



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

INGRID ÁVILA DE OLIVEIRA SAMPAIO

**O USO DE TRICHOPTERA, EPHEMEROPTERA E ODNATA COMO BIOINDICADORES
DO PALEOLAGO DA FORMAÇÃO CRATO**

FORTALEZA

2021

INGRID ÁVILA DE OLIVEIRA SAMPAIO

O uso de Trichoptera, Ephemeroptera e Odonata como bioindicadores do paleolago da Formação Crato.

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação em Ciências Biológicas do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Marcio Mendes.

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S183u Sampaio, Ingrid Ávila de Oliveira..
O uso de trichoptera, ephemeroptera e odonata como bioindicadores do paleolago da formação Crato /
Ingrid Ávila de Oliveira. Sampaio. – 2021.
33 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências,
Curso de Ciências Biológicas, Fortaleza, 2021.
Orientação: Prof. Dr. Marcio Mendes.
1. Formação Crato. 2. Paleoambinete. 3. Trichoptera. 4. Odonata. 5. Ephemeroptera. I. Título.
CDD 570
-

INGRID ÁVILA DE OLIVEIRA SAMPAIO

O USO DE TRICHOPTERA, EPHEMEROPTERA E ODONATA COMO BIOINDICADORES
DO PALEOLAGO DA FORMAÇÃO CRATO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Graduação em Ciências Biológicas do
Centro de Ciências da Universidade Federal do
Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de
Bacharel em Ciências Biológicas.

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcio Mendes
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Paulo Cascon
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Helena Matthews Cascon
Universidade Federal do Ceará (UFC)

AGRADECIMENTOS

Sou eternamente grata as diversas pessoas que estiveram diretamente e indiretamente envolvidas comigo nessa jornada na vida e na realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Marcio Mendes, pela excelente orientação, paciência e apoio.

Aos professores participantes da banca examinadora Paulo Cascon e Helena Matthews Cascon pelo tempo, e por aceitarem fazer parte da banca avaliadora.

Aos meus amigos e família que me apoiaram e não me deixaram desistir dessa conquista.

“Existem muitas hipóteses em ciência que estão erradas. Isso é perfeitamente aceitável, eles são a abertura para achar as que estão certas”.

Carl Sagan

RESUMO

A Formação Crato possui um dos melhores e mais importantes jazigos fossilíferos do Cretáceo Inferior, além de ser notável sítio geológico. Os fósseis contidos nesta unidade são relativamente abundantes e diversificados, incluindo invertebrados, vertebrados e vegetais. O presente trabalho tem o objetivo de investigar as características do paleolago da Formação Crato com base na análise de larvas de Odonata, Ephemeroptero e Trichoptero como bioindicadores utilizando o princípio do atualismo. A relevância desse estudo consiste na comparação do registro paleontológico das larvas de Odonata, Ephemeroptera e Trichoptera com os organismos atuais, pois estes são extremamente sensíveis a ambientes com baixa concentração de oxigênio, variações de temperatura e turbacão da água, sendo comumente encontradas em rios e/ou lagos rasos. Assim, de acordo com o princípio do atualismo, podemos usar essas características para definir qualidades do paleolago da Formação Crato. Esse trabalho busca evidências, com base no registro fossilífero, que possam contribuir para uma reconstituicão do paleoambiente da Formação Crato durante o Cretáceo inferior.

Plavras-chave: FORMAÇÃO CRATO; PALEOAMBIENTE; TRICHOPTERA; ODONATA; EPHEMEROPTERA.

ABSTRACT

The Crato Formation has one of the best and most important fossiliferous deposits of the Early Cretaceous, in addition to being a remarkable geological site. The fossils contained in this unit are relatively abundant and diverse, including invertebrates, vertebrates and plants. The present work aims to investigate the characteristics of the Crato Formation paleolago based on the analysis of Odonata, Ephemeroptera and Trichoptera larvae as bioindicators using the principle of actualism. The relevance of this study is to compare the paleontological record of Odonata, Ephemeroptera and Trichoptera larvae with current organisms, as they are extremely sensitive to environments with low oxygen concentration, temperature and water turbidity, commonly found in rivers and/or shallow lakes. Thus, according to the principle of actualism, we can use these characteristics to define qualities of the paleolago of the Crato Formation. This work seeks evidence, based on the fossiliferous record, that can contribute to a reconstruction of the Crato Formation paleoenvironment during the Lower Cretaceous.

Keywords: FORMAÇÃO CRATO; PALEOAMBIENTE, TRICHOPTERA, ODONATA, EPHEMEROPTERA.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Bacia do Araripe	11
Figura 2 – Mapa geográfico da Bacia do Araripe	13
Figura 3 – Ninfas e larva de Ephemeroptera A) mayfly ninfa (Ephemeroptera). B) <i>A. Spiritiopssilvudus</i> (Baetidae) (ninfa). C) <i>Protobaetisca bechlyi</i> (Baetiscidae) (larva). D) <i>Cloeodes auwe</i> (Baetidae) (ninfa)	21
Figura 4 – (A-B) Damselfly (ordem Odonata) agarrando um galho de planta. (C) Libélula (Ordem Odonata). (D) <i>Hetaerina amazonica</i> Sjostedt, 1918 (Zygoptera). Espécimes da coleção CCNH, UFABC	24
Figura 5 – (A-B) ninfas libélulas (ordem Odonata)	24
Figura 6 – Trichopteras da Formação Crato. A) Leptoceridae, <i>Araripleptocerus primaevus</i> ; (b) Família incertae sedis, <i>Senka crassatella</i> ; C)Trichoptera. Barra de escala, 5 mm.....	2
Figura 7 – A teia alimentar da Formação Crato, Cretáceo Inferior. O desenho mostra predadores e suas prováveis presas com setas indicando sua posição na teia alimentar. Esta antiga rede ecológica é semelhante às teias alimentares modernas.....	28
Gráfico 1 Composição da paleobiota de microfósseis registrada no CKL, – considerando toda a sucessão sedimentar (n = 460 espécies).....	18

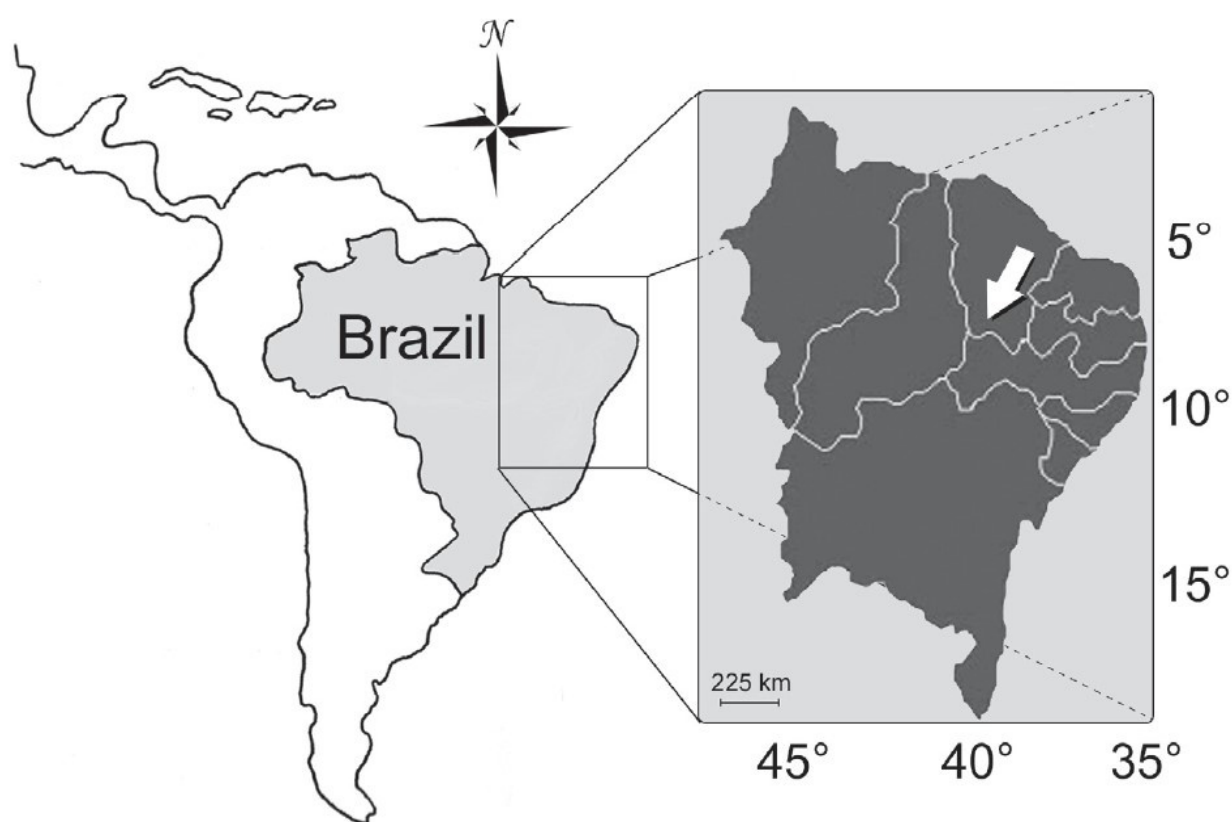
SUMARIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Contexto geológico	12
1.2	Definindo ecologia e paleoecologia	13
1.3	Paleoambiente do Cretáceo	15
2	REVISÃO TEÓRICA	16
2.1	Ecologia e ecossistemas	16
3	A FAUNA E A FLORA DO CRATO	17
3.1	Os insetos da Formação Crato	19
3.1.1	<i>Ephemeroptera</i>	22
3.1.2	<i>Odonata</i>	23
3.1.3	<i>Trichoptera</i>	26
4	INTERPRETAÇÃO PLAEOAMBIENTAL	27
5	CONCLUSÃO	32
	REFERÊNCIAS	34

1 INTRODUÇÃO

A Bacia do Araripe é a mais extensa dentre as bacias interiores do Nordeste do Brasil, situada entre o Ceará, Piauí e Pernambuco, tem aproximadamente 9000 km² de extensão. Inserida no contexto de abertura do Atlântico Sul e separação do Gondwana, a bacia compreende as fases Pré-rifte, Rifte e Pós-rifte.

Figura 1. Bacia do Araripe.



Fonte: Retirado de Saraiva, Pralon e Gregati (2009)

A Formação Crato da Bacia do Araripe representa uma sequência lacustre, predominantemente carbonatada, que foi originalmente denominada por Small em 1913 como “calcários de Sant’ana”. Nessa formação, as associações de fácies lacustres carbonatadas estão compostas principalmente por seis pacotes carbonáticos, comumente chamados de C1 a C6, constituídos de calcários micríticos laminados e ritmitos argila carbonato, apresentando

cores que variam do bege ao marrom e do cinza claro ao cinza azulado, que se alternam com folhelhos e arenitos finos. Os ritmitos de argila-carbonato ocorrem sempre nas bases dos pacotes carbonáticos, sendo recobertos pelos calcários laminados (VIANA, NEUMANN, 2002).

São nas regiões onde ocorrem os afloramentos de calcário laminado, que são encontradas as pedreiras que mineram as rochas comercialmente para produção de cimento e pavimentação. São nesses pacotes de calcário laminado que é possível encontrar pseudomorfos de halita e fósseis bem preservados de diversos tipos, como peixes, insetos e plantas.

1.1 O CONTEXTO GEOLÓGICO

A Bacia do Araripe é a mais extensa dentre as bacias interiores do Nordeste do Brasil. Ela está implantada em terrenos pré-cambrianos situados a sul da Zona de Cisalhamento de Patos (ASSINE, 2014). A reativação de estruturas antigas do embasamento pré-cambriano e eventos associados ao rifteamento do Gondwana e à abertura do Atlântico Sul, teve papel muito importante, condicionando a forma e a localização das bacias interiores do Nordeste do Brasil, que resultou na geração de “quatro ciclos distintos de subsidência na bacia”(ASSINE, 2007): 1) sequência pré-rifte, 2) sequência rifte, 3) sequência pós-rifte.

O grupo Santana, formado pelas formações Barbalha, Crato, Ipubi e Romualdo, pertence à megassequência pós-rift. A Formação Crato é caracterizada pela alternância de bancos de calcários laminados e de fácies siliciclásticas, correspondente a trato de sistemas de nível alto, que termina com a deposição dos evaporitos (gipsita/anidrita) da Formação Ipubi em condições de extrema aridez (ASSINE, 2014).

A sequência deposicional das Formações Crato e Ipubi é formada por uma porcentagem de conglomerados, arenito, calcário e folhetos siltitos de cores variadas. Os conglomerados são maciços, clasto-suportados, com clastos de variadas dimensões (seixos e calhaus) e polimíticos (granito, gnaisse, quartzito, quartzo de veio e filito). Os arenitos são

em que as espécies existentes vivem sob as mesmas condições ecológicas que conhecemos atualmente (RULL, 2010).

O chamado tempo ecológico, pode ser definido variando desde semanas, a décadas ou, ocasionalmente, a séculos (JACKSON, 2001). É reconhecido que esse espaço de tempo é insuficiente para compreender todas as dinâmicas ecológicas associadas à sucessão, estabilidade, respostas bióticas, padrões de biodiversidade e assim por diante, subestimando a necessidade de uma visão histórica ou de longo prazo (Gorham et al. 2001, Jackson & Erwin 2006).

Assim, levando em consideração investigações ecológicas de tempo profundo, ou antigos períodos temporais, a Paleocologia é a disciplina que oferece o maior escopo temporal. De fato, o problema central da pesquisa paleoecológica é identificar os fatores ambientais que afetam aspectos distintos da vida dos organismos e entender de que forma todos esses parâmetros interagiram nos ecossistemas anteriores.

No entanto, é frequente e essencial na paleoecologia apontar a incompletude do registro fóssil. A incompletude do registro fóssil torna um entendimento claro dos antigos ecossistemas bastante difícil. De maneira que, um paleoecologista tenta coletar o maior número de fósseis de todos os tipos de organismos quanto possível, mas nunca espera encontrar todos os organismos que viveram naquele ambiente (MENDES et al. 2020).

Em relação à limitação do registro fóssil, a Formação Crato pode ser considerada uma exceção. A Formação Crato, é um importante sítio paleontológico conhecido mundialmente por apresentar uma biota excepcionalmente preservada. A biota preservada é extensa com diversos vertebrados, incluindo tartarugas, crocodilos, anfíbios, uma variedade de peixes e uma abundância de pterossauros, como também preservou aracnídeos, crustáceos, uma das faunas de insetos mais famosas do mundo e flora diversificada.

1.3 PALEOAMBIENTE DO CRETÁCEO

O período do cretáceo durou entre 146 milhões e 66 milhões de anos, aproximadamente. Dividido em cretáceo superior e inferior, sendo o Cretácico Inferior compreendido entre 145 milhões e 100,5 milhões de anos, aproximadamente. Enquanto o Cretácico Superior está compreendido entre 100,5 milhões e 66 milhões de anos,

aproximadamente.

Ele é caracterizado por ser um período onde ocorreu uma alta proliferação de plantas e animais. Com várias mudanças geológicas e climáticas, foi durante o cretáceo inferior que ocorreu o rift que dividiu os, atuais, continentes da América do sul e África (Gondwana). E foi esse rift durante o período do aptiano que permitiu diversas mudanças de temperatura e umidade na atual região do Brasil.

As interpretações paleoambientais do CKL(Crato Konservat-Lagerstätte) são difíceis de serem feitas, muitas vezes em trabalhos é possível encontrar contradições e inconsistências no tipo de paleoambiente que poderia ser encontrado. Essas inconsistências podem ser atribuídas ao fato de que a maioria das descrições foram feitas com base em exemplares em coleções particulares ou museus com informações incompletas sobre os intervalos estratigráficos específicos dos quais foram coletados, a distribuição estratigráfica dos fósseis excepcionalmente preservados dentro do CKL permanece incerta (RIBEIRO et al., 2021).

Assim, muitas das interpretações das condições paleoambientais do Crato são historicamente baseadas em exceções e suposições *ad hoc* ao invés de usar princípios do atualismo nas abundantes evidências sobre as histórias de vida dos grupos ecologicamente dominantes (RIBEIRO et al., 2021).

Utilizando os princípios do atualismo com base nos fósseis encontrados na Formação Crato é possível inferir sobre como deveria ser o clima e o ambiente do Crato durante boa parte do período do Cretáceo, por ser um período longo e de diversas mudanças não podemos afirmar com toda a certeza, entretanto ainda podemos tirar conclusões e presumir quais eram as condições ambientais naquela região.

2 REVISÃO TEÓRICA

2.1 ECOLOGIA E ECOSISTEMAS

A ecologia deriva do grego “*oikos*” que significa “casa” e do *logos*, que significa estudo. Assim, ecologia literalmente é o estudo de “viver em casa”, que podemos entender como “a totalidade ou padrões de relações entre organismos e o seu ambiente” (ODUM; BARRETT, 1953).

Como uma maneira de facilitar os estudos ecológicos, na ecologia moderna foi criado o conceito de níveis de organização, que formam uma hierarquia. Nos sistemas contendo componentes vivos (bióticos) e não vivos (abióticos) formam os biosistemas, que podem variar desde sistemas genéticos a sistemas ecológicos ou ecossistemas.

Em um ecossistema, os organismos são os componentes mais básicos, um organismo pode ser totalmente adaptado ao seu ambiente, realizando todas as etapas de sua vida (nascimento, incubação, crescimento, maturidade, senescência, envelhecimento e morte) de forma independente. Entretanto eles não conseguem existir independentes uns dos outros (MENDES *et al.*, 2020).

Em ecologia, o termo população é definido para grupos de indivíduos de qualquer tipo de organismo, da mesma espécie, e comunidades, no sentido ecológico, incluindo todas as populações que ocupam uma determinada área. Por sua vez, as comunidades em conjunto com os fatores ambientais não vivos formam um sistema ecológico ou ecossistema.

Assim, podemos definir ecossistemas como:

“Locais específicos onde todos os organismos se relacionam entre si, e também com seus ambientes não vivos. Ambientes sem vida, ou componentes abióticos, incluem elementos inorgânicos essenciais e fatores físicos, como radiação solar, água, ar, solo.” (MENDES *et al.*, 2020).

Os organismos que compõem os componentes bióticos podem ser classificados em dois grupos, autotróficos e heterotróficos. Os organismos autotróficos, também conhecidos por produtores, produzem sua energia por meio da fotossíntese através da luz solar. Eles provêm comida para si mesmos e para outros componentes, sendo as plantas verdes os produtores principais ou primários. Os organismos heterotróficos podem ser divididos em dois grupos principais, em consumidores e decompositores. Os consumidores são animais que dependem dos produtores para conseguirem seu alimento, seja de maneira direta ou indireta. Sendo classificados como herbívoros, carnívoros e, ou omnívoros. Enquanto os organismos decompositores (bactérias e fungos) obtêm alimento através da decomposição da matéria morta de outros consumidores ou produtores, a quebra desse material orgânico pode ser novamente utilizada pelos organismos produtores. Organismos diferentes podem ser atribuídos a diferentes níveis tróficos em um ecossistema.

3 A FAUNA E A FLORA DO CRATO

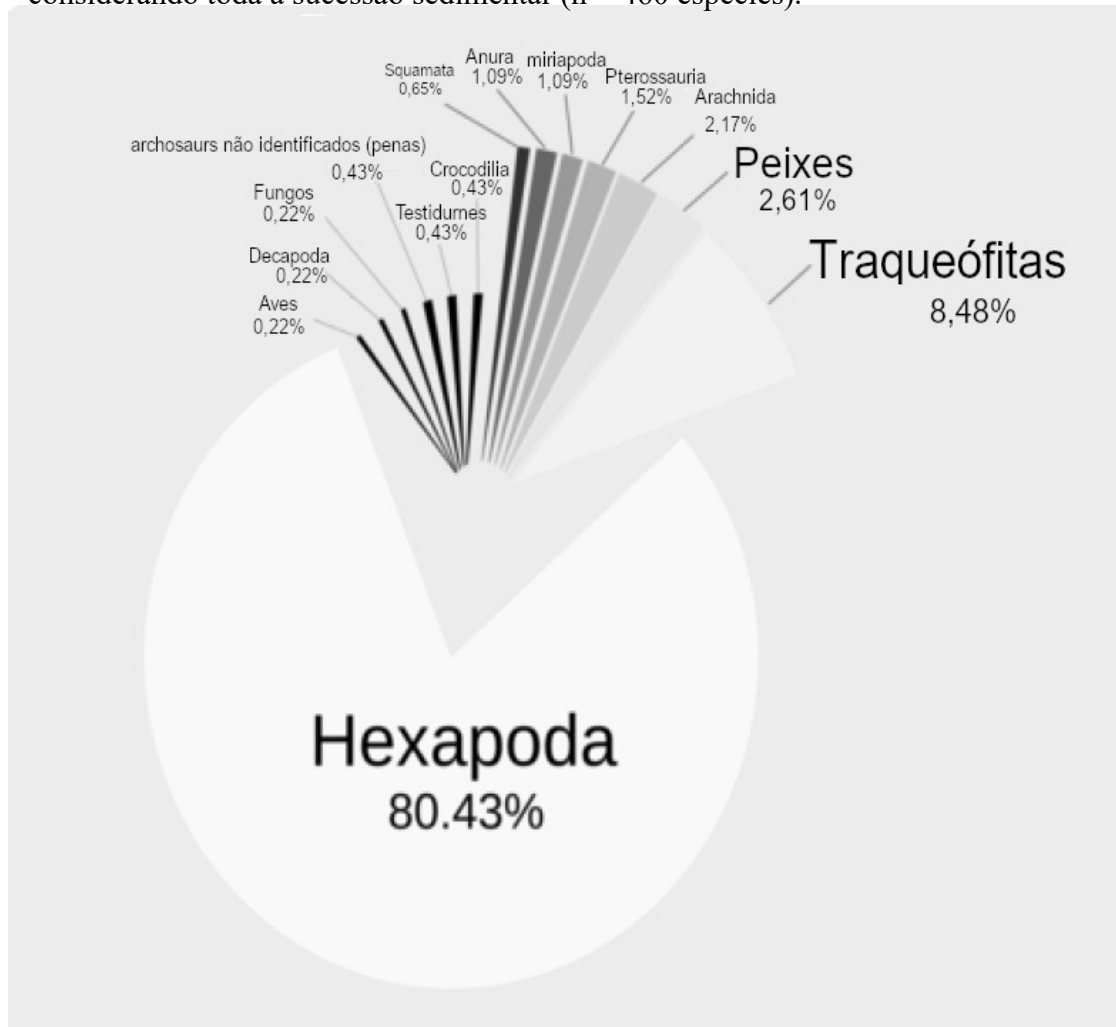
Os fósseis encontrados no Crato se concentram em sua maioria na região do CLK, podemos lá encontrar exemplares terrestres e aquáticos, com vários insetos e uma surpreendente quantidade de plantas.

Em um trabalho de revisão por Ribeiro et al. (2021) revisando a literatura de todos os microfósseis registrados do CKL (Crate Konservat-Lagerstätten) (n=420), os hexápodes, em sua maioria insetos, são o grupo mais comum e diverso formando 80,43% dos macrofósseis encontrados, as traqueófitas formam 8,48%, os peixes 2,61%, os aracnídeos 2,71%, os pterossauros 1,52%, os miriápodes 1,09%, os anura 1,09%, Squamata (?) 0,65%, os Crocodilia 0,43%, os testudines 0,43%, archosauros não identificados, incluindo penas 0,43%, os fungos 0,22%, os decápodes 0,22% e as aves 0,22% (Fig. 3).

Usando como base o livro “*the crato fossil beds of Brazil*” organizado por Martill et al. (2007) temos um dos melhores e mais completos livros sobre macrofósseis encontrados na Formação Crato. Começando pelos invertebrados, eles são encontrados, principalmente, na Formação Crato no Membro de Nova Olinda. São dominados pelos insetos, tanto em abundância quanto em diversidade taxonômica.

Mesmo que seja um ambiente aquático, o número de artrópodes aquáticos encontrados é pequena ou até mesmo nula, em boa parte da sucessão. E até mesmo os insetos encontrados não são comuns encontrados em outros depósitos aquáticos com insetos encontrados (MARTILL et al., 2007). No Crato, já foram registrados mais de 370 espécies de insetos, com 120 famílias das ordens Ephemeroptera, Odonata, Orthoptera, Isoptera, Blattodea, Mantodea, Phasmatodea, Hemiptera, Dermaptera, Hymenoptera, Diptera, Trichoptera, Lepidoptera, Coleoptera, Raphidioptera, and Neuroptera (MARTILL et al., 2007; RIBEIRO *et al.*, 2021).

Gráfico 1. Composição da paleobiota de macrofósseis registrada no CKL, considerando toda a sucessão sedimentar (n = 460 espécies).



Fonte: Retirada de RIBEIRO et al. 2021.

Outros grupos encontrados incluem, Ostracodes, abundantes na parte basal da sequência em diversos segmentos, ocorrem em associação com conchostracas, mesmo que não tão presentes em grande quantidade no membro de Nova Olinda. há apenas um táxon de decapoda presente, *Beurlenia araripensis*.

Alguns dos táxons terrestres encontrados incluem escorpiões em vários estágios de desenvolvimento, aranhas-camelô, e centopeias. Também é possível encontrar aranhas, mesmo que em baixa diversidade taxonômica, são relativamente abundantes (MARTILL et al., 2007; RIBEIRO et al., 2021), também é possível encontrar alguns insetos aquáticos

adultos, como hidrometrídeos (Hydrometridae), besouros ditiscídeos e Nepomorpha.

Presume-se que esses insetos terrestres tenham vivido na floresta que cercava a região próximo ao paleolago, sugerindo que a maioria deles era alóctone, entretanto a maioria dos fósseis encontrados mostram uma preservação quase que completa em vários exemplares, o que sugere uma curta distância de transporte, com poucos distúrbios ambientais ou decomposição lenta durante o processo tafonômico (MARTILL et al., 2007).

Analisando os insetos encontrados, podemos fazer uma análise do paleoambiente dividindo ele em 3 grupos básicos, I) um ambiente com floresta próximo ou cercado o paleolago, onde provavelmente viveriam a maioria dos insetos terrestres, II) um ambiente totalmente aquático, sendo esses o lago e lagoas próximas e III) uma região de transição, com regiões semi-aquáticas e de vegetação aquática rasa.

3.1 OS INSETOS DA FORMAÇÃO CRATO

Os insetos são o grupo mais diverso de organismos multicelulares em nosso planeta. Cerca de 1.625.000 espécies descritas de procariotos, protoctistas, fungos, plantas e animais, enquanto mais de 1 milhão de espécies é representado por artrópodes, dos quais os insetos constituem o maior grupo com cerca de 854.000 espécies descritas. As estimativas do número de espécies ainda não descritas, especialmente nas florestas tropicais em extinção, variam de 2 a 80 milhões de espécies (MARTILL et al. 2007).

Insetos também são um dos grupos mais diversificados em questão de anatomia e habitat, insetos podem ser encontrados em todas as regiões do mundo, exceto oceanos e regiões polares congeladas.

A lista de Hexápodes, insetos, que podemos encontrar no Crato é extensa com: Diplura, Zygentoma, Ephemeroptera, Odonata, Dermaptera, Mantodea, Blattaria (incluindo Umenocoleoidea), Isoptera, Chresmododea, Phasmatodea, Orthoptera (Ensifera e Caelifera), ‘Auchenorrhyncha’ (Cicadomorpha e Fulgoromorpha), Coleorrhyncha, Heteroptera, Megaloptera, Raphidioptera, Neuroptera (Planipennia), Coleoptera, Hymenoptera, Mecoptera, Diptera, Trichoptera e Lepidoptera.

3.1.1 Ephemeroptera

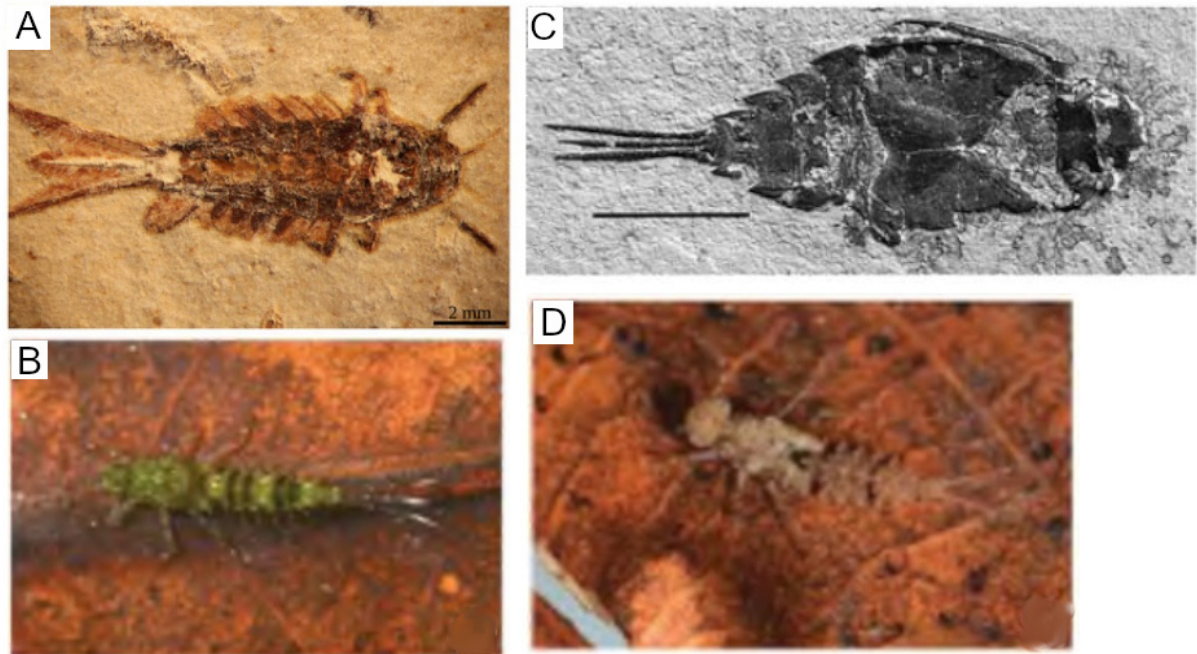
Os Ephemeroptera são um grupo basal de insetos com asas e são distribuídos mundialmente. São assim chamados devido ao seu tempo de vida de sua forma adulta, que pode variar entre alguns dias ou algumas horas. Sua forma larval vive obrigatoriamente em água doce, entretanto Chadwick *et al.* (2002) observou que ninfas de *Hexagenia limbata* (Ephemeridae) conseguiam sobreviver por longos períodos (7 dias) em condições salinas de aproximadamente 8 ppt, têm mandíbulas bem desenvolvidas e muitos se alimentam de detritos, com alguns poucos (*Setisura*) se especializando em filtração. Em alguns táxons (*Behningiidae*, *Ameletopsidae*) as larvas são carnívoras. Seus estágios adultos não se alimentam e suas partes bucais são atrofiadas (BECHLY; STANICZEK, 2007).

É possível inferir qual o tipo de alimentação das larvas com base na morfologia de seu aparelho bucal. Embora haja variações nos detalhes, os grupos filogenéticos apresentam um padrão geral bem delimitado na morfologia funcional. Os coletores e trituradores apresentam peças bucais duras e sem cerdas abundantes. Os filtradores-entocados (*filterers-burrowers*) têm cerdas abundantes para filtrar partículas suspensas. Os raspadores apresentam fortes aglomerados de cerdas duras e projeções esclerotizadas.

No caso dos Ephemeroptera, os mais plesiomórficos são os filtradores de toca (filtradores-burrowers), como os Ephemeroidea. Os Baetidae, Siphonuridae, Leptohephidae, Caenidae e outros, são coletores ou trituradores. Um tipo muito especializado consiste em raspadores e filtradores, ou coletor-filtrador em muitos trabalhos, e é representado por Leptophlebiidae, Heptageniidae e Oligoneuriidae, e não burrowers.

As larvas de ephemeroptera podem nos dar uma compreensão do passado, como quais suas principais estratégias de alimentação, ou qual o substrato ocupado, como folhas, madeira, pedra, areia e silte, e propriedades da água e do ambiente.

Figura 3. Ninfas e larva de Ephemeroptera A) mayfly ninf (ephemeroptera). B) *A. Spiritiopssilvudus* (Baetidae) (ninf). C) *Protobaetisca bechlyi* (Baetiscidae) (larva). D) *Cloeodes auwe* (Baetidae) (ninf).



Fonte: modificados RIBEIRO et al., 2020, HAMADA; NESSIMIAN, 2014 e MARTILL et al 2007.

Dos representantes da família †**Hexagenitidae** é possível encontrar vários exemplares de *Protoligoneuria limai* Demoulin, 1955, em vários estágios diferentes, desde larva a adulto. No membro Nova Olinda também foi encontrado uma outra espécie, *Cratohexagenites longicercus*† Staniczek, 2007. e *Cratohexagenites minor* † Staniczek, 2007.(BECHLY; STANICZEK, 2007).

Dos representantes da família **Oligoneuriidae** na Formação Crato temos os *Colocrus indicum* McCafferty, 1990 e *Colocrus? magnum* Staniczek, 2007. Dos representantes da família **Ephemeroidea** *Olindinella gracilis* Martins-Neto and Caldas, 1990, *Pristiplocia rupestris* McCafferty, 1990, **Ephemeridae** temos *Australiephemera revelata* McCafferty, 1990, *Microephemera neotropica* McCafferty, 1990, *Cratonympha microcelata* Martins-Neto & Caldas, 1990, *Caririnympa mandibulata* Martins-Neto & Caldas, 1990. **Baetiscidae** *Protobaetisca bechlyi* Staniczek, 2007. **Ephemeroptera incertae sedis** *Costalimella nordestina* Martins-Neto, 1996a,. **Insecta incertae sedis** *Caririephemera marquesi* Zamboni, 2001.(BECHLY; STANICZEK, 2007)

3.1.2 Odonata

A ordem Odonata inclui três subordens recentes (Zygoptera, ‘Anisozygoptera’ - Epiophlebiidae e Anisoptera) com um total de 635 gêneros recentes e 5.538 espécies descritas. O desenvolvimento é hemimetábolo, com um estágio larval aquático. As larvas são caracterizadas por uma máscara preênsil, bainhas de asas torcidas, gúelras retais. As larvas de Anisoptera são capazes de locomoção por propulsão a jato, exceto as larvas anfíbias de Petaluridae. Odonatas adultos são importantes predadores de outros insetos e possuem distribuição mundial. Eles estão ausentes apenas em regiões muito frias ou muito áridas, e as larvas podem ser encontradas em água corrente, água estagnada, pântanos e fitotelmata, e algumas até mesmo em água salobra (BECHLY, 2007).

Foram encontradas 46 diferentes espécies de odonata no Crato, em nenhum outro lugar no mundo foram encontradas tantas espécies (BECHLY, 2007).

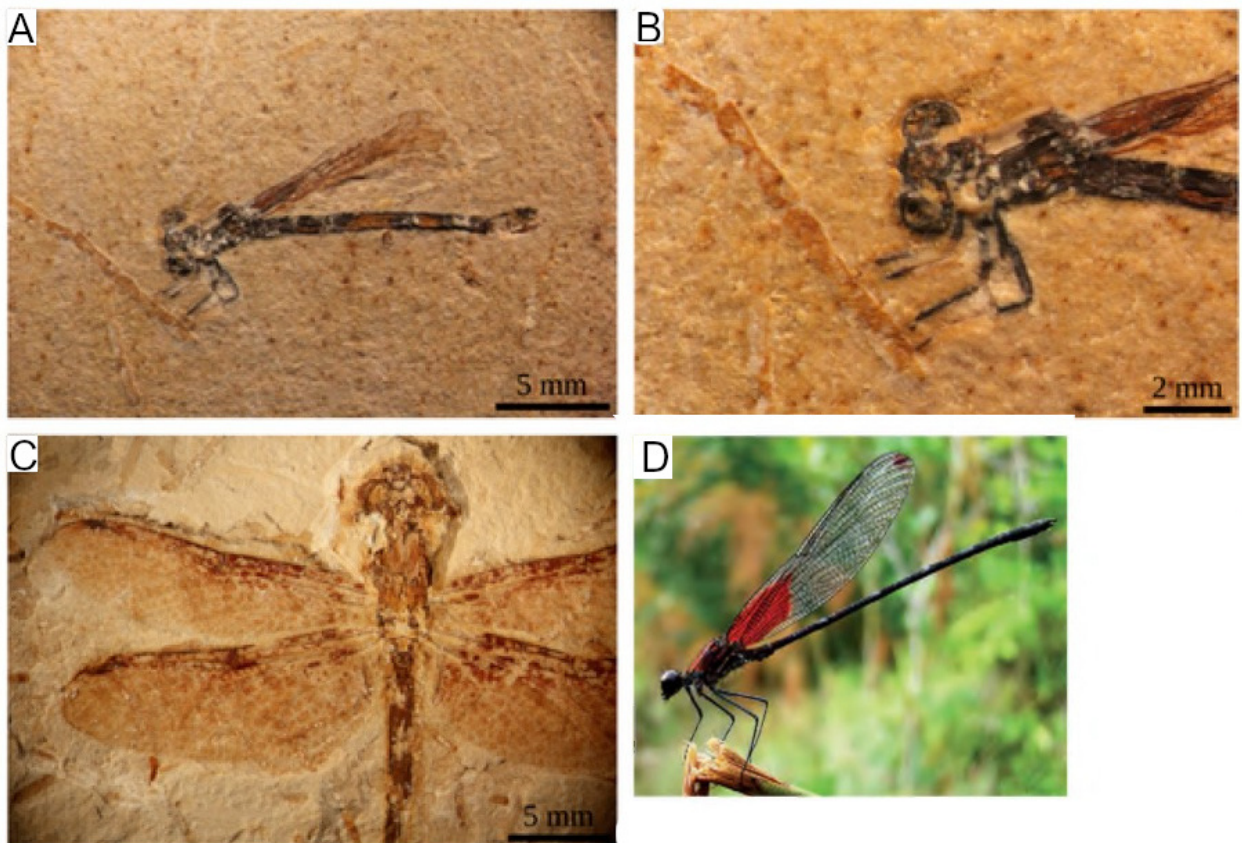
Zygoptera: damselflies: Family *incertae sedis* (probably Hemiphlebiidae): *Cretarchistigma* Jarzembowski et al., 1998, *Cretarchistigma (?) essweini* Bechly, 1998c, **Hemiphlebiidae** Tillyard, 1926 *Parahemiphlebia* Jarzembowski et al., 1998, *Parahemiphlebia cretatica* Jarzembowski et al., 1998, *Parahemiphlebia mickoleiti* Bechly, 1998c, *Parahemiphlebia* spec. nov. (?) Bechly, 1998c, *Eoprotonetura hyperstigma* Carle and Wighton, 1990, *Euarchistigma atrophium* Carle and Wighton, 1990, *Euarchistigma marialuiseae* sp. nov.

‘Anisozygoptera’: ancient dragonflies: *Cratostenophlebia schwickerti* sp. nov.,

Anisoptera: dragonflies: *Nothomacromia sensibilis* (Carle and Wighton, 1990), *Wightonia araripina* Carle in Carle & Wighton, 1990, *Santanoptera gabotti* Martill & Nel, 1996, *Cretapetalura brasiliensis* Nel et al., 1998, *Eotanypteryx paradoxa* Bechly, 2007., *Paramesuropetala gigantea* Bechly et al., 2001b (†**Liupanshaniidae**), *Araripeliupanshania annesuseae* Bechly et al., 2001b (†**Liupanshaniidae**), *Gomphaeschnaoides obliquus* (Wighton, 1987) (†**Gomphaeschnaoidinae**), *Gomphaeschnaoides petersi* Bechly et al., 2001b, *Gomphaeschnaoides betoreti* Bechly et al., 2001b, *Gomphaeschnaoides magnus* Bechly et al., 2001b, *Progomphaeschnaoides ursulae* Bechly et al., 2001b, *Progomphaeschnaoides staniczeki* Bechly et al., 2001b, *Paramorbaeschna araripensis*

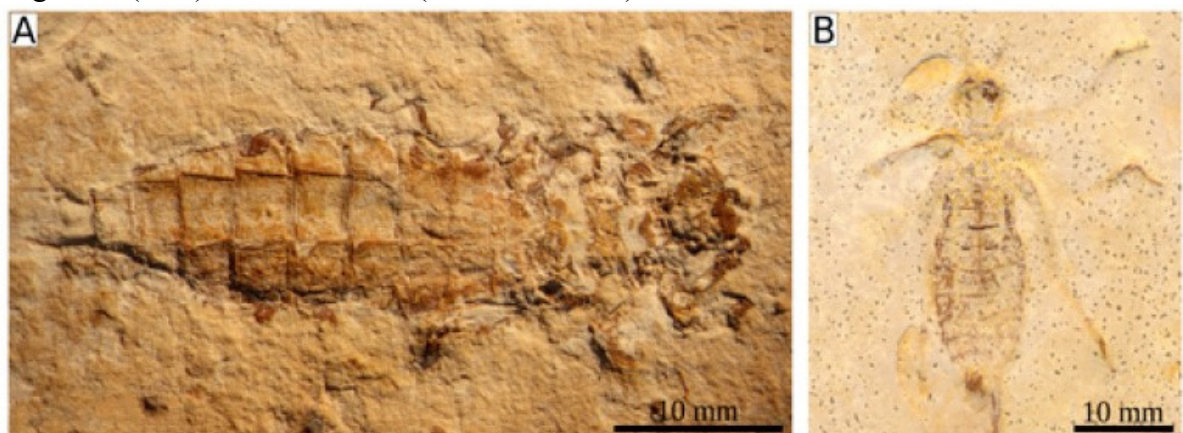
Bechly et al., 2001b, *Anomalaeschna berndschusteri* Bechly et al., 2001b, *Araripegomphus cretacicus* Nel and Paicheler, 1994d (**Araripegomphidae**), *Araripegomphus andreneli* Bechly, 1998c, *Araripegomphus hanseggeri* Bechly, 2000, *Araripegomphus* Bechly, 1998c, *Cordulagomphus tuberculatus* Carle and Wighton, 1990 (†**Cordulagomphinae**), *Cordulagomphus fenestratus* Carle & Wighton, 1990, *Cordulagomphus winkelhoferi* Bechly, 2007., *Cordulagomphus hanneloreae* Bechly, 2007., *C. (Procordulagomphus) xavieri* Nel and Escuillié, 1994, *C. (Procordulagomphus) senckenbergi* Bechly, 1998, *C. (Procordulagomphus) primaerensis* Petrulevicius and Martins-Neto, 2007, *C. (Procordulagomphus) michaeli* Bechly, 2007, *Cratolindenia knuepfae* Bechly, 2000 (**Lindeniinae**), Bechly, *Araripephlebia mirabilis* Bechly, 1998c (†**Araripephlebiidae**), *Araripechlorogomphus muratai* Bechly and Ueda, 2002 (†**Araripechlorogomphidae**), *Araripelibellula martinsnetoi* Nel and Paicheler, 1994 (†**Araripelibellulinae** Bechly, 1996), *Cratocordulia borschukewitzi* Bechly, 1998c.

Figura 4. (A-B) Damselfly (ordem Odonata) agarrando um galho de planta. (C) Libélula (Ordem Odonata). (D) *Hetaerina amazonica* Sjostedt, 1918 (Zygoptera). Espécimes da coleção CCNH, UFABC.



Fonte: Adaptado de RIBEIRO et al., 2020 e HAMADA; NESSIMIAN, 2014. Foto (D) por F.F. Sales.

Figura 5. (A-B) ninfas libélulas (ordem Odonata).



Fonte: Modificado de RIBEIRO et al., 2020

3.1.3 Trichoptera

Os tricópteros são insetos Neoptera de tamanho pequeno a médio (1,5-45mm). As larvas tem corpo cilíndrico, com aparelho bucal do tipo mastigador; brânquias abdominais presentes em algumas famílias, eles têm desenvolvimento holometábolo, ovos, larvas e pupas aquáticas. os adultos são terrestres, com antenas multiarticuladas, geralmente filiformes e longas (PES et al., 2014).

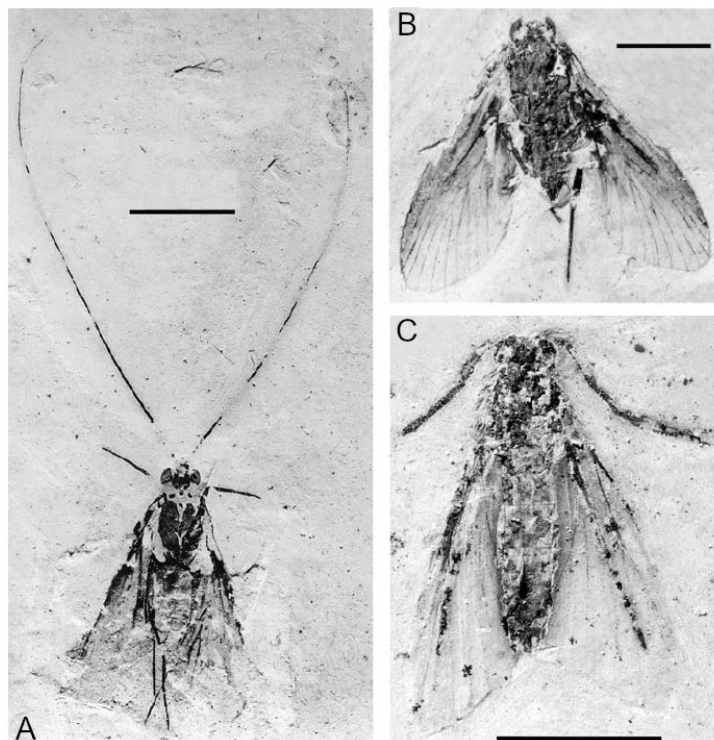
As larvas podem ser filtradoras, detritívoras e ocasionalmente carnívoras, comendo pequenas criaturas que tenham ficado presas em sua toca de seda, enquanto as formas adultas se alimentam de orvalho, néctar.

Leptoceridae: *Araripleptocerus primaevus* Martins-Neto, 2001

Família incertae sedis: *Raptortrichops sukatsheva* Martins-Neto, 2001 e *Senka crassatella* Martins-Neto, 2001;

‘Spicipalpia’ **Hydroptilidae:** *Cratorella magna* Martins-Neto, 2001, *Cratorella media* Martins-Neto, 2001, *Cratorella minuta* Martins-Neto, 2001 e *Cratorella feminina* Martins-Neto, 2001.

Figura 6. Trichopteras da Formação Crato. A) Leptoceridae, *Araripleptocerus primaevus*; (b) Família incertae sedis, *Senka crassatella*; C) Trichoptera. Barra de escala, 5 mm.



Fonte: Adaptado de MARTILL et al, 2007.

4 INTERPRETAÇÃO PALEOAMBIENTAL

Várias hipóteses já foram propostas a respeito de como ocorreram os ambientes deposicionais dos calcários laminados basais que contém os fósseis do Crato Konservat Lagerstätte e outros depósitos associados, com base na estratigrafia e sedimentologia.

Em um trabalho editado por Grimaldi (1990) acredita-se que o paleoambiente era um um corpo de água doce raso, provavelmente eutrófico, localizado em um ambiente semi-árido, sem litoral e em um ambiente salino por boa parte de sua história.

Outros trabalhos, indicam outros diversos tipos de ambiente, como um um lago salino com o fundo anóxico, sujeito a incursões, ocasionais, de água doce, lago interno anóxico estratificado com a camada superior de água salina, também já foi descrito como um possível mangue, entre outras descrições.

Contudo, estudos estratigráficos recentes indicam o lago do Crato desenvolveu-se sob alta alcalinidade, alta salinidade e provavelmente em condições óxicas, como é sugerido pela abundância de microbialitos e pela, ocorrência de pseudomorfos halita e aparente ausência de bioturbação (VAREJÃO *et al.*, 2019).

Há também, evidências estratigráficas, como a ocorrência de morfologias planas e rugas intercaladas, que em conjunto, indicam a possibilidade de uma variação pronunciada do nível da água do lago, algo típico de áreas costeiras (VAREJÃO *et al.*, 2019) e trombólitos que se assemelham a aqueles encontrados às margens do Grande Lago Salgado (*Great salt lake*) e logos de altas altitudes nos Andes argentinos.

Nesse mesmo trabalho por Varejão *et al.* (2019) ele conclui que o paleolago do Crato cresceu dentro de uma área árida ou semi-árida sem ligações com o oceano, favorecendo moderados a altos níveis de evaporação, que são corroborados pela presença de funis de gesso e halita, com o crescimento de esteiras microbianas, trombólitos e estromatólitos.

As condições de alta salinidade e alta alcalinidade favoreciam a organo-mineralização induzida por micróbios, proeminentes na camada carbonática. A presença de *Spirulina* e outras células microbianas com afinidade a cianobactérias (CATTO *et al.* 2016 in VAREJÃO *et al.*, 2019) sugere condições com águas relativamente rasas dentro da zona fótica.

No paleolago do Crato, os peixes eram os macro organismos mais abundantes, sendo o gênero *Dastilbe* o mais encontrado no registro fóssil da região. Enquanto o fóssil mais

comumente encontrado, vários exemplares foram encontrados contendo vários indivíduos de mesmo tamanho o que sugere eventos de mortandade em massa (mass mortality events) (MARTILL et al., 2007), vários exemplares também foram encontrados apresentando uma curva necrótica, o que corrobora a alta salinidade do paleolago.

Entretanto, a presença de insetos e outros animais, que incluem pterossauros e vários artrópodes encontrados no registro fossilífero nos indica a presença de outras lagoas e córregos próximos da região do lago hipersalino .

Esses mesmos rios e lagoas que estavam na região, possivelmente influenciaram a salinidade do lago hipersalino, fazendo em momentos de alta pluviosidade criar períodos de baixa concentração salina (VAREJÃO et al., 2021), e também, levavam ao paleolago insetos e pequenos animais.

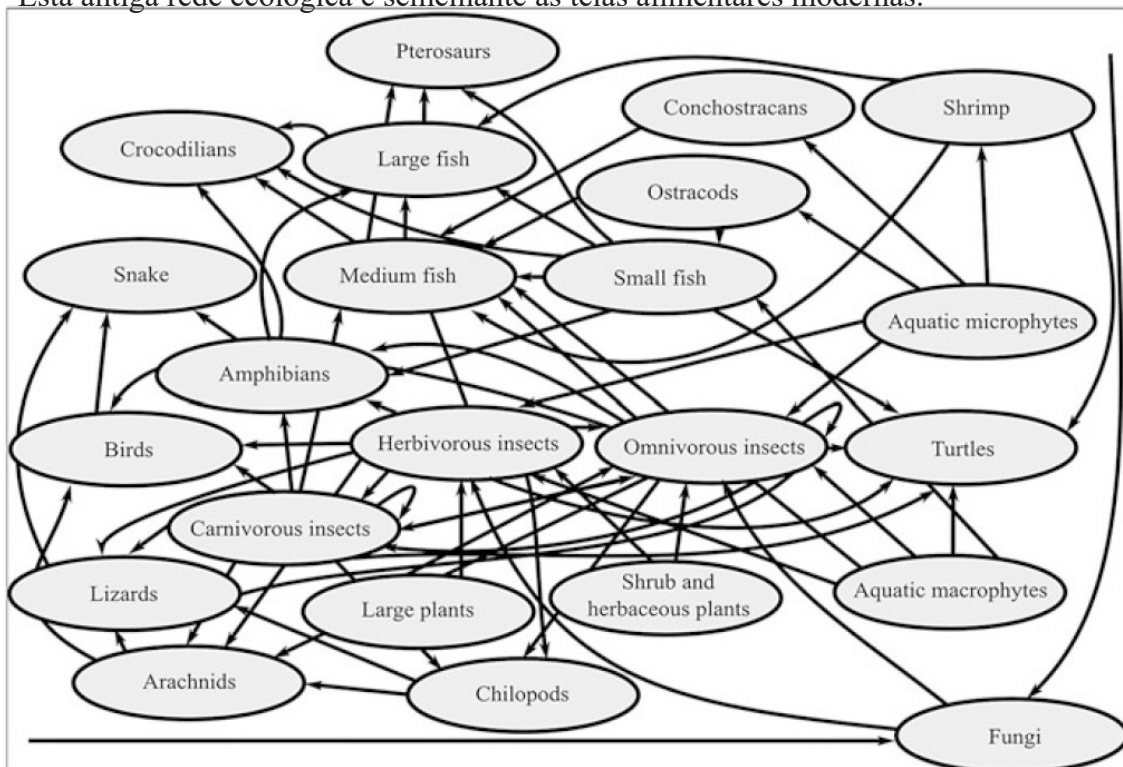
Insetos como as baratas normalmente não são encontrados com tanta frequência em lagos, já que esses animais são tipicamente terrestres, entretanto, eles são, relativamente, abundantes no CKL. Com base no comportamento atual das baratas modernas podemos com confiança dizer que eles viviam em um ambiente puramente terrestre. Provavelmente, foram arrastados ao lago em uma enchente repentina ou caíram no paleolago enquanto voavam.

Assim, podemos dividir o ambiente em 3 grupos básicos, com base nas inferências feitas pelos grupos de insetos e seus hábitos: I) um ambiente com floresta próximo ou cercado o paleolago, onde provavelmente viveriam a maioria dos insetos terrestres, II) um ambiente totalmente aquático, sendo esses o lago e lagoas próximas e III) uma região de transição, com regiões semi-aquáticas e de vegetação aquática rasa (RIBEIRO *et al.*, 2021).

Com tudo isso, podemos compreender que o ambiente do Crato era um ambiente completo. Havia espaço para todos os tipos de insetos terrestres, desde espécies especialistas em se alimentar de troncos de madeira (Isoptera: Termopsidae, Kalotermitidae, Rhinotermitidae e Mastotermitidae) a visitantes de flores, que consomem néctar e pólen, que são representados pelas vespas adultas (Hymenoptera: Tiphiidae, Sapygidae, Angarosphecidae - uma família extinta relacionada ao Sphecidae existente - e Scoliidae) (RIBEIRO *et al.*, 2021). Várias dos táxons encontrados são típicos de ambiente de floresta como Hemiptera, Isoptera, Orthoptera e Thysanoptera (Exopterygota, que sofrem metamorfose incompleta), Coleoptera, Diptera, Hymenoptera, Lepidoptera e Raphidioptera (Endopterigota, que sofre metamorfose completa), todos à exceção do Thysanoptera são

encontrados na Formação Crato, existem também vários que são restritos a habitats de bosques, como a ordem dos Raphidioptera, que são indicadores chaves desse tipo de paleoambiente (RIBEIRO *et al.*, 2021).

Figura 7. A teia alimentar da Formação Crato, Cretáceo Inferior. O desenho mostra predadores e suas prováveis presas com setas indicando sua posição na teia alimentar. Esta antiga rede ecológica é semelhante às teias alimentares modernas.



Fonte: figura retirada de MENDES *et al.* 2020

Insetos apresentam características marcantes que podem ajudar a definir ambientes paleoecológicos, por exemplo, no geral, insetos se decompõem rapidamente em sedimentos bem oxidados, deixando escleritos finos parcialmente preservados ou nenhum vestígio. Os sedimentos da água são geralmente a melhor fonte de fósseis de insetos, porque a água atua concentrando os insetos. Lagos e lagoas servem como reservatórios que coletam insetos, e os sedimentos que se acumulam nessas águas agem rapidamente para cobrir seus restos, evitando a oxidação (ELIAS, 2001).

Nesse trabalho daremos mais ênfase aos insetos aquáticos bentônicos encontrados na

Formação Crato, eles são um grupo que atualmente são excelentes bioindicadores e devido a particularidade de sua sobrevivência podem nos dar mais informações de como era o passado assumindo o princípio do atualismo.

Os Efemerópteros podem ser encontrados em vários estágios de vida na Formação Crato, desde larva a adulto. As larvas da família Hexahenitidae e ninfas tem cerdas designadas para movimentação em águas calmas, como piscinas dentro de córregos, o que nos indica que o ambiente onde elas estavam tinha um baixo nível energético.

Outro fator interessante a presença de efemerópteros no paleolago é a presença de suas larvas e ninfas são de ambientes de água doce, mas algumas espécies conseguem sobreviver a ambientes salubres, entretanto mesmo as espécies que apresentem resistência em concentrações maiores que 8 ppt resultam em sua morte, e sabemos que a concentração salina era elevada devido a presença de pseudomorfos de halita. Assim, essas espécies poderiam estar em partes do paleolago com menor salinidade ou viverem em lagoas ou rios próximos.

As larvas e ninfas de Odonata também podem nos indicar outras informações do paleoambiente, bem como as cerdas das larvas de efemerópteros nos indicam um ambiente com águas calmas a presença de ninfas de Odonata ocorrem em águas paradas e bem oxigenadas, não abaixo de 10%, e muitas espécies toleram temperaturas elevadas, enriquecimento orgânico ou maiores cargas de sedimento (GULLAN, P.J.; CRANSTON, P.S., 2012).

Em um estudo conduzido por MENDES; CABETTE; JUAN, (2015) foi comparada a influência do ambiente e distância na distribuição de larvas de Odonata, onde foi concluído que a maior influência era a ambiente, entretanto as larvas de Zygoptera eram as mais afetadas. Podemos dizer que os Zygoptera são um dos grupos mais sensíveis a mudanças ambientais, no geral sua forma adulta é heliotérmica o fazendo sensível a mudanças de temperatura, fazendo com que o ambiente tenha certas características para garantir sua sobrevivência. As larvas de Zygoptera também são sensíveis a distúrbios naturais, a presença dessas larvas na Formação novamente nos indica uma baixa energia, com poucos distúrbios e instabilidade, na região.

Além disso, as larvas de Trichoptera também podem nos dar fornecem informações valiosas sobre as águas que habitam, pois muitas espécies têm tolerâncias térmicas estreitas, além de serem sensíveis ao estado trófico e ao pH da água (ELIAS, 2001).

No caso dos tricópteros, a identificação no nível da espécie é, sem dúvida, mais útil, entretanto certos gêneros e mesmo famílias são indicativos de condições locais particulares. Por exemplo, a presença de quaisquer membros das famílias Hydropsychidae, Philopotomidae, Rhyacophilidae, Brachycentridae, Beraeidae, Calamoceratidae e Odontoceridae, e certos gêneros de Polycentropodidae, Psychomyiidae, Glossosomatidae e Hydroptilidae e Hydroptilidae quase sempre indicam água corrente, enquanto alguns gêneros de Phryganeidae, Limnephilidae e Leptoceridae são indicativos de água lântica (WILLIAMS, 1998).

Os hábitos alimentares compreendem talvez o aspecto mais informativo da biologia dos tricópteros. Diferentes táxons têm várias adaptações para explorar as fontes de alimento disponíveis na água. Por exemplo, as larvas de membros de Hydropsychidae, Philopotamidae, Polycentropodidae e Psychomyiidae fazem redes de seda que servem como armadilhas pegajosas e peneiras para alimentos suspensos, incluindo outros animais, diatomáceas e detritos (WILLIAMS, 1998). As redes de seda por Hydropsychidae são extremamente finas e captam partículas de até 100 μm de diâmetro, e a presença dessa partícula depende de folhas caducas no outono e lixiviadas no solo (HYNES et al., 1974 apud WILLIAMS, 1998) e assim a presença desse táxon indica a presença de árvores caducifólias na região.

5 CONCLUSÃO

Neste trabalho, tentamos caracterizar o paleolago da Formação Crato utilizando insetos como bioindicadores de ambiente usando o princípio do atualismo. Resumidamente vimos diversas características sobre a região que cerca o paleolago e sobre o paleolago do Crato, resumindo-as temos que o paleolago do Crato era hipersalino, raso, com temperaturas não muito elevadas, boa concentração de oxigênio e pH não extremos, era um ambiente relativamente calmo com baixa energia (lêntico), entretanto devido a evidência de eventos de mortandade em massa, podemos hipotetizar momentos com distúrbios ambientais.

As informações ambientais que obtemos de Ephemeroptera, Odonata e Trichoptera são importantes para compreender o paleolago, porém essa informação é limitada pelo número de estudos que existem sobre essas famílias bioindicadoras e pela qualidade de preservação de seus exemplares.

Temos por exemplo as famílias de Trichoptera encontradas no Crato, devido a dificuldade de preservação de suas larvas, não existem muitos trabalhos sobre como podemos interpretar suas características na paleoecologia, porém como temos descritas duas famílias que são características de ambientes específicos, podemos usar essa informação como indicativo que no paleoambiente da formação Crato haviam rios ou córregos, devido a presença da família Hydroptilidae, que, no geral, está presente em ambientes com água corrente.

A presença de rios em ambientes próximos podem explicar as mudanças de salinidade em certos momentos no paleolago, em momentos de alta pluviosidade esses rios poderiam inundar a região e aumentar o volume de água do paleolago diminuindo sua concentração salina.

Além da presença de ninfas de odonata e efêmeras, outro elemento sugere a presença de oxigênio no ambiente são as bioturbações que, embora raras, ainda ocorrem em sedimentos do Crato e a presença de microbialitos no sedimento.

Entretanto, um fator limitante é a falta de informação sobre a posição estratigráfica dos fósseis encontrados. Devido à mineração do calcário laminado na região do Crato, muitos dos fósseis encontrados na região foram entregues por mineradores ou encontrados depois nas áreas de descarte da mineração, de forma que é impossível afirmar sua posição estratigráfica

no sedimento. O que faz com que os estudos paleoambientais, paleoecológicos, paleogeográficos e paleoclimáticos baseados nos fósseis sejam limitados, pois essas inferências só são coerentes quando referentes ao mesmo nível de ocorrência dos mesmos no pacote sedimentar. Assim, todas as conclusões aqui são apenas consideradas a níveis de ocorrência.

Infelizmente essa não parece ser uma condição que irá mudar, fazendo assim que muitas das interpretações paleoambientais, paleoecológicos, paleogeográficos e paleoclimáticos que sejam relacionadas a fósseis terão sempre uma incerteza sobre elas.

REFERÊNCIAS

- RIBEIRO, Alexandre Cunha et al. Towards an actualistic view of the Crato Konservat-Lagerstätte paleoenvironment: A new hypothesis as an Early Cretaceous (Aptian) equatorial and semi-arid wetland. **Earth-Science Reviews**, v. 216, p. 103573, 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.earscirev.2021.103573>.
- FILLEUL, Arnaud; MAISEY, John G. Redescription of *Santanichthys diasii* (Otophysi, Characiformes) from the Albian of the Santana Formation and comments on its implications for otophysan relationships. **American Museum Novitates**, v. 2004, n. 3455, p. 1-21, 2004.
- BESTWICK, Jordan et al. Pterosaur dietary hypotheses: a review of ideas and approaches. **Biological Reviews**, v. 93, n. 4, p. 2021-2048, 2018.
- RULL, Valenti. Ecology and Palaeoecology: two approaches, one objective. **The Open Ecology Journal**, [S.L.], v. 3, n. 2, p. 1-5, 1 fev. 2010. Bentham Science Publishers Ltd.. <http://dx.doi.org/10.2174/1874213001003020001>.
- ODUM, Eugene; BARRETT, Gary W. The scope of ecology: Ecology: history and relevance to humankind. In: ODUM, Eugene; BARRETT, Gary W. *Fundamentals of Ecology*. 5. ed. USA: Brooks cole, 1953. cap. 1, p. 2-5. ISBN 978-0534420666.
- MENDES, Márcio et al. Ecosystem Structure and Trophic Network in the Late Early Cretaceous Crato Biome. **Brazilian Paleofloras**, [S.L.], p. 1-19, 2020. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-90913-4_33-1.
- HAY, William W.; FLOEGEL, Sascha. New thoughts about the Cretaceous climate and oceans. **Earth-Science Reviews**, [S.L.], v. 115, n. 4, p. 262-272, dez. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.earscirev.2012.09.008>.
- GRIMALDI, David A (ed.). INSECTS FROM THE SANTANA FORMATION, LOWER CRETACEOUS, OF BRAZIL. Nova Iorque: **Bulletin of the American Museum of Natural History**, 1990. 1-191 p. v. 195. ISSN 0003-0090.
- VAREJÃO, Filipe G. et al. EXCEPTIONAL PRESERVATION OF SOFT TISSUES BY MICROBIAL ENTOMBMENT: insights into the taphonomy of the crato konservat-lagerstätte. *Palaios*, [S.L.], v. 34, n. 7, p. 331-348, 11 jul. 2019. **Society for Sedimentary Geology**. <http://dx.doi.org/10.2110/palo.2019.041>.
- VAREJÃO, Filipe Giovanini et al. 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**, [S.L.], v. 51, n. 1, p.10-11, 2021. FapUNIFESP(SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2317-4889202120200009>.
- MARTILL, David M. et al, (ed.). *The Crato Fossil Beds of Brazil: Window into an Ancient World..* [S. l.]: **Cambridge University Press**, 2007. 625 p. ISBN 9780511535512.
- BECHLY, Günter. Odonata: damselflies and dragonflies. *In*: MARTILL, David M. et al, (ed.). **The Crato Fossil Beds of Brazil: Window into an Ancient World..** 5. ed. Nova Iorque: Cambridge University Press, 2007. cap. 11, p. 365 - 369.
- PES, Ana Maria *et al.* Ordem Trichoptera. *In*: HAMADA, NEUSA; NESSIMIAN, JORGE LUIZ; QUERINO, RANYSE BARBOSA. **Insetos aquáticos na Amazônia brasileira:: taxonomia, biologia e ecologia.** [S. l.]: Manaus: Editora do INPA, 2014., 2014. cap. 23, p. 391 - 433. ISBN 978-85-211-0123-9
- ELIAS, S. A. 4 The Value of Insects in Paleoecology. **Developments in Quaternary Sciences**, v. 12, p. 39-51, 2010.
- ELIAS, Scott A. Coleoptera and trichoptera. *In*: **Tracking environmental change using lake sediments.** Springer, Dordrecht, 2001. p. 67-80.
- WILLIAMS, Nancy E. The use of caddisflies (Trichoptera) in palaeoecology. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 62, n. 1-4, p. 493-500, 1988.
- GULLAN, P.J.; CRANSTON, P.S. **Os Insetos: Um Resumo de Entomologia.** 4. ed. [S. l.]: Roca, 2012. 480 p. ISBN 9788572889896.
- MENDES, Thiago P.; CABETTE, Helena SR; JUAN, Leandro. Setting boundaries: Environmental and spatial effects on Odonata larvae distribution (Insecta). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 87, p. 239-248, 2015.
- HAMADA, Neusa; NESSIMIAN, Jorge Luiz; QUERINO, Ranyse Barbosa. **Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia.** Manaus: Editora do INPA, 2014., 2014.
- SARAIVA, Antônio; PRALON, Bruno; GREGATI, Rafael. Taxonomic remarks on Brazilian Cretaceous Decapoda from Araripe Basin, Brazil, and ecological inferences. **Gaea - Journal Of Geoscience**, [S.L.], v. 5, n. 2, p. 70-74, 30 dez. 2009. UNISINOS - Universidade do Vale do Rio Dos Sinos. <http://dx.doi.org/10.4013/gaea.2009.52.03>.
- CHADWICK, Michael A.; HUNTER, Heather; FEMINELLA, Jack W.; HENRY, Raymond

P.. SALT AND WATER BALANCE IN HEXAGENIA LIMBATA (EPHEMEROPTERA: ephemeridae) when exposed to brackish water. **Florida Entomologist**, [S.L.], v. 85, n. 4, p. 650-651, dez. 2002. Florida Entomological Society. [http://dx.doi.org/10.1653/0015-4040\(2002\)085\[0650:sawbih\]2.0.co;2](http://dx.doi.org/10.1653/0015-4040(2002)085[0650:sawbih]2.0.co;2)