composta por grande número de fragmentos e as carapaças completas provavelmente representando moldes internos. As assinaturas tafonômicas indicam que os espécimes sofreram remobilização e transporte. A amostra é provavelmente constituída apenas por juvenis e foi classificada como abundante.

A amostra Pedras Cariri (PC) proveniente da Formação Crato apresenta uma assembleia composta exclusivamente por *Harbinia alta*. O material foi considerado como autóctone de alta energia, pois não possui exemplares juvenis na sua composição. Os exemplares que compõe essa amostra são na maioria fragmentos e carapaças com baixa qualidade de preservação.

Considerando as variações relativas da razão Adulto/Juvenil (Schlittenberg, 2007) pode-se sugerir que as populações de *Alicenula leguminella* (RB), *Harbinia micropapillosa* (RB, RO) e *Theriosynoecum silvai* (RB) *Theriosynoecum?* sp (CP) e *H. alta* (PC) apresentam características de morte *in situ*, com remoção tafonômica ou destruição da maioria dos juvenis. A população de *Damonella grandiensis* (RB) porém apresenta deposição localmente abundante de juvenis. Isto pode ser interpretado de duas maneiras: como os juvenis são mais facilmente transportados, pode ser uma associação alóctone ou, pode indicar uma morte em massa e deposição *in situ*.

As amostras provenientes da Formação Crato (RB e PC) evidenciam condições variáveis de salinidade, possivelmente um ambiente mesohalino. Na amostra RB, a família Cyprididae está representada neste estudo pelas seguintes espécies *Harbinia micropapillosa*,

Harbinia alta e *Damonella grandiensis*. Estas espécies são consideradas tolerantes a variações de salinidade (Do Carmo *et al.*, 1999), pois proliferam-se quando em ambientes de maior salinidade. Também estão associados, porém em menor abundância, representantes de Limnocytheridae (*Theriosynoecum silvai*),

que tem melhor desenvolvimento em ambientes com condições hipohalinas (Do Carmo, 1998). A Família Darwinulidae, representada nesse estudo apenas pela espécie *Alicenula leguminella*, caracteriza-se por ser uma espécie tipicamente de água doce, sendo ambiente mesohalinos o máximo tolerável em termos de salinidade.

Superfamília	Família	Gênero	Espécie
Cypridoidea	Cyprididae	<i>Harbinia</i> Tsao	<i>Harbinia micropapillosa</i> <i>Harbinia alta</i>
Cytheroidea	Limnocytheridae	<i>Damonella</i> Anderson	<i>Damonella grandiensis</i>
		<i>Theriosynoecum</i> Branson	<i>Theriosynoecum silvai</i> <i>Theriosynoecum?</i> sp.
Darwinuloidea	Darwinulidae	<i>Alicenula</i> Rossetti & Martens	<i>Alicenula leguminella</i>

Tabela 1. Síntese da classificação sistemática do material analisado

A presença de *T. silvai* e *A. leguminella*, *D. grandiensis* e *H. micropapillosa*, caracteriza essa área como sendo um ambiente com nível de salinidade relativamente alto, possivelmente mesohalino. Essas alterações nos níveis de salinidade podem ser observadas na composição da população dessa amostra que é composta pela presença de poucos exemplares de *Alicenula leguminella* e *Theriosynoecum*, quando comparadas com a fauna de *Damonella grandiensis* que se prolifera associada a *H. micropapillosa*. Do Carmo *et al.* (1999) em um estudo realizado na Bacia Potiguar, reconheceu *Theriosynoecum silvai*, como organismo de água doce. No entanto observou-se que os mesmos podem ter suportado condições hipohalinas e até mesohalinas.

A amostra Pedras Cariri da Formação Crato observou-se a dominância de *Harbinia alta*, que também pode ser interpretada como ambiente de alta salinidade.

Na amostra referente à Conceição Preta (CP), que caracteriza um depósito da Formação Ipubi, *Theriosynoecum?* sp. é a única espécie encontrada. Portanto essa

área pode ser caracterizada como um ambiente lacustre de baixa salinidade.

Nas amostras referentes a Formação Romualdo a assembléia de ostracodes é composta exclusivamente por *Harbinia micropapillosa*, caracterizando uma tendência de aumento de salinidade. Esta espécie é registrada, inclusive, associada a ostracodes de ambiente marinho por Piovesan *et al.* (2013) na Bacia do Espírito Santo.

CONCLUSÕES

Seis espécies de ostracodes lacustres foram identificadas nesse estudo: *Harbinia*, *micropapillosa*, *Harbinia alta*, *Damonella grandiensis*, *Alicenula leguminella*, *Theriosynoecum silvai* e *Theriosynoecum?* sp.

Todas as espécies encontradas neste trabalho na Bacia do Araripe foram mencionadas anteriormente na literatura como espécies aptianas, ocorrendo no andar Alagoas da Bacia do Araripe. *H. micropapillosa* e *H. alta* também podem ser registradas no Albiano. Isso reforça que as Formações Crato e Romualdo, de onde originam-se as amostras, podem ser

datadas como Aptiano-Albiano, Andar Alagoas.

As assembleias analisadas caracterizam-se, em sua maioria, como autóctones de baixa energia. As proporções adultos/juvenis das amostras das áreas estudadas sugerem que estas evidenciam deposição *in situ*.

As associações entre as populações observadas sugerem ambientes lacustres, com variações nos níveis de salinidade. A Formação Crato é a que demonstra estas variações com maior resolução, dado a presença de táxons com diferentes níveis de tolerância à salinidade.

As análises de identificação e a distribuição realizadas neste trabalho, a partir da comparação dos exemplares de ostracodes com trabalhos anteriores realizados na bacia, permitiu posicionar as amostras das formações Crato, Romualdo e Ipubi ao Andar Alagoas, Aptiano-Albiano.

REFERÊNCIAS

- Andreu, B., Colin, J.P., Haddoumi, H., Charrière, A., 2003. Les Ostracodes des Couches Rouges du Synclinal D'aït Attab, Haut-Atlas Central, Maroc: Systématique, biostratigraphie, paléoécologie, paléobiogéographie. *Revue de Micropaléontologie*, 46(4): 193-216.
- Anderson, F.W., 1985. Ostracod faunas in the Purbeck and Wealden of England. *Journal of Micropalaeontology*, 4(2): 1-68.
- Antonietto, L.S., Gobbo, S.R., Do Carmo, D.A., Assine, M.L., Fernandes, M.A.M.C.C., Lima, J.E., 2012. Taxonomy, ontogeny and paleoecology of two species of *Harbinia* Tsao, 1959 (Crustacea, Ostracoda) from the Santana Formation, lower Cretaceous, Northeastern Brazil. *Journal of Paleontology*, 86: 659-668.
- Arai, M., Carvalho, I. S., Cassab, R.C.B., 2004. Bacias sedimentares Brasileiras. *Phoenix*, 72: 10-17.
- 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*, 225-239.
- Assine, M.L., 1992. Análise estratigráfica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 22: 289-300.
- Assine, M. L., 2007. Bacia do Araripe. *Boletim de Geociências da Petrobras*. 15(2):371- 389.
- Assine, M. L., Perinotto, J. A. J., Custódio, M. A., Neumann, V. H., Varejão, F. G., Mescolotti, P. C., 2014. Sequências deposicionais do Andar Alagoas da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Boletim de Geociências Petrobras*, 22(1): 3-28.
- Bate, R.H., 1972. Phosphatized ostracods with appendages from the lower Cretaceous of Brazil. *Palaeontology*, 15(3): 379-393.
- Castro, D.L. & Castelo Branco, R.M.G 1999. Caracterização da arquitetura interna das Bacias do Vale do Cariri (NE do Brasil) com base em modelagem gravimétrica 3-D. *Revista Brasileira de Geofísica*, 17(2,3): 129-144.
- Colin, J.P., Tambareau, Y., Krashennnikov, V.A., 1996. Ostracodes limniques et lagunaires dans le Crétacé Supérieur du Mali (Afrique de l'Ouest): Systematique, Paléoécologie et affinités paléobiogéographiques. *Revue de Micropaleontology* 39: 211-222.
- Coimbra, J.C., Arai, M., Carreño, A.L., 2002. Biostratigraphy of lower Cretaceous microfossils from the Araripe Basin, Northeastern Brazil. *Geobios*, 35: 687-698.

- Dépêche, F., Berthou, P.Y., Campos, D.A., 1990. Quelques observations sur les faunes d'ostracods du Crétacé du Bassin d'Araripe (NE du Brésil). Simpósio sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste 1: 293-308.
- Do Carmo, D.A., 1998. Taxonomia, paleoecologia e distribuição estratigráfica dos Ostracodes da Formação Alagamar (Cretáceo Inferior), Bacia Potiguar, Brasil. Tese de Doutorado, Pós-graduação em Geociências UFRGS, 156pp.
- Do Carmo, A.D.; Sanguinetti, Y.T.; Coimbra J. C.; Guimarães, E.M. 1999. Paleoecologia dos Ostracodes não-Marinheiros do Cretáceo inferior da Bacia Potiguar, RN, Brasil. In: 5º Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil, 19:385-388.
- Do Carmo, D.A., Rafael, R.M.L., Vilhena, R.M., Tomassi, H.Z., 2004. Redescritção de *Theriosynoecum silvai* e *Darwinula martinsi*, membro Crato (Formação Santana), Cretáceo inferior, Bacia do Araripe, NE, Brasil. Revista Brasileira de Paleontologia, 7(2):151-158.
- Do Carmo D. A., Whatley R.C., Queiroz J. V. N., Coimbra J. C., 2008. On the validity of two Lower Cretaceous non-Marine Ostracode Genera: biostratigraphic and paleogeographic implications. Journal of Paleontology, 82(4):790-799.
- Do Carmo, D.A., Whatley, R.C., Queiroz, J.V.N., Coimbra, J.C., 2013. Taxonomy of limnic Ostracoda (Crustacea) from the Alagamar Formation, Middle-Upper Aptian, Potiguar Basin, Northeastern Brazil. Journal of Palaeontology, 87: 95-103.
- Forbes, E., 1855. In: Lyell, C. (Ed.), A manual of elementary geology: Or, the ancient changes of the earth and its inhabitants as illustrated by geological monuments. 5th Ed. John Murray p. 294-297.
- Horne, D.J., 2005. Ostracoda. In: Selley R.C., Cocks, R.M., Plimer, In: Encyclopedia of Geology. Elsevier, 453-463.
- Krömmelbein, K., 1966. Preliminary remarks on some marine Cretaceous ostracodes from North-Eastern Brazil and West Africa. Proceedings 2nd West African Micropaleontological Colloquium, 1965, 1:119-123.
- Krömmelbein, K. & Weber, R. 1971. Ostrakoden des "Nordost-Brasilianischen Wealden". Geologisches Jahrbuch, 115:1-93.
- Krömmelbein, K., Weber, R., 1985. Ostracodes do "Wealdean" do Nordeste Brasileiro. Petrobras/Cenpes/Sintep. Sér. Ciênc. Técn. Petról., 16: 9-39.
- Martens, K., Rossetti, G., Horne, D.J., 2003. How ancient are ancient asexuals? Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 270:723-729.
- Matos, R.M.D. De. 1992. The Northeast Brazilian rift system. Tectonics, 11(4):766-791.
- Matos, R.M.D. De. 1999. History of the Northeast Brazilian rift system: Kinematic implications for the break-Up between Brazil and West Africa. In: Cameron et al. (Eds), The oil and gas habitats of the South Atlantic. Geol. Soc London Spec. Public., 153: 55-73.
- Neumann, V.H., 1999. Estratigrafia, sedimentologia, geoquímica y diagénesis de los sistemas lacustres Aptiense-Albienses de la Cuenca de Araripe (Nordeste De Brasil). Tesis Doctoral. Facultad de geología. Universitat de Barcelona, 250 pp.
- Piovesan, E. K.; Ballent, S.; Fauth, G., 2012. Cretaceous paleogeography of Southern Gondwana from the distribution of the marine ostracod *Majungaella* Grekoff: new data and

- review. *Cretaceous Research*,37: 127-147
- Piovesan, E.K., Nicolaidis, D.D., Fauth, G., Viviers, M.C., 2013. Ostracodes from the Aptian-Santonian of the Santos, Campos and Espírito Santo Basins, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* 48: 240-254.
- Ramos, M.I.F., Rossetti, D.D.F., Paz, J.S., 2006. Caracterização e significado paleoambiental da fauna de Ostracodes da Formação Codó (Neoaptiano), Leste da Bacia de Grajaú, Ma, Brasil. *Revista Brasileira de paleontologia* 9, 339-348.
- Regali, M.S.P., 1990. Biocronoestratigrafia e paleoambiente do Eocretáceo das Bacias do Araripe (Ce) e Rio do peixe (Pb), Ne, Brasil. Simpósio sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste. 1:163-171
- Sames, B., 2010. Taxonomy and systematic of Nonmarine late Jurassic and early Cretaceous Ostracods: Their phylogeny and application to biostratigraphy with emphasis on the early Cretaceous of the North American Western interior Foreland Basin. Doctorate thesis, department of Geosciences, Freie Universität Berlin, 386 pp.
- Sames, B., Home, D.J., 2012. Latest Jurassic to Cretaceous non-marine ostracod biostratigraphy: Unde venis, quo vadis?. *Journal of Stratigraphy*, 36, 267-288.
- Schllenberg, S.A., 2007. Marine Ostracods, San Diego State University, Ca, USA. Elsevier B.V.
- Silva, M.D. 1978. Ostracodes da Formação Santana (Cretáceo Inferior), grupo Araripe, Nordeste do Brasil. 1. Novas espécies do gênero *Bisulcocypris*. Congresso Brasileiro de Geologia. 30:1014-1021.
- Silva-Telles, A.C.S. & Viana, M.S.S., 1990. Paleoecologia dos ostracodes da Formação Santana (Bacia Do Araripe): Um estudo ontogenético de populações. Simpósio sobre a Bacia do Araripe e Bacias interiores do Nordeste,1:309-327.
- Sohn, I.G. 1961., Techniques for preparations and study of fossil ostracodes. In. Moore R.C.& Pitrat, C.W., (Eds.), *Treatise on invertebrate paleontology*, University Of Kansas, Volume Q, 442 pp.
- Tambareau, Y., 1982. Les Ostracodes et L’histoire Géologique de L’atlantique Sud Au Crétace. *Bull. Centr. Recherc. Explor.-Product. Elf Aquitaine*, 6:1-37
- Tomé, M.E., 2007. Taxonomia e paleoecologia de ostracodes do Aptiano, Bacia de Cedro, Estado de Pernambuco, Ne, Brasil: Implicações paleoambientais e bioestratigráficas. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Geociências da UFPE, 138 pp.
- Tomé, M. E. & Lima Filho, M. F., 2010. Ostracodes da Bacia de Cedro, Andaraí, Alagoas, Estado de Pernambuco, Ne, Brasil: Implicações paleoambientais e bioestratigráficas. *Estudos Geológicos*,21(2):56-70.
- Tomé, M. E.T.R.; Filho, M. F. L.; Neumann V. H.M.L. 2014. Taxonomic Studies of Non-Marine Ostracods in the Lower Cretaceous (Aptian-lower Albian) of Post-Rift sequence from Jatobá and Araripe Basins (Northeast Brazil): Stratigraphic implications. *Cretaceous Research*, 48:153-176.
- Trabelsi, K., Colin, J.P., 2013. Découverte d’ostracodes limniques dans l’albien de la Formation Kebar de Tunisie Centrale. *Revue de Paléobiologie*, 32 (2), 531-540.
- Trabelsi, K., Sames, B., Salmouna, A., Piovesan, E.K., Rouina, S.B., Houla, Y., Tour, J., Soussi, M., 2015. Ostracods from the marginal coastal lower Cretaceous (Aptian) of the

- Central Tunisian atlas (North Africa): paleoenvironment, biostratigraphy and paleobiogeography. *Revue de Micropaléontologie*, 58:309-331.
- Viana, C. F., Gama Junior, E. G. J., Araújo, I. S., Moura, J.A., Fonseca, J.R., 1971. Revisão estratigráfica da Bacia Recôncavo/Tucano. *Boletim técnico da Petrobras*, 14 (3/4):157-192.
- Whatley, R. C., 1983. The application of ostracoda to paleoenvironmental analysis. In: R.F. Maddocks, (Ed.). *Application of ostracoda*. University of Huston, 51-77.