

# Paleontologia: Cenários de Vida - Paleoclimas

**Editores:**

Ismar de Souza Carvalho

Maria Judite Garcia

Cecília Cunha Lana

Oscar Strohschoen Jr.



## Volume 5



EDITORA INTERCIÊNCIA

# CONCHOSTRÁCEOS DAS BACIAS INTERIORES DO NORDESTE BRASILEIRO: INDICADORES CLIMÁTICOS DO CRETÁCEO INFERIOR

## *CONCHOSTRACANS FROM THE NORTHEASTERN INTERIOR BASINS OF BRAZIL: CLIMATIC INDICES OF THE LOWER CRETACEOUS*

Ismar de Souza Carvalho

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia. Av. Athos da Silveira Ramos, 274, 21.949-900 Cidade Universitária, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

E-mail: ismar@geologia.ufrj.br

### RESUMO

---

Durante o Eocretáceo, as transformações ambientais na região da Província Borborema foram profundas. A reativação de falhamentos pré-cambrianos possibilitou a formação de inúmeras bacias, viabilizando a criação de novos nichos ecológicos. A compartimentação de bacias, gerando drenagens endorréicas sem conexão com as de áreas adjacentes, teria facilitado o isolamento geográfico, com o surgimento de novas espécies de conchostráceos. Estas seriam susceptíveis não apenas a um controle físico-químico ambiental, mas principalmente ao controle exercido pelas condições climáticas e tectônicas sobre os diversos ambientes deposicionais.

Os conchostráceos, como elementos do limnobios, são sensíveis às mudanças de temperatura, indicando normalmente condições climáticas quentes. Todavia, a disponibilidade de nutrientes, duração da existência de um corpo d'água e contexto ambiental, são fatores que influenciam a distribuição biogeográfica das espécies e que possibilitam seu uso como indicadores paleoclimáticos.

**Palavras-chave:** Conchostraca, bacias interiores do Nordeste, limnobios

### ABSTRACT

---

During the Early Cretaceous, drastic physiographic changes occurred in the Northeastern Brazil. Wrench tectonics originated many isolated small sedimentary basins that allowed new ecological niches. Endorreic drainages without any connection with the neighboring basins conducted the geographic isolation of the conchostracofauna, with the flourishing of new species. These faunas were controlled by the physical-chemical aspects of the depositional environment, and also by the climate and tectonics. The conchostraceans, as part of the limnobios, are sensitive of the temperature changes, but generally indicating hot climates. Therefore, the availability of nutrients, the persistence of the water bodies and environment itself are factors that influence the biogeographic distribution of the species and allow its use as paleoclimatic proxies.

**Keywords:** Conchostraca, northeastern Brazilian basins, limnobios

## 1. INTRODUÇÃO

Os conchostráceos são pequenos crustáceos que fazem parte da fauna bentônica de ambientes aquáticos temporários. Apresentam duas valvas constituídas de quitina e impregnadas por carbonato de cálcio; somente esta porção calcárea é a habitualmente encontrada nos indivíduos fósseis.

Predominantemente são organismos dulcícolas, habitando águas temperadas ou quentes, e alcalinas. Distribuem-se sobre o substrato argiloso de corpos d'água rasos e temporários, onde podem escavar ativamente o fundo mole e de grã fina. Alimentam-se de restos vegetais e microorganismos (ostracodes e copépodes), obtidos através do revolvimento e ingestão de pequenas partículas dos sedimentos lamosos (Carvalho, 1993).

Além dos lagos temporários, podem ser encontrados também em margens de lagos perenes, planícies de inundação, fontes termais ou mesmo lagunas costeiras. Seus ovos podem ser submetidos a longos períodos de dissecação e serem dispersos pelo vento ou pela água. Os ovos eclodem após breve enchimento das depressões lacustrinas, o que faz com que as diversas gerações sejam sincrônicas. Somente após a fase larval, durante a qual se forma a carapaça, é que adotam um modo de vida mais sedentário.

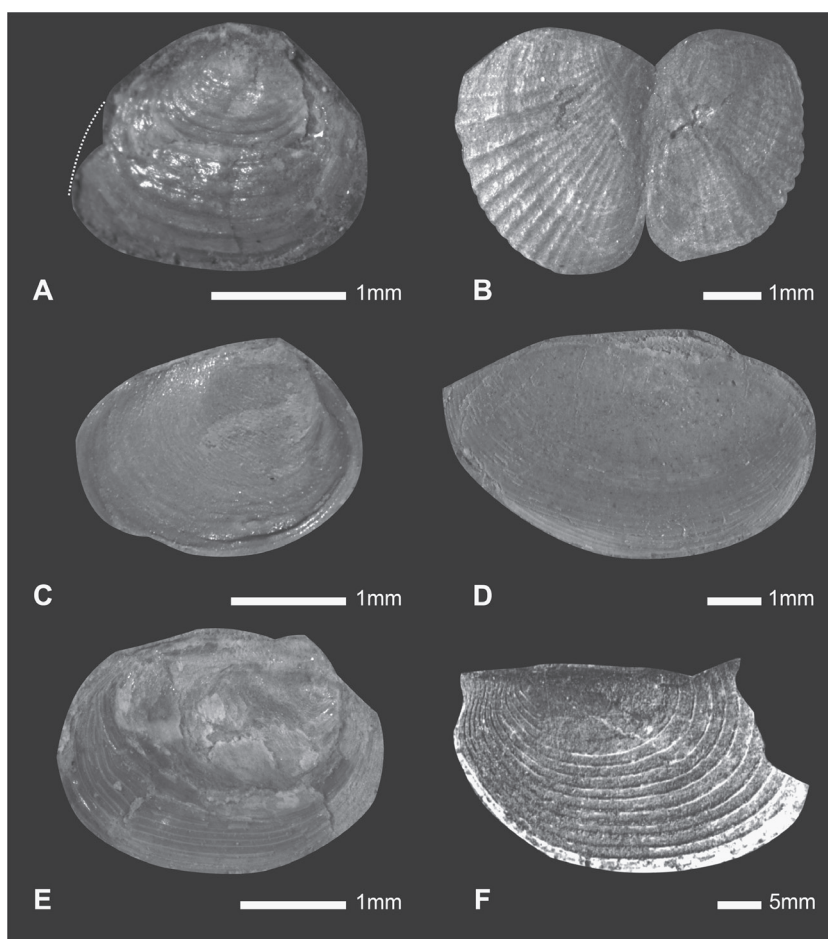


Figura 1. Espécies de conchostráceos das bacias interiores do Nordeste do Brasil. A. *Estheriina costai* - UFRJ-DG 11Co, oriunda da Bacia do Araripe, Formação Santana; B. *Estheriella lualabensis* - UFRJ-DG 29Co, Bacia de Sousa, Formação Sousa; C. *Cyzicus pricei* - UFRJ-DG 24Co, Bacia de Cedro, Formação Santana; D. *Cyzicus brauni* - UFRJ-DG 37Co,

Bacia de Uiraúna – Formação Sousa; E. *Cyzicus codoensis* – UFRJ-DG 17Co, Bacia do Araripe – Formação Santana; F. *Palaeolimnadiopsis reali* – MN 5608-I, Bacia de Sousa – Formação Sousa.

Na concepção de Tasch (1979), a região situada entre Brasil, Angola e Zaire, teria sido durante o Eocretáceo um dos centros de dispersão de espécies de conchostráceos. A existência de inúmeras novas espécies, nesta área do Gondwana, seria provavelmente o reflexo dos novos espaços ecológicos disponíveis através da formação de inúmeras depressões no embasamento Pré-Cambriano (Figura 1).

## 2. AS BACIAS INTERIORES DO NORDESTE: DISTRIBUIÇÃO DAS CONCHOSTRACOFANAS

O Eocretáceo é um momento de profundas transformações em toda a região gondwânica. O período situado entre 144 Ma e 112 Ma, representa um estado geodinâmico de extrema importância. A partir do Jurássico Superior, com o início do processo de estiramento crustal, que culminaria com a formação do Atlântico Sul, surgiam as primeiras bacias sedimentares no Interior Nordestino. Concomitantemente, as condições climáticas teriam também passado por modificações de um clima quente e seco para um clima quente e úmido. O estabelecimento de vários sistemas flúvio-lacustres nas diferentes depressões recém-formadas em toda a Província Borborema teria sido a principal causa desta transformação climática (Carvalho *et al.*, 2002).

A distribuição geográfica das faunas de conchostráceos nas bacias interiores do Nordeste (Tabelas 1, 2), durante o Eocretáceo, estariam susceptíveis não apenas a um controle físico-químico ambiental pretérito sobre a biota, mas principalmente ao controle exercido pelas condições climáticas e tectônicas sobre os diversos ambientes deposicionais (Carvalho, 1993).

Tabela 1. Distribuição das diferentes espécies de conchostráceos nas bacias cretáceas interiores do Nordeste do Brasil no Neocomiano (Carvalho, 1993).

Espécies de Conchostráceos	Bacias											
	Sousa	Uiraúna	Mangabeira	Iguatu	Malhada Vermelha	Rio Nazaré	Barro	Araripe	Cedro	Mirandiba	São José do Belmonte	Padre Marcos
<i>Cyzicus abaetensis</i>		X										
<i>Cyzicus brauni</i>	X	X		X	X	X					X	X
<i>Cyzicus cassambensis</i>	X	X										
<i>Cyzicus mirandibensis</i>										X		
<i>Cyzicus pricei</i>		X	X		X					X		X
<i>Estheriella brasiliensis</i>	X											
<i>Estheriella lualabensis</i>	X											
<i>Palaeolimnadiopsis barbosa</i>										X		
<i>Palaeolimnadiopsis freybergi</i>	X											
<i>Palaeolimnadiopsis reali</i>	X					X						

Tabela 2. Distribuição das diferentes espécies de conchostráceos nas bacias cretáceas interiores do Nordeste do Brasil no Aptiano – Albiano (Carvalho, 1993).

Bacias Espécies de Conchostráceos	Sousa	Uiraúna	Mangabeira	Iguatu	Malhada Vermelha	Rio Nazaré	Barro	Araripe	Cedro	Mirandiba	São José Do Belmonte	Padre Marcos
<i>Cyzicus abaetensis</i>								X				
<i>Cyzicus brauni</i>								X				
<i>Cyzicus codoensis</i>								X				
<i>Cyzicus pricei</i>							X	X	X			
<i>Estheriina ? costai</i>							X	X				

Além disso, as várias ocorrências de espécies morfologicamente semelhantes seriam o resultado dos fenômenos de especiação. A variedade de espécies em qualquer área é reflexo da variedade de ambientes (ou nichos) aos quais estas se adaptaram. Em regiões em que as condições ambientais permanecem uniformes, pode-se esperar um certo estado de “equilíbrio”. Porém, se houver uma ampla variação de habitats, serão selecionados elementos da fauna e flora, com o subsequente aparecimento de novas espécies. Beadle (1962) exemplifica tal fenômeno nos lagos atuais de rifte do Leste africano, apresentando as modificações ambientais causadas principalmente por tectonismo nos últimos 30 milhões de anos, com a individualização de uma fauna lacustre endêmica. O isolamento, modificações climáticas, quimismo e flutuações do nível d’água dos corpos d’água existentes durante o Eocretáceo no interior do Nordeste do Brasil levariam a diferenciações nos habitats disponíveis, dando novas oportunidades para adaptação (Carvalho *et al.*, 2002).

## 2.1 Bacia do Araripe

A Bacia do Araripe é a região de maior área de exposição de rochas cretáceas (12.200 km<sup>2</sup>) dentre as bacias interiores do Nordeste. Localiza-se nas regiões sul do Estado do Ceará e oeste do Estado de Pernambuco. As unidades sedimentares que a preenchem são constituídas por conglomerados, arenitos conglomeráticos, arenitos, siltitos, folhelhos, argilitos, margas, calcários, gipsita e anidrita. A subdivisão litoestratigráfica destas rochas tem sido amplamente discutida e revista por inúmeros autores (Assine, 2007; Beurlen, 1963; Ponte & Appi, 1990; Neumann & Cabrera, 1999). Os ambientes deposicionais abrangem leques aluviais, rios meandantes e entrelaçados, lagos rasos de água doce e salinos (*playa-lakes* e ambientes tipo *sabkha*), além de ingressões marinhas no Aptiano-Albiano.

Na sucessão sedimentar do riacho da Batateira (município de Crato – Ceará), correspondente à Formação Rio da Batateira, ocorre uma fauna monoespecífica de conchostráceos cizicídeos (família Cyzicidae). Trata-se da espécie *Cyzicus codoensis*, frequente em rochas de idade aptiana-albiana. Os conchostráceos do riacho da Batateira estão em folhelhos escuros, carbonosos, em associação com ostracodes e cristais de sulfato de cálcio (gipsita). Há uma relação inversa entre a abundância de conchostráceos e a presença de gipsita. Os conchostráceos são mais frequentes nos níveis pobres em sulfato, o que teria uma relação direta com a salinidade do meio: condições de salinidade mais baixa propiciariam um ambiente mais adequado para a proliferação da conchostracofauna.

A espécie *Cyzicus codoensis* é também encontrada na Bacia do Parnaíba (Formação Codó, Aptiano-Albiano). Até o momento, devido a restrita área geográfica de ocorrência de *Cyzicus codoensis* pode-se considerá-la como uma forma endêmica da região Nordeste do Brasil.

Outros fósseis de conchostráceos provêm da Formação Santana (Membro Crato, Aptiano). Tratam-se de exemplares do gênero *Cyzicus*, os quais foram identificados por Beurlen (1963), Carvalho (1993) e Carvalho & Viana (1993). A esse mesmo gênero podem ser atribuídos os fósseis identificados por Paes Leme (1943) e Beurlen (1963), segundo a sinonímia apresentada por Tasch (1969). Outras evidências de conchostráceos cizicídeos são indicadas por Beurlen (1963) para folhelhos e siltitos na transição entre as formações Santana e Exu.

## 2.2 Bacias de Mangabeira, Lavras de Mangabeira e Iborepi

Localizadas no sul do Estado do Ceará abrangem uma área inferior a 63 km<sup>2</sup> de sedimentos cretácicos. As sucessões sedimentares destas bacias são caracterizadas pela abundância de sedimentos clásticos interpretados como de leques aluviais coalescentes, planícies de inundação fluvial e lagos rasos (Ponte *et al.*, 1990).

Na Bacia de Mangabeira ocorrem conchostráceos cizicídeos, os quais são extremamente raros. Pertencem à *Cyzicus pricei*, uma espécie comum em outras bacias interiores do Nordeste do Brasil.

## 2.3 Bacia de Barro

A Bacia de Barro é uma pequena área sedimentar (15 km<sup>2</sup>) localizada próxima à borda leste da Bacia do Araripe. Como em outros semi-grabens do Eocretáceo do Nordeste brasileiro, os paleoambientes desta bacia foram continentais. Leques aluviais nas bordas sudoeste e sudeste, enquanto que, na margem norte, teriam se estabelecido lagos efêmeros.

Os conchostráceos identificados pertencem às famílias Limnadiidae e Cyzicidae. Os limnadiídeos são atribuídos possivelmente à espécie *Estheriina costai* (Cardoso, 1966), enquanto os cizicídeos pertencem à espécie *Cyzicus pricei* (Carvalho, 1996a). Ambas têm uma distribuição restrita à região Nordeste do Brasil. *Estheriina* é uma forma típica do Cretáceo Inferior, tendo sido reconhecidas três espécies deste gênero no Neocomiano da Bacia do Recôncavo (Jones, 1897).

## 2.4 Bacias de Iguatu e Malhada Vermelha

A área da Bacia de Iguatu é de aproximadamente 780 km<sup>2</sup> e a de Malhada Vermelha possui em torno de 65 km<sup>2</sup>. Nestas ocorrem conglomerados, brechas e arenitos, que distribuem-se principalmente próximo às zonas de falhamento, nos limites das bacias. Nas áreas mais centrais ocorrem arenitos finos, siltitos, folhelhos, calcáreos e margas. Estas sucessões sedimentares cretácicas estão abrangidas pelo Grupo Iguatu (Mabesoone & Campanha, 1973/1974).

A espécie de conchostráceo identificada para a Bacia de Iguatu é *Cyzicus brauni*, enquanto na Bacia de Malhada Vermelha ocorrem *Cyzicus brauni* e *Cyzicus pricei* (Carvalho, 1993).

## 2.5 Bacia de Cedro

Situa-se no limite sul entre os estados de Pernambuco e Ceará, possuindo uma área de 690 km<sup>2</sup>. Nas regiões nordeste, sudeste e sudoeste da bacia predominam rochas clásticas; na porção noroeste,

calcários laminados e margas. Os ambientes deposicionais são típicos de uma bacia tipo rifte, incluindo leques aluviais, rios entrelaçados, e lagos rasos e efêmeros. Os calcários laminados indicam também a existência de corpos d'água perenes.

Os conchostráceos reconhecidos na Bacia de Cedro ocorrem nos calcários laminados. Há uma fauna monoespecífica representada por *Cyzicus pricei* (Carvalho, 2001b).

## 2.6 Bacia de São José do Belmonte

Esta bacia, com uma área de cerca de 610 km<sup>2</sup>, localiza-se no oeste do Estado de Pernambuco. As litologias encontradas na bacia são conglomerados, arenitos conglomeráticos, arenitos, siltitos, folhelhos e argilitos. Os folhelhos, que contêm conchostráceos, são extremamente friáveis e possuem forte coloração amarelada.

A Bacia de São José do Belmonte enquadra-se no mesmo contexto paleoambiental das originadas durante o Cretáceo Inferior (andares Rio da Serra – Alagoas). O maior gradiente próximo às bordas originariam leques aluviais coalescentes, e distalmente se estabeleceria um sistema fluvial de baixa sinuosidade. Na região mais central da bacia, encontraríamos então um ambiente lacustre ou de *playa-lake*.

A fauna de conchostráceos identificada na Bacia de São José do Belmonte é monoespecífica, composta por *Cyzicus brauni* (Carvalho, 2003, 2006).

## 2.7 Bacia de Mirandiba

Localiza-se na região centro-sul do Estado de Pernambuco, tendo área aproximada de 115 km<sup>2</sup>. A Bacia de Mirandiba é um semi-graben, limitada por falhamentos normais, próximos dos quais são encontrados depósitos clásticos de maior granulometria. Em direção ao centro e porção nordeste, há uma progressiva diminuição da granulometria, passando a predominar arenitos, siltitos e folhelhos. O paleoambiente onde teriam se originado tais depósitos podem ser interpretados como leques aluviais próximos às bordas falhadas da bacia, com o desenvolvimento de um sistema fluvial entrelaçado e lacustre raso na região mais distal.

Os conchostráceos da Bacia de Mirandiba foram analisados por Cardoso (1966), Pinto & Purper (1974) e Carvalho (1993). As espécies reconhecidas são *Palaeolimnadiopsis barbosai*, *Cyzicus mirandibensis* e *Cyzicus pricei*.

## 2.8 Bacia de Sousa

Abrange uma área de 1.250 km<sup>2</sup>, localizando-se no oeste do Estado da Paraíba. Os principais tipos litológicos são rochas clásticas, por vezes com cimentação carbonática. A descrição litoestratigráfica dos depósitos cretácicos (Grupo Rio do Peixe) deve-se a Mabeoone (1972) e Mabeoone & Campanha (1973/1974). Estes depósitos refletem uma sedimentação controlada diretamente pela atividade tectônica. Nas bordas falhadas da bacia, a deposição se processaria em ambiente de leques aluviais, os quais gradariam para um sistema fluvial entrelaçado em sua porção distal. Na região mais central da

bacia, a diminuição do gradiente conduziria ao desenvolvimento de um sistema fluvial meandrante, com ampla planície de inundação, onde lagos perenes e temporários se desenvolveriam.

Dentre as formas de conchostráceos existentes na Bacia de Sousa encontra-se a espécie *Palaeolimnadiopsis reali*, a qual apresenta tamanho incomum para os membros desta ordem. Os conchostráceos são considerados como formas de pequenas dimensões (5-10 mm), pertencentes à microfauna bentônica. Entretanto nesta região do Nordeste do Brasil, ocorrem fósseis que atingem até 35 mm de comprimento, o que poderia estar relacionado com um *optimum* ecológico. A ausência de formas predadoras, a constância dos corpos d'água com ampla disponibilidade de nutrientes e a saturação do meio com íons cálcio, explicaria o tamanho anômalo atingido por esta espécie (Carvalho & Carvalho, 1990).

Outros conchostráceos da Bacia de Sousa pertencem às espécies *Palaeolimnadiopsis freybergi*, *Estheriella brasiliensis*, *Estheriella lualabensis*, *Cyzicus brauni* e *Cyzicus cassambensis* (Tinoco & Kato, 1975; Carvalho, 1993, 1996b).

## 2.9 Bacia de Uiraúna

Trata-se de um graben assimétrico, com 480 km<sup>2</sup>, controlado por falhamentos transcorrentes de direção preferencial nordeste. As litologias dominantes são brechas, conglomerados, arenitos, siltitos, folhelhos e argilitos. A deposição do material de maior granulometria ocorreu próximo às bordas, sob forte influência de eventos tectônicos, onde o abatimento de blocos gerava uma ruptura pronunciada na topografia do terreno. Em direção à sua porção sul, a diminuição da declividade favorecia ao estabelecimento de ambientes fluviais meandrantés e lacustres.

Os conchostráceos presentes na Bacia de Uiraúna pertencem às espécies *Cyzicus abaetensis*, *Cyzicus brauni*, *Cyzicus cassambensis* e *Cyzicus pricei* (Carvalho, 1993).

## 2.10 Bacia de Padre Marcos

A Bacia de Padre Marcos é uma área sedimentar situada no extremo oeste do sistema rifte do Vale do Cariri. Localiza-se no município de Padre Marcos, oeste do Estado do Piauí, dispondo-se entre as bacias do Parnaíba e Araripe. De acordo com Córdoba *et al.* (1995) a origem da Bacia de Padre Marcos relaciona-se à reativação da Zona de Cisalhamento de Tatajuba, quando do evento de abertura do Oceano Atlântico.

A fauna de conchostráceos desta bacia é constituída pelas espécies *Cyzicus brauni* e *Cyzicus pricei*, a qual é análoga à atribuída aos andares Rio da Serra e Aratu em outras bacias sedimentares do contexto da Província da Borborema (Carvalho, 2001a).

## 2.11 Bacia do Rio Nazaré

A Bacia do Rio Nazaré, também conhecida como Bacia de Coronel João Pessoa, localiza-se no Rio Grande do Norte, tendo uma área de aproximadamente 25 km<sup>2</sup>, com forma alongada na direção nordeste-sudoeste. Dispõe-se sobre rochas pré-cambrianas ao longo da zona de cisalhamento



Portalegre. Os principais depósitos são cretácicos, apesar da existência de rochas consideradas como do Terciário e Quaternário.

Apesar da ocorrência de *Cyzicus brauni*, a principal conchostracofauna da Bacia do Rio Nazaré é caracterizada por *Palaolimnadiopsis reali*. Condicionados a ambientes de água doce, pH alcalino, temperatura elevada e boa disponibilidade de nutrientes, os paleolimnadiopsídeos tiveram uma distribuição geográfica e temporal bastante restrita nas bacias interiores do Nordeste (Carvalho & Srivastava, 1996). Além da Bacia do Rio Nazaré são encontrados em rochas neocomianas da Bacia de Sousa, e fora da região Nordeste, na Bacia Sanfranciscana (Minas Gerais).

Um dos aspectos morfológicos marcantes da espécie *Palaolimnadiopsis reali* é a dimensão de suas valvas. Na Bacia do Rio Nazaré encontram-se exemplares que atingem 45 mm de comprimento, tamanho incomum mesmo entre exemplares dessa espécie em outras regiões.

### 3. PALEOCLIMA E CONCHOSTRACOFUNAS

A partir do Neocomiano, com o início do processo de estiramento crustal, que culminaria com a formação do Atlântico Sul, surgiam as primeiras bacias sedimentares no Interior Nordestino. Concomitantemente, as condições climáticas teriam também passado por modificações de um clima quente e seco para um clima quente e úmido. O estabelecimento de vários sistemas flúvio-lacustres, nas diferentes depressões recém-formadas em toda a Província Borborema, teria sido a principal causa desta transformação climática (Carvalho *et al.*, 2002).

Conforme demonstrado por Kobayashi (1954, 1972), a história geológica do limnóbios relaciona-se intimamente com os ciclos tectônicos, através dos quais há profundas mudanças do meio ambiente. Além das condições tectônicas, responsáveis pelo surgimento e segmentação de vários grupos de conchostráceos, Kobayashi (1972) advogou que também o clima seria um fator de controle biogeográfico.

Kobayashi & Kido (1943), ao estudarem o efeito da temperatura na distribuição dos conchostráceos, descobriram que alguns gêneros são euritêrmicos, estendendo-se desde os trópicos até a região da tundra. Porém, a maior parte das espécies restringe-se às zonas temperadas.

A presença de conchostráceos indica normalmente condições climáticas quentes (Mattox & Velardo, 1950; Tasch, 1969; Webb, 1979). A maior parte das espécies viventes está confinada a pequenos corpos de água doce temporários, indicando uma área em que a drenagem é endorréica. Como em outros branquiópodes, possuem estágios larvais livres, que são originados de ovos capazes de sobreviverem à dessecação.

Os conchostráceos possuem carapaças peculiares, pois estas fornecem o registro morfológico das mudanças pós-larvais: uma série de linhas consecutivas, as quais são acrescentadas na periferia das valvas durante o crescimento. Tasch (1973) propôs a utilização do número de linhas de crescimento nos diversos espécimens como indicativo do tempo de existência de uma área lagunar. A incorporação de uma nova linha de crescimento na carapaça representaria aproximadamente três dias. Apesar de avaliações contrárias a este cálculo (Webb, 1979; Frank, 1988), trata-se de uma metodologia que viabiliza uma avaliação da magnitude do tempo de duração dos corpos lacustres.

Conforme demonstrado por diversos autores (Gislén, 1937; Kobayashi & Kido, 1943; Massal, 1954) há relação direta entre a temperatura e o tamanho dos indivíduos. O tamanho dos conchostráceos pode assim ser um indicativo das condições paleoclimáticas. Na concepção de Kobayashi (1954), dentre os múltiplos fatores capazes de levar ao aumento das carapaças, o clima ou a temperatura das águas seriam os de maior importância.

Tasch (1969) observou que, para os conchostráceos cizicídeos, a baixa temperatura retarda o crescimento da carapaça, o que é indicado pelo menor número de linhas de crescimento. Considerou também que a taxa de crescimento pode relacionar-se com o índice pluviométrico, pois o maior número de chuvas refletem-se em lagos de maior constância e conseqüentemente com um suprimento alimentar maior. Assim, existiria uma relação entre o tempo de duração de um corpo d'água e o tamanho dos espécimens. Gauthier (1937) observou em cizicídeos do Saara Ocidental, que as formas de maior tamanho encontravam-se nos corpos d'água com maior volume e, por conseguinte, mais duradouros. Haveria assim, uma interação entre a taxa de crescimento e o índice pluviométrico, pois o maior número de chuvas possibilitaria lagos de maior constância e com maior suprimento alimentar.

#### 4. CLIMA DURANTE O EOCRETÁCEO

Nos estágios iniciais do Eocretáceo (andares Rio da Serra e Aratu) as espécies *Cyzicus brauni* e *Cyzicus pricei* são abundantes e amplamente distribuídas em toda a região Nordeste do Brasil. *Cyzicus brauni* ocorre nas bacias de Sousa, Uiraúna, Iguatu, Mangabeira, Malhada Vermelha, Rio Nazaré, Mirandiba, Padre Marcos e São José do Belmonte, geralmente como faunas monoespecíficas, o que indica ambientes estressantes. De maneira menos marcante, os espécimens de *Cyzicus pricei* são encontrados nas bacias de Uiraúna, Malhada Vermelha, Mirandiba além da Bacia de Jatobá, indicando uma área de dispersão quase tão ampla quanto a de *Cyzicus brauni*. A baixa diversidade biológica pode relacionar-se com a condição de lagos efêmeros e de águas alcalinas, os quais são inadequados para a maioria das espécies de água doce.

Observa-se que muitas das ocorrências de conchostráceos cizicídeos são nas regiões situadas próximas às bordas das bacias, em depósitos distais de leques aluviais. Neste contexto, o acúmulo de água restringe-se às depressões adjacentes aos lobos que constituem os leques aluviais. Nas depressões desenvolvem-se lagos efêmeros durante as chuvas, sendo expostas com o rebaixamento do nível d'água. A própria tectônica atuante nesta região, conduziria a transformações rápidas nos ecossistemas lacustres, modificando sua profundidade, fisiografia, estabilidade dos sedimentos acumulados e a dinâmica do corpo d'água. A curta duração desses corpos d'água conduziriam a condições mais quentes e secas nestas áreas geográficas (Figura 2).

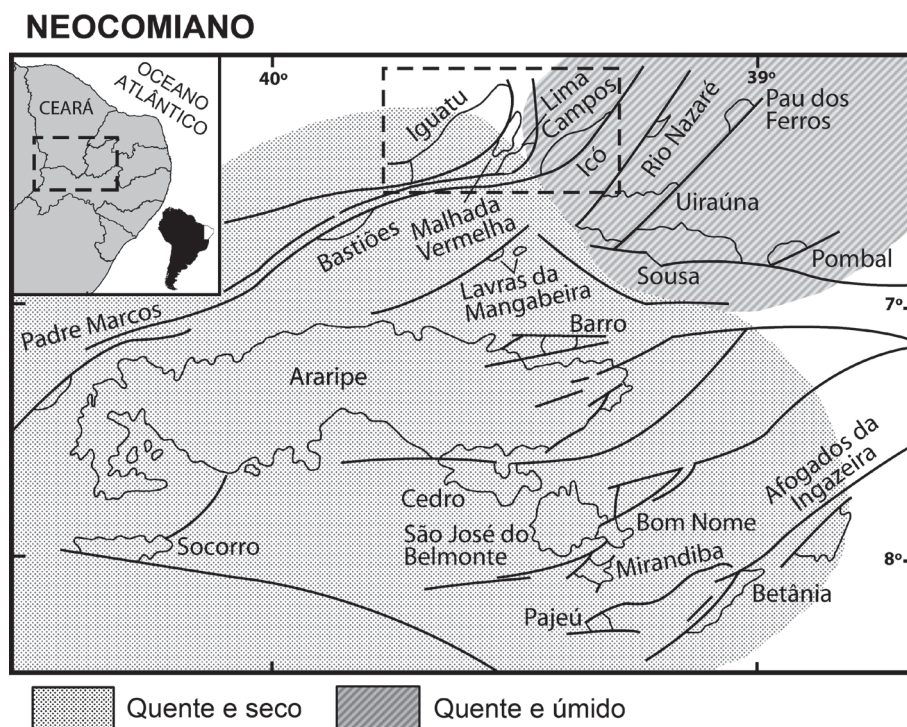


Figura 2. Mapa paleoclimático para o Neocomiano, com base na distribuição das conchostracofaunas.

Todavia, observa-se neste mesmo intervalo temporal, que algumas formas de conchostráceos são hipertrofiadas (Figura 1 F). Segundo Kobayashi (1954), o aumento de tamanho em conchostráceos, e sua hipertrofia, ocorrem num contexto de clima temperado quente. O tamanho da carapaça seria assim um índice morfológico para a paleoclimatologia.

Através da comparação com indivíduos viventes podemos interpretar o provável ambiente dos conchostráceos *Palaeolimnadiopsis*. As espécies viventes de maior tamanho encontram-se normalmente nos corpos de água com maior volume e, assim, mais duradouros. Há desta forma uma interação entre a taxa de crescimento e o índice pluviométrico, pois o maior número de chuvas originam lagos de maior constância e com suprimento alimentar maior. Num clima quente – como o pressuposto para o Cretáceo Inferior na região Nordeste do Brasil – os lagos rasos estariam sujeitos a uma grande taxa de evaporação e de insolação; a temperatura, salinidade e o pH seriam bastante elevados, o que tornaria tal tipo de biótopo restrito a um número pequeno de espécies. Conchostráceos de grande tamanho como os paleolimnadiopsídeos das bacias de Sousa e do Rio Nazaré poderiam então indicar corpos d’água de maior duração. Chuvas constantes ou fontes hidrotermais, num sistema de drenagem endorréica, possibilitariam aporte maior de nutrientes aos lagos, gerando um meio rico em íons cálcio, fósforo e magnésio. Tais íons favoreceriam a forte calcificação observada nas valvas de *Paleolimnadiopsis reali* e o gigantismo da espécie (Carvalho & Carvalho, 1990; Carvalho & Srivastava, 1996). Neste contexto, apesar de um clima quente, dominariam condições de maior umidade que as observadas nas bordas das bacias.

Outra condição ambiental existiria durante o Aptiano-Albiano, onde há o predomínio de *Cyzicus codoensis* na Bacia do Araripe. Estes conchostráceos apresentam valvas extremamente calcificadas e que possibilitam geralmente uma preservação tridimensional. Lagos atuais, em contexto geológico similar

ao paleolago “Araripe”, onde desenvolviam-se essas faunas de conchostráceos, podem ser encontrados em diferentes seções do *rift-valley* africano. Talling & Talling (1965) indicaram que a composição química destes lagos é controlada pela contribuição de fontes salinas e hidrotermais. Os principais ânions são o carbonato e o bicarbonato, seguido pelos cloretos. O pH geralmente eleva-se com o aumento de carbonato e bicarbonato. Há frequentemente pouco sódio nas águas menos salinas, apesar deste cátion ser o mais comum. Em águas de alta alcalinidade pode inclusive ocorrer a precipitação de carbonato de cálcio e carbonato de magnésio. Um caráter bem distinto das águas dos lagos africanos atuais é o frequente alto conteúdo de carbonato de sódio e bicarbonato de sódio. A composição iônica da maioria destes lagos difere daquelas encontradas em lagos de regiões mais temperadas, onde o cálcio e o bicarbonato tendem a dominar; aspectos que estariam mais próximos das condições ambientais em que o paleolago Araripe pode se desenvolver (Carvalho & Viana, 1993).

Além de sua ocorrência com sulfatos, a disponibilidade de carbonato para a construção das valvas de *Cyzicus codoensis*, indica que trata-se de uma espécie adaptada a condições de alta salinidade, vivendo em ambientes cujo balanço hídrico mostrava-se negativo. Provavelmente estas sejam as causas de seu endemismo geográfico ao Aptiano-Albiano das bacias do Araripe e Parnaíba, num contexto climático quente e predominantemente seco (Figura 3).

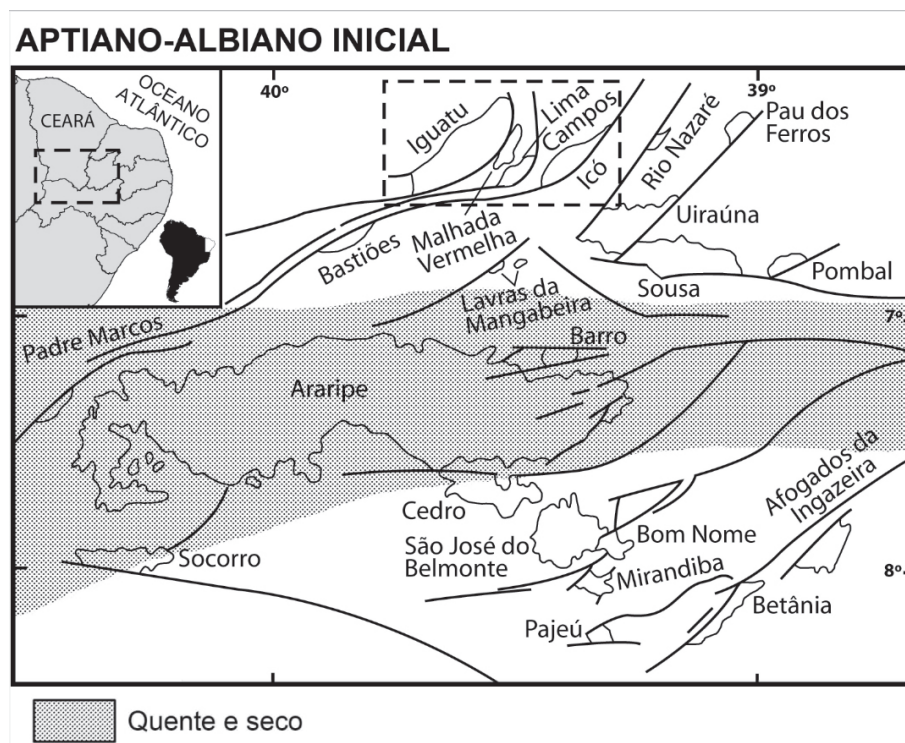


Figura 3. Mapa paleoclimático para o Aptiano-Albiano inicial, com base na conchostracofauna de *Cyzicus codoensis*.

## 5. CONCLUSÕES

Os conchostráceos, como elementos do limnóbios, são sensíveis às mudanças de temperatura, indicando normalmente condições climáticas quentes. A maior parte das espécies viventes está confinada a pequenos corpos de água doce temporários, indicando uma área em que a drenagem é endorréica. Possuem estágios larvais livres, que são originados de ovos capazes de sobreviverem à dessecação.

Há relação direta entre o clima, ou a temperatura das águas, e o tamanho dos indivíduos. O tamanho dos conchostráceos pode assim ser um indicativo das condições paleoclimáticas. Em conchostráceos cizicídeos atuais, a baixa temperatura retarda o crescimento da carapaça, o que é indicado pelo menor número de linhas de crescimento. Haveria assim, uma interação entre a taxa de crescimento e o índice pluviométrico, pois o maior número de chuvas possibilitaria lagos de maior constância e com maior suprimento alimentar. O tamanho da carapaça seria assim um índice morfológico para a paleoclimatologia.

Observa-se que muitas das ocorrências de fósseis de conchostráceos cizicídeos, durante o Neocomiano, estão nas regiões situadas próximas às bordas das bacias, em depósitos distais de leques aluviais. Neste contexto, o acúmulo de água restringe-se às depressões adjacentes aos lobos que constituem os leques aluviais. A curta duração desses corpos d'água conduziriam a um clima mais quente e seco nestas áreas geográficas.

O aumento de tamanho excessivo em conchostráceos, e sua hipertrofia, ocorrem num contexto de clima temperado quente. As espécies viventes de maior tamanho encontram-se normalmente nos corpos de água com maior volume e, assim, mais duradouros. Conchostráceos de grande tamanho como os paleolimnadiopsídeos das bacias de Sousa e do Rio Nazaré poderiam então indicar corpos d'água de maior duração. Chuvas constantes ou fontes hidrotermais, num sistema de drenagem endorréica, possibilitariam aporte maior de nutrientes aos lagos, gerando um meio rico em íons cálcio, fósforo e magnésio. Tais íons favoreceriam a forte calcificação observada nas valvas de *Paleolimnadiopsis reali* e o gigantismo da espécie.

Além de sua ocorrência com sulfatos, a disponibilidade de carbonato para a construção das valvas de *Cyzicus codoensis* indica que trata-se de uma espécie adaptada a condições de alta salinidade, vivendo em ambientes cujo balanço hídrico mostrava-se negativo. Provavelmente estas sejam as causas de seu endemismo geográfico ao Aptiano-Albiano das bacias do Araripe e Parnaíba, num contexto climático quente e predominantemente seco.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSINE, M.L. 2007. Bacia do Araripe. *Boletim de Geociências da Petrobras*, Rio de Janeiro, 15(2): 371-389.
- BEADLE, L.C. 1962. The evolution of species in the lakes of East Africa. *Uganda Journal*, 26: 44-54.
- BEURLIN, K. 1963. Geologia e Estratigrafia da Chapada do Araripe. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 17, Recife, 1963, *Anais*. Rio de Janeiro, v. 17, p. 1-47.
- CARDOSO, R.N. 1966. Conchostráceos do Grupo Bahia. *Boletim do Instituto de Geologia*, Escola Federal de Minas de Ouro Preto, 1(2): 43-76.

- CARVALHO, I.S. 1993. *Os conchostráceos fósseis das Bacias Interiores do Nordeste do Brasil*. Rio de Janeiro. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geologia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 319 p.
- CARVALHO, I.S. 1996. A conchostracofauna da bacia de Barro (Cretáceo Inferior, Nordeste do Brasil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 68(4): 559-568.
- CARVALHO, I.S. 1996. Paleogeographic distribution of esthereliidean conchostraceans on the Cretaceous rift interior basins of Northeastern Brazil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39, *Anais*. Salvador, BA, 1996, v. 7, p. 387-389.
- CARVALHO, I.S. 2001a. Conchostráceos da Bacia de Padre Marcos (Cretáceo Inferior), Estado do Piauí, Brasil. *Acta Geológica Leopoldensia*, XXIV(52/53): 349-357.
- CARVALHO, I.S. 2001b. Os conchostráceos da Bacia de Cedro (Nordeste do Brasil, Cretáceo Inferior). In: SIMPÓSIO SOBRE A BACIA DO ARARIPE E BACIAS INTERIORES DO NORDESTE, 2, 1997, Crato, Ceará, Coleção Chapada do Araripe no 1, I e II Simpósios Sobre a Bacia do Araripe e Bacias Interiores do Nordeste. *Comunicações*, p. 156-163.
- CARVALHO, I.S. 2003. Os conchostráceos da Bacia de São José do Belmonte, Cretáceo Inferior, Nordeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 18. Brasília, *Boletim de Resumos*. Brasília, 2003, Sociedade Brasileira de Paleontologia, p. 90-91.
- CARVALHO, I.S. 2006. Os Conchostráceos da Bacia de São José do Belmonte, Cretáceo Inferior, Nordeste do Brasil. *Arquivos do Museu Nacional*, Rio de Janeiro, 64(2): 193-198.
- CARVALHO, I.S. & CARVALHO, M.G.P. 1990. O significado paleoambiental dos conchostráceos da Bacia de Sousa. In: SIMPÓSIO SOBRE A BACIA DO ARARIPE E BACIAS INTERIORES DO NORDESTE, 1, Crato, 1990. *Anais*. Crato, SBP, p. 329-333.
- CARVALHO, I.S. & VIANA, M.S.S. 1993. Os conchostráceos da Bacia do Araripe. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 65(2): 181-188.
- CARVALHO, I.S. & SRIVASTAVA, N.K. 1996. Conchostráceos paleolimnadiopsídeos da bacia do Rio Nazaré (Cel. João Pessoa, Rio Grande do Norte). In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 4, *Boletim*. Águas de São Pedro, SP, 1996, p. 151-155.
- CARVALHO, I.S.; HACIDUME, E. & HEILBRON, M. 2002. Controle tectônico na distribuição das conchostracofaunas cretáceas nas bacias interiores do Nordeste do Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 6, SIMPÓSIO SOBRE EL CRETÁCICO DE AMÉRICA DEL SUR, 2, 2002. *Boletim*, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, p. 43-47.
- CÓRDOBA, V.C.; LIMA FILHO, F.P.; BRITO NEVES, B.B.; SIMÕES, M.G.; CALDAS, E.B. & LEHUGEUR, L.O. 1995. Contribuição à caracterização tectono-sedimentar da Bacia de Padre Marcos, Piauí. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 16, Recife, 1995. *Boletim n° 14*, v. 1 SBG/Núcleo Nordeste, p. 205-210.
- FRANK, P.W. 1988. Conchostraca. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 62 : 399-403.
- GAUTHIER, H. 1937. Euphyllopodes et cladocères continentaux récoltés par M. Mound au Sahara occidental et en Mauritanie. *Bulletin de la Société des Sciences Naturelles et Physiques du Maroc*, 17: 76-98.
- GISLÉN, T. 1937. Contributions to the ecology of Limnadia. *Acta Universitatis Lundensis*, N.F. Avd. 2, 32(9): 1-20.
- JONES, T.R. 1897. On some fossil Entomostraca from Brazil. *Geological Magazine*, 4(5): 195-202.
- KOBAYASHI, T. 1954. Fossil estherians and allied fossils. *Journal of the Faculty of Science*, Tokyo University, v. 9, part 1, sec. 2, p. 1-192.
- KOBAYASHI, T. 1972. On the two discontinuities in the history of the order Conchostraca. *Proceedings of the Japan Academy*, 48(10): 725-729.
- KOBAYASHI, T. & KIDO, Y. 1943. Climatic effect on the distribution of living estherids and its relation to the morphic characters of their carapaces. *Journal of the Geological Society of Japan*, 50: 310-317.

- MABESOONE, J.M. 1972. Sedimentos do Grupo Rio do Peixe (Paraíba). *In*: CONGRESSO BRASILEIRO GEOLOGIA, 26, Belém, *Boletim* 1, Belém, SBG, p. 236.
- MABESOONE, J.M. & CAMPANHA, V.A. 1973/1974. Caracterização estratigráfica dos Grupos Rio do Peixe e Iguatu. UFRN, *Estudos Sedimentológicos*, 3/4: 21-41.
- MASSAL, L. 1954. Deuxième note sur le milieu e la croissance des esthérias. *Bulletin de la Société des Sciences Naturelles de Tunisie*, 7: 163-181.
- MATTOX, N.T. & VELARDO, J.T. 1950. Effect of temperature on the development of the eggs of a conchostracan phyllopod *Caenestheriella gynecia*. *Ecology*, 31(4): 497-506.
- NEUMANN, V.H. & CABRERA, L. 1999. Una nueva propuesta estratigráfica para la tectonosecuencia post-rifte de la cuenca de Araripe, Nordeste de Brasil. *In*: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 5, UNESP, Rio Claro, *Boletim*, p. 279-285.
- PAES LEME, A.B. 1943. *História Física da Terra*. F. Briquet & Cia. Edit., 1020 p.
- PINTO, I.D. & PURPER, I. 1974. Observations on Mesozoic Conchostraca from the north of Brazil. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, Porto Alegre, 1974. Sociedade Brasileira de Geologia, *Anais*, v.2, p. 305-316.
- PONTE, F.C. & APPI, C.J. 1990. Proposta de revisão da coluna litoestratigráfica da Bacia do Araripe. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36, Natal, 1990. *Atas*. Natal, Sociedade Brasileira de Geologia/Núcleo Nordeste, v. 1, p. 211-226.
- PONTE, F.C.; DINO, R.; ARAI, M. & SILVA-TELLES Jr., A.C. 1990. Geologia das bacias sedimentares de Lavras da Mangabeira e do remanescente sedimentar do rio Bastiões, no estado do Ceará. *In*: PONTE, F.C.; HASHIMOTO, A.T. & DINO, R. (coordenadores). *Geologia das bacias sedimentares mesozoicas do interior do Nordeste do Brasil*. 1991, Petrobras-CENPES-DIVEX-SEBIPE, 16 p.
- TALLING, J.F. & TALLING, I.B. 1965. The chemical composition of African lake waters. *International Revue der Gesamten Hydrobiologie*, 50(3): 421-463.
- TASCH, P. 1969. Order Conchostraca. *In*: MOORE, R.C. *Treatise on Invertebrate Paleontology. Arthropoda 4, Part R, v. 1*. The Geological Society of America & The University of Kansas, p. R141-R163.
- TASCH, P. 1973. *Paleobiology of the invertebrates – Data retrieval from the fossil record*. John Wiley & Sons, Inc. New York, 946 p.
- TASCH, P. 1979. Crustacean branchiopod distribution and speciation in Mesozoic lakes of the Southern continents. *In*: TERRESTRIAL BIOLOGY III, paper 4. *Antarctic Research Series*, 30: 65-74.
- TINOCO, I.M. & KATOO, I. 1975. Conchostráceos da Formação Sousa, Bacia do Rio do Peixe, Estado da Paraíba. *In*: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA, 7, 1975. *Atas*, Fortaleza, Sociedade Brasileira de Geologia/Núcleo Nordeste, p. 135-147.
- WEBB, J.A. 1979. A reappraisal of the palaeoecology of conchostracans (Crustacea: Branchiopoda). *Neues Jahrbuch für Geologie und Palaontologie Abhandlungen*, 158(2): 259-275.