



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS**  
**DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA**

**GABRIELLE DE MELO ALBERTO**

**UM NOVO ESPÉCIME DE ESCORPIÃO VINAGRE (ARACHNIDA;  
THELYPHONIDA) DA FORMAÇÃO CRATO, CRETÁCEO INFERIOR DO BRASIL**

**FORTALEZA**

**2023**

GABRIELLE DE MELO ALBERTO

UM NOVO ESPÉCIME DE ESCORPIÃO VINAGRE (ARACHNIDA; THELYPHONIDA)  
DA FORMAÇÃO CRATO, CRETÁCEO INFERIOR DO BRASIL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Geologia. Área de concentração: Paleontologia e Geologia Histórica.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Mendes.  
Coorientador: Prof. Dr. Alessandro Ponce de Leão Giupponi.

FORTALEZA

2023

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)

---

A29n Alberto, Gabrielle de Melo.  
Um novo espécime de escorpião vinagre (Arachnida;Thelyphonida) da formação Crato, Cretáceo inferior do Brasil / Gabrielle de Melo Alberto. – 2023.  
41 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Geologia, Fortaleza, 2023.

Orientação: Prof. Dr. Márcio Mendes.

Coorientação: Prof. Dr. Alessandro Ponce de Leão.

1. Aracnofauna Crato. 2. Thelyphonida. 3. Mesoproctus. 4. Aptiano. 5. Lagerstätten. I. Título.

CDD 551

---

GABRIELLE DE MELO ALBERTO

UM NOVO ESPÉCIME DE ESCORPIÃO VINAGRE (ARACHNIDA; THELYPHONIDA)  
DA FORMAÇÃO CRATO, CRETÁCEO INFERIOR DO BRASIL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Geologia. Área de concentração: Paleontologia e Geologia Histórica.

Aprovada em:27/10/2023

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Márcio Mendes (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Alessandro Ponce de Leão  
Giupponi  
Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ)

---

Dr. Francisco Irineudo Bezerra de  
Oliveira

Dedico este trabalho ao meu filho Samuel de  
Melo e à minha irmã Danielle de Melo.

## AGRADECIMENTOS

Sou grata a todas as pessoas envolvidas durante as várias etapas de construção desta dissertação. Quero agradecer a minha família por representarem o alicerce fundamental na construção do meu caráter.

Ao Prof. Dr. Márcio Mendes e Prof. Dr. Alessandro Giupponi, pela excelente orientação, demonstração de humildade e confiança em mim, me concedendo total liberdade para expor minhas ideias, agradeço, em especial ao meu colega discente Me. Francisco Irineudo Bezerra pelo incentivo e comentários críticos que contribuíram para fundamentação do trabalho, o que sem dúvidas contribuiu enormemente para o meu crescimento acadêmico, ao professor participante da banca examinadora Dr. José de Araújo Nogueira Neto pelo tempo e pelas valiosas sugestões. Ao Professor Dr. Amazonas Chagas Júnior pela doação de espécimes de *Thelyphonida* para análise anatômica e estudos.

Agradeço ao apoio financeiro que foi me dado, durante o período de mestrado sem bolsa pelo meu tio e tia Alfredo e Albertina e ao meu primo e prima Alberto e Fernanda, à minha irmã Danielle e meu cunhado Nilo por todo apoio financeiro, psicológico e intelectual durante todo o período de estudo. Ao meu namorado José Wilton Filho e ao meu filho Samuel de Melo por estarem sempre ao meu lado e me apoiarem nesse momento desafiador.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro com manutenção da bolsa de auxílio sem a qual não seria possível a realização deste trabalho.

## RESUMO

Os fósseis de escorpiões vinagre (Thelyphonida) são extremamente raros nos estratos da Formação Crato, Bacia do Araripe, Cretáceo Inferior (Aptiano) do Brasil. Apenas quatro espécimes foram descritos nesta unidade até agora. Todos os indivíduos foram atribuídos ao gênero *Mesoproctus*, Dunlop, 1998 e apenas uma espécie foi até o momento formalmente proposta, *M. rowlandi*, Dunlop, 1998. Durante a Era Mesozóica, além de Formação Crato, os escorpiões-vinagre são documentados apenas por três espécies dos depósitos de âmbar do Vale Hukawng, norte de Mianmar. Neste cenário, cada nova descoberta de idade mesozóica é significativamente relevante. Neste estudo, descreve-se e ilustra-se um novo espécime de Thelyphonida encontrado nos estratos da Formação Crato.

**Palavras-chave:** aracnofauna Crato; Thelyphonida; *Mesoproctus*; aptiano; *Lagerstätten*.

## ABSTRACT

Fossil whip scorpions (Thelyphonida) are extremely rare in the Crato Formation strata, Araripe Basin, Lower Cretaceous (Aptian) of Brazil. Only four specimens of whip scorpions have been described in this unit so far. All specimens have been assigned to the genus *Mesoproctus* Dunlop, 1998 and only one species has been formally proposed, *M. rowlandi* Dunlop, 1998. For Mesozoic times, apart from Crato Formation, whip scorpions are only documented by three species in the amber deposits of the Hukawng Valley, northern Myanmar. In this scenario, each new discovery of Mesozoic whip scorpion is highly important. Here, we present and illustrate a new specimen of whip scorpion found in the Crato strata.

**Keywords:** Crato arachnofauna; Thelyphonida; *Mesoproctus*; aptian; *Lagerstätten*.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Holótipo de <i>Mesoproctus rowland</i> , 1998.....	13
Figura 2 – Espécimes de <i>Mesoproctus rowland</i> , Dunlop e Martill, 2002.....	14
Figura 3 – Procedimento de desenho com o auxílio de câmera lúcida.....	16
Figura 4 – A, Olympus LG-PS2 Light Source. B, câmera lúcida. C, microscópio Olympus C011.....	17

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
<b>1.1</b>	<b>Justificativa.....</b>	<b>10</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivos.....</b>	<b>10</b>
<b>1.3</b>	<b>Thelyphonida do Brasil.....</b>	<b>10</b>
<b>1.4</b>	<b>Ecologia dos Thelyphonida.....</b>	<b>10</b>
<b>1.5</b>	<b>Fósseis de Thelyphonida.....</b>	<b>11</b>
<b>1.6</b>	<b>Thelyphonida da Formação Crato.....</b>	<b>11</b>
<b>1.7</b>	<b>Localização da área.....</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>16</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>34</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>36</b>
	<b>ANEXO A – EMPRÉSTIMO DE MATERIAL PARA ESTUDO.....</b>	<b>40</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os escorpiões-vinagre são pertencentes ao filo Arthropoda, sub-filo Chelicerata e a classe Arachnida (aracnídeos), assim como aranhas, escorpiões, carrapatos e etc. A ordem Uropygi juntamente com as ordens Schizomida, Amblypygi e Araneae formam o Clado Tetrapulmonata, são os aracnídeos que possuem dois pares de pulmões (WEYGOLDT, 1979). Apesar da semelhança com a morfologia externa com os escorpiões verdadeiros, os escorpiões-vinagre estão mais relacionados filogeneticamente às aranhas (TETLIE & DUNLOP, 2008).

A diversidade de Thelyphonida é constituída atualmente por uma família, quatro subfamílias, 15 gêneros e 126 espécies, incluindo os fósseis (HARVEY, 2003; ZHANG, 2013; BARRALES-ALCALÁ *et al.*, 2018).

Dunlop & Penney (2012) explica que a estreita relação entre os uropígios e esquizomídeos causa confusão sobre o nome correto empregado aos grupos devido a estudos filogenéticos. Historicamente, Thelyphonida inclui outra ordem de aracnídeos, a ordem Schizomida. Alguns autores como Titlie (2008), por exemplo, seguem o catálogo de Harvey (2003), onde a recomendação é adotar Uropygi apenas para escorpiões-vinagre, excluindo esquizomídeos. Já outros autores, como Dunlop (2012), utilizam o sensu Shultz, (2007), onde a ordem Uropygi inclui escorpiões-vinagre e esquizomídeos.

As espécies podem ser encontradas em regiões tropicais e subtropicais da Ásia, América e África, mas apresentam maior incidência de diversidade na Ásia (HARVEY, 2003). É um grupo rico em combinação de caracteres, incluindo um corpo alongado com pedipalpos robustos, um primeiro par de pernas delgadas e alongadas e um flagelo longo, tornando-os fáceis de distinguir dos demais grupos de aracnídeos (DUNLOP, 2012). São caracterizados por seus pedipalpos subquelados robustos e fortemente armados, primeiro par de pernas táteis e um flagelo longo e fino em forma de chicote (HAUPT 2000; SELDEN *et al.* 2016), possuem quelíceras “em canivete” pouco visíveis pois se perdem em seus robustos pedipalpos, quatro pares de pernas, sendo o primeiro par destacado dos demais devido ao seu maior tamanho e delgado quando comparado as outras patas, possuem olhos simples localizados centralmente na borda frontal e na borda lateral de sua larga carapaça. O tamanho

varia em média de 25-80 mm, excluindo o flagelo e apresentam 12 segmentos no opistossoma estando estreitamente unido com o prossoma por um fino pedicelo (DUNLOP, 2012).

### 1.1 JUSTIFICATIVA

Durante a Era Mesozóica, há poucos exemplares de escorpiões-vinagre, sendo um da Formação Crato, e dois em depósitos de âmbar do Vale Hukawng, norte de Mianmar. A nova descoberta de escorpião-vinagre de idade mesozóica é significativamente relevante. O espécime em questão possivelmente representa o maior exemplar da espécie e apresenta a preservação de pulmões foliáceos, pela primeira vez registrados em um espécime fóssil de escorpião-vinagre.

### 1.2 OBJETIVOS

Descrever um novo exemplar de escorpião-vinagre da Formação Crato, Bacia do Araripe. O fóssil é reconhecido como a espécie proposta anteriormente para a região, *Mesoproctus rowlandi*, (DUNLOP, 1998).

### 1.3 THELYPHONIDA NO BRASIL

No Brasil estão presentes as duas subfamílias: Hypoconinae Pocock, 1898 representada pelo gênero *Thelyphonellus*, Pocock, 1894 presente no continente americano e Mastigoproctinae Speijer, 1933 com gênero representante *Amauromastigon*, Melo-Leitão, 1931 (HARVEY, 2003) presente no continente americano e *Mastigropoctus*, Pocock, 1894 presente tanto no continente americano e asiático. As espécies estão distribuídas nos biomas da Mata Atlântica, Amazônia e Cerrado.

### 1.4 ECOLOGIA DE THELYPHONIDA

São caçadores noturnos capazes de sobreviver na serapilheira, sob afloramentos rochosos ou em madeira podre, ocorrem em ambiente de floresta e em áreas abertas, com hábito de buscar refúgio úmido como modo de defesa. Ambientes estáveis são essenciais para a sobrevivência desses organismos (GIUPPONI *et al.*, 2018).

## 1.5 FÓSSEIS DE THELYPHONIDA

O registro fóssil de escorpiões-vinagre é escasso e apenas onze espécies válidas são conhecidas até o momento. Sete espécies datam do final do Carbonífero e quatro são representantes do Cretáceo. A ocorrência de fósseis desse grupo se encontra distribuída pelo mundo em regiões da Europa, América e China onde maior parte desses fósseis pertencem ao carbonífero. Nos alpes italianos há a ocorrência da espécie *Parageralinura marsiglioi*, (SELDEN, 2016), *Geralinura carbonaria* (TITLIE, 2008). Fósseis do grupo Uropygi (Thelyphonidae) são muito raros, havendo apenas sete espécimes conhecidos sendo seis no Paleozoico da Europa e dos Estados Unidos e apenas um do Mesozoico localizados na Formação Crato (DUNLOP & PENNEY, 2012). Ainda segundo Dunlop & Penney (2012) os escorpiões-vinagre do Carbonífero provavelmente teriam um modo de vida semelhante.

Tetlie & Dunlop (2008), destacam seis espécies paleozóicas incluídas em quatro gêneros foram reconhecidas como válidas: *Geralinura carbonaria* Scudder (1884); *G. britanica* Pocock (1911); *Parageralinura naufraga* Brauckmann & Koch (1983); *P. neerlandica* Laurentiaux-Viera & Laurentiaux (1961); *Prothelyphonus bohemicus* Kušta (1884); e *Proschizomus petrunkevitchi* Dunlop & Horrocks (1996). Oito anos depois, Selden *et al.* (2016) descreveu *Parageralinura marsiglioi* do Posterior Westphalian da Itália. Os escorpiões-vinagre mesozóicos são ainda mais raros e a maior parte das espécies vem do âmbar de Mianmar e do Brasil. Wunderlich (2015) propôs *Burmathelyphonus prima*, o primeiro escorpião-vinagre anteriormente descrito ali. *Burmathelyphonus parvus* foi proposto por Cai & Huang (2017). No Brasil há o representante do grupo *Mesoproctus rowlandi*, da Formação Cretácea Inferior do Crato no Brasil descrito por Dunlop, 2002.

## 1.6 THELYPHONIDA NA FORMAÇÃO CRATO

Os fósseis de escorpiões-vinagre da Formação Crato são interessantes, pois esta localidade foi interpretada como um sistema lacustre rodeado por uma área semi-árida. Tetlie (2008) explica que apesar de serem predadores noturnos e viverem em serrapilheiras e ambientes úmidos e tropicais, o gênero *Mastigoproctus*, mesmo gênero do espécime fóssil encontrado na

Formação Crato, vive em ambientes áridos, portanto o habitat do grupo Uropyrgi (Thelyphonidae) nesse paleoambiente não é surpreendente.

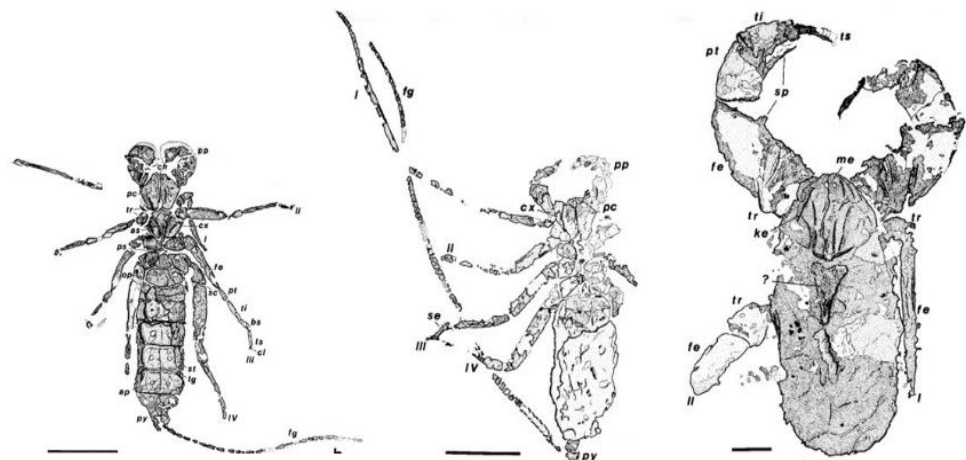
Tetlie (2008), ainda sugeriu que esse espécime é uma criatura essencialmente tropical, dos quais alguns adaptaram-se a ambientes áridos ao obter umidade dos alimentos, assim como identificar umidade no solo com suas patas sensíveis para se enterrar evitando, desta forma, a dissecação. Segundo Clouse (2017), a dissolução do Pangea tornou o ambiente inadequado para os escorpiões vinagre, assim como para os esquizomídeos, porém eles permaneceram na área que hoje é a América do Sul.

Dunlop (1998) descreveu o primeiro escorpião-vinagre Mesozóico, *Mesoproctus rowlandi*, da Formação Crato, Cretáceo Inferior do Brasil (FIGURA 1). Embora os estratos do Crato sejam famosos por sua notável aracnofauna, apenas quatro escorpiões chicote foram recuperados desta unidade (DUNLOP, 1998; DUNLOP & MARTILL, 2002) (FIGURA 2). Os Thelyphonida do Crato são conhecidos por seu grande porte em relação aos demais representantes fósseis e todos são atribuídos a um único gênero, ainda com posição subfamiliar incerta.

Figura 1: Holótipo de *Mesoproctus rowlandi*, 1998, K28006



Figura 2: Espécimes de *Mesoproctus rowland*, Dunlop e Martill, 2002. SMNS 64331, MB.A 1041, MB.A 975



## 1.7 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

A Bacia do Araripe compõe um conjunto de bacias interiores do Nordeste brasileiro, sendo a mais extensa e estudada. A bacia localiza-se no limite dos estados do Ceará, Piauí e Pernambuco, entre as longitudes 38°30'W e 40°55' W, e latitudes 7°05' e 7°50'S. Essa é uma bacia alongada, com eixo de direção W-E, compreendendo uma área de aproximadamente 9000 Km<sup>2</sup>. A bacia situa-se sobre a Província Borborema, uma província geotectônica pré-cambriana de estruturação complexa. Possui lineamentos de direções E-W e NE-SW, dentre os quais se destacam dois, Lineamento de Patos e Lineamento de Pernambuco (ao sul), ambos de direção E-W, que delimitam a “Zona Transversal” (PONTE & PONTE FILHO, 1996). Rand & Manso (1984) com base em dados gravimétricos e magnetométricos perceberam pela primeira vez a compartimentação da bacia, e chamaram as sub-bacias de Oeste e Leste. Desta forma, a bacia possui sua estrutura geral dominada por lineamentos NE-SW.

A primeira sugestão de divisão estratigráfica para a sequência sedimentar da Bacia do Araripe foi feita por Small (1913), que propôs três sequências distintas, chamadas de: a) Arenito Inferior, com um conglomerado basal; b) Calcário Santana e c) Arenito Superior. Depois, outros autores contribuíram para a evolução da compartimentação estratigráfica da bacia, dentre os quais Beurlen (1962, 1971), Mabesoone e Tinoco (1973), Lima (1978), Assine (1990, 1992, 1994, 2007, 2014), Ponte e Appi (1990), Viana e Cavalcanti (1991), Martill (1993), Neumann (1999) e Neumann e Cabrera (1999) e Silva e Neumann (2002). Sendo Assine et al., (2014) a divisão proposta pelo último trabalho à adotada neste trabalho.

A sequência neoptiana-eoalbiã registra o advento do estágio pós-rifte resultante de subsidência flexural térmica na Bacia do Araripe. Este é constituído pelo Grupo Santana, o qual inclui as formações Barbalha, Crato, Ipubi e Romualdo (ASSINE et al., 2014). A Formação Crato (Aptiano/Albiano) representa a segunda fase lacustre da Bacia do Araripe, e está constituída principalmente por seis unidades carbonáticas denominadas informalmente por Neumann (1999) de C1 a C6. O registro fossilífero nos calcários laminados e folhelhos associados é abundante e muito diversificado, caracterizada pela ausência de formas marinhas, indica ambientes de sedimentação lacustres (NEUMANN, 1999).



## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

O Thelyphonida aqui descrito é atribuído à Formação Crato, Aptiano superior (cerca de 115 Ma), Cretáceo Inferior. O espécime faz parte do acervo do Laboratório de Paleontologia (LP) da Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, Ceará, com número de coleção LP/UFC CRT 2798. Este espécime foi coletado na pedreira Três Irmãos, localizada em Nova Olinda, Ceará, Nordeste, Brasil. O fóssil foi preparado usando uma agulha fina para remover suavemente pedaços da matriz de carbonato que cobre detalhes do corpo. As fotografias foram tiradas com uma câmera digital Nikon D7100.

Está preservado em vista ventral e é possível visualizar alguns detalhes do espécime. A peça onde o fóssil está preservado é um calcário laminado que mede 12,9 tanto de largura, quanto de comprimento.

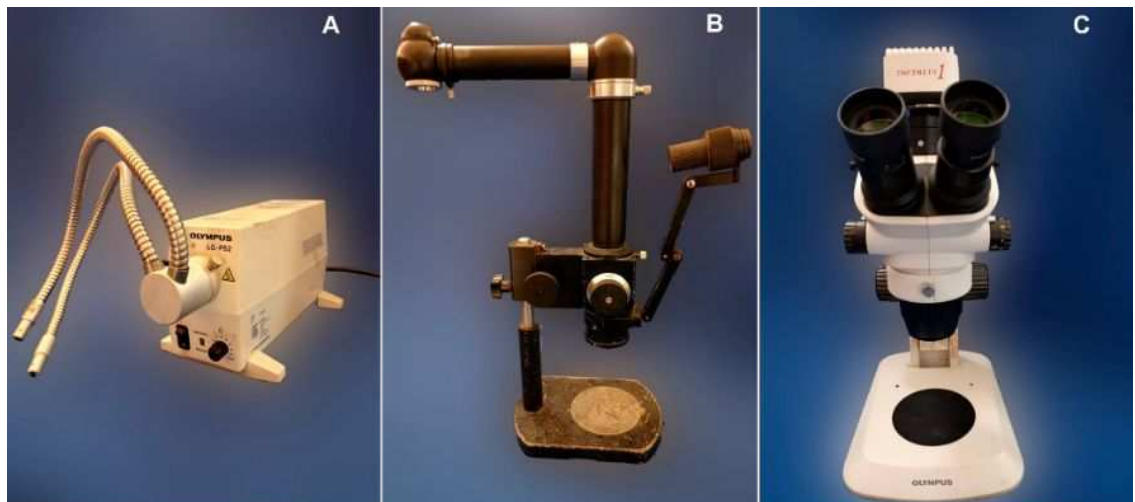
O espécime foi desenhado com o auxílio de uma câmera lúcida, acoplada a um microscópio Olympus C011 e fonte de luz Olympus LG-PS2 (FIGURA 4 ). A nomenclatura morfológica é baseada em Shultz (1993), Dunlop (1998) e Dunlop & Martill (2002). Todas as medidas são dadas em milímetros. Os seguintes procedimentos para a execução do trabalho, dividido em três etapas: Levantamento bibliográfico, análise, descrição do exemplar, comparação e interpretação final dos dados. No levantamento bibliográfico foram feitas leituras, exame crítico e síntese de trabalhos referente à morfologia, sistemática, ecologia, história geológica e evolução dos Thelyphonida atuais e fósseis, a paleontologia e estratigrafia da Bacia do Araripe.

Foram doados pelo Instituto de Biociências da Universidade Federal do Mato Grosso três espécimes de escorpião-vinagre para análise de anatomia.

Figura 3: Procedimento de desenho com o auxílio de câmera lúcida.



Figura 4: A, Olympus LG-PS2 Light Source. B, câmera lúcida. C, microscópio Olympus C011



### 3 RESULTADOS

## **A NEW SPECIMEN OF WHIP SCORPION (ARACHNIDA; THELYPHONIDA) FROM THE CRATO FORMATION, LOWER CRETACEOUS OF BRAZIL**

GABRIELLE DE MELO ALBERTO\*; Programa de Pós-graduação em Geologia -

Departamento de Geologia, Universidade Federal do Ceará, 64049-550, Fortaleza, Ceará, Brazil

[gabisalberto1710@gmail.com](mailto:gabisalberto1710@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0003-2761-6019>

FRANCISCO IRINEUDO BEZERRA; Programa de Pós-graduação em Geologia  
Departamento de Geologia, Universidade Federal do Ceará, 64049-550, Fortaleza, Ceará, Brazil

[irineudoufc@gmail.com](mailto:irineudoufc@gmail.com)

[orcid.org/0000-0002-6324-7225](https://orcid.org/0000-0002-6324-7225)

ALESSANDRO PONCE DE LEÃO GIUPPONI; Laboratório de Carrapatos e outros Artrópodes Ápteros - LAC  
& Coleção de Artrópodes Vetores Ápteros de Importância em Saúde das Comunidades-CAVAISC, IOC,  
FIOCRUZ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

MÁRCIO MENDES; Departamento de Geologia, Universidade Federal do Ceará, 64049-550, Fortaleza, Ceará,  
Brazil  
[paleonto@ufc.br](mailto:paleonto@ufc.br)

\* Corresponding Author: Gabrielle de Melo Alberto.

Email: [gabisalberto1710@gmail.com](mailto:gabisalberto1710@gmail.com)

ABSTRACT – Fossil whip scorpions (Thelyphonida) are extremely rare in the Crato Formation strata, Araripe Basin, Lower Cretaceous (Aptian) of Brazil. Only four specimens of whip scorpions have been described in this unit so far. All specimens have been assigned to the genus *Mesoproctus* Dunlop, 1998 and only one species has been formally proposed, *M. rowlandi* Dunlop, 1998. For Mesozoic times, apart from Crato Formation, whip scorpions are only documented by two species in the amber deposits of the Hukawng Valley, northern Myanmar. In

this scenario, each new discovery of Mesozoic whip scorpion is highly important. In addition, we present the first documented example of book lungs from a fossil whip scorpion. Here, we present and illustrate a new specimen of whip scorpion found in the Crato strata.

**Keywords:** Crato arachnofauna, Thelyphonida, *Mesoproctus*, Aptian, *Lagerstätten*

RESUMO – Os fósseis de escorpiões-vinagre (Thelyphonida) são extremamente raros nos estratos da Formação Crato, Bacia do Araripe, Cretáceo Inferior (Aptiano) do Brasil. Apenas quatro espécimes de escorpiões chicote foram descritos nesta unidade até agora. Todos os indivíduos foram atribuídos ao gênero *Mesoproctus* Dunlop, 1998 e apenas uma espécie foi formalmente proposta, *M. rowlandi* Dunlop, 1998. Durante a Era Mesozóica, além da Formação Crato, os escorpiões-chicote são documentados apenas por dois espécimes nos depósitos de âmbar do Vale Hukawng, norte de Mianmar. Neste cenário, cada nova descoberta de escorpião-vinagre de idade mesozóica é significativamente relevante. Além disso, apresenta-se, pela primeira vez, a preservação de pulmões foliáceos em um espécime fóssil de escorpião-chicote. Neste estudo, descreve-se e ilustra-se um novo espécime de escorpião-vinagre encontrado nos estratos da Formação Crato.

**Palavras-chave:** Aracnofauna Crato, Thelyphonida, *Mesoproctus*, Aptiano, *Lagerstätten*

## INTRODUCTION

Thelyphonida is an order comprising scorpion-like arachnids known as whip scorpions or vinegaroons (Figure 1). Despite the similarity to scorpions, whip scorpions are more closely related to spiders (Tetlie & Dunlop, 2008). Overall, whip scorpions can be recognized by their robust pedipalps, first pair of tactile appendages and a long, slender, whip-like flagellum

(Haupt 2000; Selden *et al.* 2016). Thelyphonida are carnivorous, preying mostly on insects, millipedes, scorpions and terrestrial isopods (Cai & Huang, 2017). They are nocturnal hunters able to survive in the litter, under rocky outcrops, or in rotten wood. The diversity of Thelyphonida comprises one family, four subfamilies, 16 genera and 126 species, including the fossils (World Arachnid Catalog, 2023). Whip scorpions can be found in tropical and subtropical regions of Asia, the Americas and Africa (Harvey, 2003).

The fossil record of whip scorpions is scarce and only ten valid species are known to date. Seven species date back to Late Carboniferous and four are representatives of the Cretaceous. After a careful revision by Tetlie & Dunlop (2008), six Paleozoic species included in four genera were recognized as valid: *Geralinura carbonaria* Scudder (1884); *G. britannica* Pocock (1911); *Parageralinura naufraga* Brauckmann & Koch (1983); *P. neerlandica* Laurentiaux-Viera & Laurentiaux (1961); *Prothelyphonus bohemicus* Kušta (1884); and *Proschizomus petrunkevitchi* Dunlop & Horrocks (1996). Recently, Garwood and Dunlop (2023) recognized *P. petrunkevitchi* within Thelyphonida based on the presence of petellar and tibial apophyses. Eight years later, Selden *et al.* (2016) described *Parageralinura marsiglioi* from the Later Westphalian of Italy. Mesozoic whip scorpions are even rarer and the bulk of the species come from the amber of Myanmar. Wunderlich (2015) proposed *Burmathelyphonus prima*, the first whip scorpion formerly described there. *Burmathelyphonus parvus* was proposed by Cai & Huang (2017). Dunlop (1998) described the first Mesozoic whip scorpion, *Mesoproctus rowlandi*, from the Lower Cretaceous Crato Formation of Brazil. Although Crato strata are famous for their outstanding arachnofauna, only four whip scorpions have been recovered from this unit (Dunlop, 1998; Dunlop & Martill, 2002). Crato whip scorpions are well-known for their large size compared to the other

fossil representatives and all are assigned to a single genus, still with an uncertain subfamilial position.

Here, we describe a new exemplar of a whip scorpion from the Crato Formation of the Araripe Basin. Our fossil is probably assignable to the previously proposed species, *Mesoproctus rowlandi* Dunlop (1998). The specimen appears incomplete, but is larger in overall size than the other whip scorpions formerly reported for this unit. Despite the incompleteness of the specimen described here, we report for the first time the presence of book lungs in fossil whip scorpions.



Figure 1. A Recent representative of the whip-scorpion *Mastigoproctus maximus* (Tartani, 1899) collected at the Federal University of Mato Grosso. The specimen is exposed respectively in ventral and dorsal views.

## GEOLOGICAL SETTING

The Araripe Basin is one of the largest basins in the interior of the Brazilian northeast (Figure 2). This basin displays five depositional tectonic-sedimentary sequences: a Paleozoic Sequence; Pre-Rift; Rift; Post-Rift I; and Post Rift II (Assine, 2007). The Crato Formation is embedded in the Post Rift I sequence and comprises a 70-m thick succession composed of carbonate layers interbedded with siliciclastic sediments such as shales, claystones and sandstones (Assine *et al.*, 2014).

The Crato Formation strata are attributed to transgressive-regressive events associated with the expansion and contraction of a lacustrine system (Neumann, 1999). Recently, Varejão *et al.* (2021) suggested that the Crato Fm. represents a shallow and hypersaline lacustrine system (Downen *et al.*, 2016). The Crato carbonates record the second lacustrine phase of the Araripe Basin (Assine *et al.*, 2014). The origin of the Crato limestones has been attributed to biological precipitation under microbial influence (Catto *et al.*, 2016). The carbonates facies are characterized by micritic calcite composition with low magnesium content (Catto *et al.*, 2016).

The Crato limestones host abundant high-quality fossils. This excellent preservation of Crato fossils have made it known worldwide as a *Fossil Lagerstätte* (Heimhofer & Martill, 2007). The Crato Fm. is part of the *Sergipe variverrucata* palynozone, which implies a late Aptian-early Albian age for this unit (Coimbra *et al.*, 2002; Coimbra & Freire, 2021). Most of the Crato limestone outcrops are exposed due to the commercial extraction of Pedra Cariri slabs in small quarries.



Figure 2. Location and geological setting of the Araripe Basin. A) Position of the Araripe Basin in the territory of Brazil. B) Position of the Araripe Basin in northwestern Brazil. C) Simplified map of the Araripe Basin, Crato Formation outcrops associated with the Santana Group.

## MATERIALS AND METHODS

The whip scorpion described here is assigned to the Crato Formation, upper Aptian (*circa* 115 Ma), Lower Cretaceous. The specimen is part of the collection of the Laboratório de Paleontologia (LP), Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, Ceará state, with the collection number LP/UFC CRT 2798. This specimen was collected from the Três irmãos quarry located in Nova Olinda, Ceará, northeastern Brazil. This fossil material was prepared using a fine needle to gently remove pieces of the carbonate matrix overlying details of the body.



Photographs were taken with a Nikon D7100 digital camera. The specimen was drawn with the aid of a *camera lucida* attached to an Olympus C011 microscope. Morphological nomenclature is based on Shultz (1993), Dunlop (1998) and Dunlop & Martill (2002). All measurements are given in millimeters. Morphological structures are identified by the following abbreviations: ap = tergal muscle apodeme; cx = coxa; fe = femur; fg = flagellum; pc = pedipalpal coxae; pp = pedipalp; pt = patela; py = pygidium; st = sternite; ti = tibia; tr = trochanter; ts = tarsus. Legs numbered from I - IV.

## RESULTS

### Systematic Paleontology

**Order Thelyphonida** Latreille, 1804

**Family uncertain**

**Genus** *Mesoproctus* Dunlop, 1998

**Species** *Mesoproctus rowlandi* Dunlop, 1998

**Fossil material:** LP/UFC CRT 2798 is preserved in a pale yellowish limestone slab. The fossil appears not well preserved where the legs, chelicerae and the entire prosoma occur as a two-dimensional impression (Figures 3–4). However, most of the opisthosoma is well preserved displaying structures in detail. Overall, our specimen consists of a fossiliferous compression composed of a friable orange-brown material, probably iron oxide-hydroxides (Bezerra *et al.*, 2020). These characteristics indicate that the fossil studied here experienced moderate to high weathering during post-diagenesis, which resulted in its poor preservation.

Considering the preservational status of the fossil material, the specimen probably came from the uppermost part of the interval II proposed by Varejão *et al.* (2019). This interval consists of yellow to red-colored laminites and corresponds to an interval informally named by Corecco *et al.* (2022) as ‘veio do besouro’, from which most Crato mineralized insects are recovered.



Figure 3. Photomicrograph of LP/UFC CRT 2798.

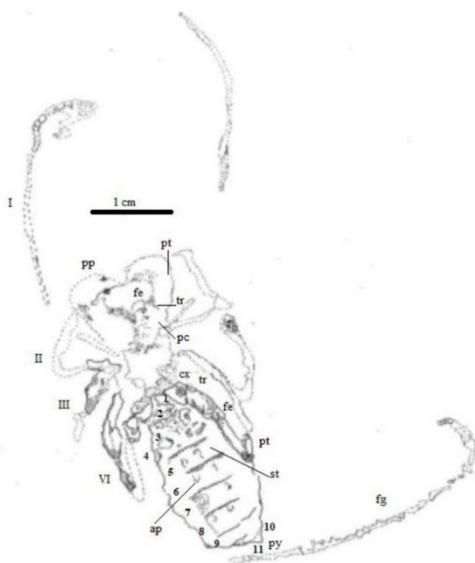


Figure 4. Camera lucida drawings of LP/UFC CRT 2798 (ventral view).

**Description:** The specimen displays massive pedipalps folded in on themselves as in extant Thelyphonida. The pedipalp coxae, 6.1 mm in length, are also massive but they are preserved only in outline, without displaying any fine detail. Overall, the prosoma (Figure 5A) appears barely preserved, 13 mm in length and 8 mm in width, the characteristic Y-shaped sternum between the second pair of leg coxa is not visible. The posterior sternum is also not clearly preserved. The legs are preserved laterally with the legs I extended anteriorly. The legs are mostly flattened and distally deteriorated. Legs II+IV are shorter and stout. The opisthosoma can be divided into eleven visible segments, where the first opisthosomal segment corresponds to the triangular-shaped sternite between the coxae of legs IV. The four book lungs are visible (Figure. 5B). As they are preserved, it was not possible to clearly detail any individual tissue (e.i. lamellae or bridging trabeculae) in the book lungs. Most of the opisthosoma is compressed, favoring the observation of characters from the ventral surface. Tergites V - VIII are particularly well preserved showing lengths and widths: 3 mm, 9.1 mm; 3.0 mm, 9.1 mm; 3.1 mm, 9 mm; and 3.0 mm, 8.9 mm, respectively. They preserve the paired circular apodomes along the length of each tergite. The flagellum is clearly visible, 49 mm in length, and comprises at least 30 individual articles. The articles are broader than long at the base and narrow distally. All measurements are shown in table 1.

Table 1. *Mesoproctus rowlandi* measurements

Chronym of specimen	Structures	SMNS 64331	MB.A 1041	CRT 2798	MB.A 975	K28006
Body without flagellum	-	16,8 mm	32,5 mm (as preserved)	49 mm	17,1 mm	23,5 mm
Prosoma length/width	-	-	32,5 mm/16 mm	13 mm / 8mm	-	11 mm
Opisthosoma length/width	-	9 mm/ 4,2 mm	-	23,2 mm / 9,1 mm	12 mm /3,5 mm	8,5 mm /6,8 mm
Flagellum	-	28 mm	-	49 mm	15,5 mm	-

<b>Post-opistosomic individual articles</b>	-	70	-	30	18	-
<b>Pedipalp length/width</b>	Total	-	32 mm	12,8 mm /4mm	-	-
	Coxa	-	-	6,1 mm	-	-
	Trochanter	-	3 mm	4 mm	-	2,5 mm
	Femur	-	19 mm	8 mm	-	4,9 mm
	Patella	-	-	2 mm	-	2,6 mm
	Tibia	-	-	4 mm	-	4,9 mm
	Tarsus	-	-	-	-	8,5 mm
	Apophysis	-	-	4 mm	-	-
<b>Leg I</b>	Total	20 mm	-	48 mm	-	-
	Coxa	-	-	-	-	-
	Trochanter	-	-	2 mm	-	-
	Femur	-	-	-	-	6,7 mm
	Patella	-	-	3 mm	-	8,9 mm
	Tibia	-	-	10 mm	-	9,2 mm
	Metatarsus	-	-	-	-	-
	Tarsus	-	-	0,4 mm	-	3,0 mm
	Apófise	-	-	-	-	-
<b>Leg II</b>	Total	-	-	21 mm	8,2 mm	-
	Coxa	-	-	-	-	-
	Trochanter	-	-	2,7 mm	-	-
	Femur	-	-	6 mm	-	5,7 mm
	Patella	-	-	-	-	2,2 mm
	Tibia	-	-	6,2 mm	-	4,5 mm
	Metatarsus	-	-	-	-	1,2 mm
	Tarsus	-	-	-	-	1,3 mm
	Apophysis	-	-	-	-	-
<b>Leg III</b>	Total	-	-	13,3 mm	8,5 mm	-

	Coxa	-	-	-	-	-
	Trochanter	1 mm	-	3 mm	-	-
	Femur	3,3 mm	-	7,3 mm	-	6,0mm
	Patella	1 mm	-	-	-	2,0 mm
	Tibia	2,5 mm	-	5 mm	-	3,8 mm
	Tarsus	-	-	-	-	1,5 mm
<b>Leg IV</b>	Metatarsus	-	-	-	-	1,2 mm
	Apophysis	-	-	-	-	-
	<b>Leg III</b>	-	-	29,9 mm	10,7 mm	-
	Total					
	Coxa	-	-	4 mm	-	-
	Trochanter	-	-	3 mm	-	-
	Femur	-	-	9 mm	-	7,0 mm
	Patella	-	-	3 mm	-	2,5 mm
	Tibia	-	-	8 mm	-	4,9 mm
	Tarsus	-	-	1 mm	-	-
	Metatarsus	-	-	-	-	-
	Apophysis	-	-	-	-	-

**Remarks:** Although our fossil is incomplete, LP/CRT UFC 2798 preserves the body, the large, robust and well-developed pedipalps, and narrow and elongated legs where leg I is remarkably antenniform. The prosoma and opisthosoma are substantially elongated. A well-developed pygidium is followed by a characteristic flagellum composed of multiple articles. This combination of characters allows us to assign LP/CRT UFC 2798 to *Mesoproctus* sp., most likely a representative of *M. rowlandi* Dunlop, 1998.



Figura 5. A Magnification of the prosoma in a ventral view where it is possible to visualize pedipalps and prosoma; B Ventral view of the abdomen showing the book lungs, sternites and IV legs.

## DISCUSSION

Considering Mesozoic whip scorpions, LP/UFC CRT 2798 is morphologically close to extant whip scorpions based on the following characters: legs narrowly elongate; leg I clearly antenniform; pedipalps massive and well developed; and a slender and long flagellum. Among all Cretaceous thelyphonid taxa, LP/UFC CRT 2798 is easily separated from those described in Cenomanian Myanmar amber by its much larger body size (total body length over 45mm). Unfortunately, few specimens have been discovered and they often preserve only the gross morphology. The preservation condition of Crato whip scorpions makes a rigorous comparison with the extant families difficult. Nonetheless, Crato whip scorpions have been assigned to the genus *Mesoproctus* Dunlop, 1998 by previous authors. Due to the

body proportions and geographical distribution, *Mesoproctus* was suggested to be closely related to the extant *Mastigoproctus* Pocock, 1894, a group in the subfamily Mastigoproctinae.

In 1998, Dunlop presented *Mesoproctus rowlandi*, the only species proposed for the Crato Fm. to date. Dunlop & Martill (2002) published three further specimens of whip scorpions from the Crato strata: MB.A. 1041; MB.A. 975 and SMNS 64331. MB.A. 1041 is relatively incomplete, essentially showing prosoma and pedipalps only in non-detailed morphology, while MB.A. 975 and SMNS 64331 appear better preserved. MB.A. 975 and SMNS 64331 match in overall body size with the holotype (K28006) presented by Dunlop (1998), therefore the authors referred them to *M. rowlandi*. However, MB.A. 1041 displays significantly larger body proportions than the other specimens described. Considering the ontogeny of whip scorpions, the anteriormost prosomal sternite is relatively wide in juveniles, where it tapers and becomes more elongated as the whip scorpion ages (Yoshikura, 1965; Weygoldt, 1971). Dunlop & Martill (2002) compared the anterior sternite preserved in the Crato fossils with both adult and juvenile of the extant *Mastigoproctus giganteus* (Lucas, 1835), concluding that MB.A. 975 and SMNS 64331 are more similar to the juvenile forms, and MB.A. 1041 is an adult form of *M. rowlandi* or even a new species within *Mesoproctus* sp.

The flagellum of LP/UFC CRT 2798 extends to slightly more than half the body length whereas in SMNS 64331, the flagellum reaches almost twice the body length. The flagellum of MB.A. 975 is about the same as the body. On the other hand, the shape of the flagellum's individual articles in LP/UFC CRT 2798 is similar to the articles of SMNS 64331. While the individual articles in MB.A. 975 are longer than wide, which differs from our fossil. The flagella of the specimens are clearly distinct, but the length and the proportions of individual articles can vary intraspecifically (Dunlop & Martill, 2002). Despite resting in ventral view, the fossil studied here preserves the prosoma just as a faint impression, so the anterior sternite

is not visible. However, the overall prosoma of LP/UFC CRT 2798 appears to be wider than other Crato whip scorpions, but its poor preservation precludes more advanced inferences. Although body size is not a reliable feature, there are no characters clearly attesting against LP/UFC CRT 2798 being an adult. Our specimen exhibits a bulge at the end of the leg I, there is nothing similar in the biology of extant Thelyphonida. Therefore, this character may be related to poor preservation status of the fossil. Furthermore, such a structure would be too large and heavy for a clearly antenniform leg to bear. Finally, the presence of book lungs in our incomplete specimen was a pleasant surprise. Although Downen (2014) have already documented book lungs in arachnids (spiders) from the Crato Formation, we are the first to report these internal organs in fossil whip scorpions. The lungs observed here contain little detail, but they are similar in size and position to those of modern whip scorpions (Scholtz & Kamenz, 2006).

## CONCLUSIONS

In this study, we presented a new specimen of whip scorpion (LP/UFC CRT 2798) from the Crato Formation, Aptian of the Araripe Basin, Brazil. Overall, characteristics such as pedipalps large and well developed, legs narrowly elongated, leg I antenniform, and flagellum slender place our fossil morphologically close to the extant whip scorpions. Unfortunately, Crato whip scorpions are commonly poorly preserved, which hinders a more accurate taxonomic classification. Numerous key features remain unknown for Crato whip scorpions; for example, detailed morphology of the patellar apophysis of the pedipalps and abdominal ommatoids. Due to the incompleteness of the Crato whip scorpions, only one species, *M. rowlandi*, has been proposed to date. Although the whip scorpion studied here is also insufficiently preserved, it is larger in overall body size than other Crato specimens. This



raises questions about the taxonomic placement of whip scorpions described in the Crato fauna. Dunlop & Martill (2002) presented a large whip scorpion (MB.A. 1041) that is a presumed new species or an adult of *M. rowlandi*, while the others (MB.A. 975, SMNS 64331, K28006) would be juvenile forms of the same species. The prosoma of our specimen is preserved only as an outline which prevents a faithful comparison with Dunlop's (1998) holotype. However, the prosoma dimensions and telson proportions of LP/UFC CRT 2798 match with individuals designated as *M. rowlandi*. Unfortunately, it is difficult to rely on telson length and proportions of individual articles within the flagellum since they are unreliable characters for taxonomic purposes. Even so, we cannot rule out the possibility that LP/UFC CRT 2798 is the adult form of the *M. rowlandi*, while MB.A. 1041 is indeed a new species. We chose to place the studied specimen in *Mesoproctus rowlandi* for two reasons. The first reason is directly related to the preservation state of the fossil, which does not allow us to identify any morphological differences compared to *M. rowlandi*. The second reason is that *M. rowlandi* is already known from the same unit, so we thought that the most parsimonious approach was to adopt it.

## **ACKNOWLEDGEMENTS**

This work was carried out with the support of the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) with a master's scholarship. Process number 131944/2021-5. FIB is grateful for his doctorate scholarship (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Brasil - CAPES, process 88882. 454892/2019-01). The authors are grateful for the comments and suggestions of Dr Jason Dunlop and an anonymous reviewer which considerably improved the quality of the manuscript.

## REFERENCES

- Assine, M.L. 2007. Bacia do Araripe. *Boletim de Geociências Petrobrás*, **152**: 371–387.
- Assine, M.L.; Perinotto, J.A.J.; Neumann, V.H.; Custódio, M.A.; Varejão, F.G. & Mescolotti, P.C. 2014. Sequências Depositionais do Andar Alagoas (Aptiano superior) da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, **22**(1): 3–28.
- Bezerra, F.I.; da Silva, J.H.; Miguel, E.C.; Paschoal, A.R.; Nascimento Jr., D.R.; Freire, P.T.C.; Viana, B.C. & Mendes, M. 2020. Chemical and mineral comparison of fossil insect cuticles from Crato *Konservat Lagerstätte*, Lower Cretaceous of Brazil. *Journal of Iberian Geology*, **46**: 61–76. doi:10.1007/s41513-020-00119-y
- Brauckmann, C. & Koch, L. 1983. *Prothelyphonus naufragus* n. sp., ein neuer Geisselskorpion (Arachnida: Thelyphonida: Thelyphonidae) aus dem Namurium (unteres Ober-Karbon) von West-Deutschland. *Entomologia Generalis*, **9**: 63–73.
- Cai, C. & Huang, D. 2017. A new genus of whip-scorpions in Upper Cretaceous Burmese amber: Earliest fossil record of the extant subfamily Thelyphoninae (Arachnida: Thelyphonida: Thelyphonidae). *Cretaceous Research*, **69**: 100–105. doi:10.1016/j.cretres.2016.09.004
- Catto, B.; Jahnert, R.J.; Warren, L.V.; Varejão, F.G. & Assine, M.L. 2016. The microbial nature of laminated limestones: lessons from the Upper Aptian, Araripe Basin, Brazil. *Sedimentary Geology*, **341**: 304–315. doi:10.1016/j.sedgeo.2016.05.007
- Coimbra, J.; Arai, M. & Carreño, A.L. 2002. Biostratigraphy of Lower Cretaceous microfossils from the Araripe Basin, northeastern Brazil. *Geobios*, **35**: 687–698. doi:10.1016/S0066995(02)00082-7
- Coimbra, J.; & Freire, T.M. 2021. Age of the Post-rift Sequence I from the Araripe Basin, Lower Cretaceous, NE Brazil: implications for spatio-temporal correlation. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **24**: 37–46. doi:10.4072/rbp.2021.1.03
- Corecco, L.; Bezerra, F.I.; Silva Filho, W.F.; Nascimento Júnior, D.R.; da Silva, J.H. & Felix, J.L. 2022. Petrological meaning of ethnostratigraphic units: laminated limestone of the Crato Formation, Araripe Basin, NE Brazil. *Pesquisas em Geociências*, **49**: e121139. doi:10.22456/1807-9806.121139
- Downen, M.R. 2014. *The Taxonomy and Taphonomy of Fossil Spiders from the Crato Formation of Brazil*. Department of Geology, University of Kansas, dissertação, 69 p.
- Downen, M.R.; Selden, P.A., & Hasiotis, S.T. 2016. Spider leg flexure as an indicator for estimating salinity in lacustrine paleoenvironments. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **445**: 115–123. doi:10.1016/j.palaeo.2015.11.028

- Dunlop, J.A. & Horrocks, C.A. 1996. A new Upper Carboniferous whip scorpion (Arachnida: Uropygi: Thelyphonida) with a revision of the British Carboniferous Uropygi. *Zoologischer Anzeiger*, **234**: 293–306.
- Dunlop, J.A. & Martill, D.M. 2002. The first whipspider (Arachnida: Amblypygi) and three new whipscorpions (Arachnida: Thelyphonida) from the Lower Cretaceous Crato Formation of Brazil. *Earth and Environmental Science Transactions of The Royal Society of Edinburgh*, **92**: 325–334. doi:10.1017/S0263593300000262
- Dunlop, J. A. 1998. A fossil whipscorpion from the Lower Cretaceous of Brazil. *The Journal of Arachnology*, **26**: 291–295.
- Garwood, R.J. & Dunlop, J.A. 2023. X-ray microtomography of the late Carboniferous whip scorpions (Arachnida, Thelyphonida) *Geralinura britannica* and *Proschizomus petrunkevitchi*. *Journal of Systematic Palaeontology*, **21**: 2180450. doi:10.1080/14772019.2023.2180450
- Harvey, M.S. 2003. *Catalogue of the smaller arachnid orders of the world*. Collingwood, Csiro, 398 p.
- Haupt, J. 2000. Biologie der Geisselskorpione (Uropygi: Thelyphonida). *Memorie della Società Entomologica italiana*, **78**: 305–319.
- Heimhofer, U. & Martill, D.M. 2007. The sedimentology and depositional environment of the Crato Formation. In: D. M. Martill, G. Bechly & R. F. Loveridge (eds.). *The Crato Fossil Beds of Brazil – Window into an Ancient World*. Cambridge University Press, 44–63.
- Kušta, J. 1884. *Thelyphonus bohemicus* n. sp ein fossiler Geisselskorpion aus der Steinkohlenformation von Rakonitz. *Sitzungsberichte der Koeniglich-Boehmischen Gesellschaft der Wissenschaft, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse*, **1884**: 194–208.
- Laurentiaux-Viera, F. & Laurentiaux, D. 1961. *Prothelyphonus neerlandicus*, nov. sp. Uropyge du Westphalien du Limbourg, Hollandais. *Mededeelingen van de Geologische Stichting*, **13**: 29–34.
- Neumann, V.H. 1999. *Estratigrafia, Sedimentologia, Geoquímica y Diagenesis de los Sistemas Lacustres Aptienses-Albienses de la Cuenca de Araripe Nororeste do Brasil*. Facultat de Geologia e UB, Universitat de Barcelona, Tese Doutorado, 233 p.
- Pocock, R.I. 1911. A monograph of the terrestrial Carboniferous Arachnida of Great Britain. *Monographs of the Palaeontographical Society*, 84 p. doi:10.5962/bhl.title.46330
- Scholtz, G. & Kamenz, C. 2006. The book lungs of Scorpiones and Tetrapulmonata (Chelicerata, Arachnida): Evidence for homology and a single terrestrialisation event of a common arachnid ancestor. *Zoology*, **109**: 2–13. doi:10.1016/j.zool.2005.06.003
- Scudder, S.H. 1884. A contribution to our knowledge of Paleozoic Arachnida. *Proceedings of the American Academy of Arts and Science*, **20**: 13–22.
- Selden, P.A.; Dunlop, J.A. & Simonetto, L. A. 2016. Fossil whip-scorpion (Arachnida: Thelyphonida) from the Upper Carboniferous of the Carnic Alps (Friuli, NE Italy). *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, **122**: 7–12. doi:10.13130/2039-4942/6900

- Shultz, J.W. 1993. Muscular anatomy of the giant whipscorpion *Mastigoproctus giganteus* (Lucas) (Arachnida: Uropygi) and its evolutionary significance. *Zoological Journal of the Linnean Society*, **108**: 335–365. doi:10.1111/j.1096-3642.1993.tb00302.x
- Tetlie, O. E. & Dunlop, J. A. 2008. *Geralinura carbonaria* (Arachnida; Uropygi) from Mazon Creek, Illinois, USA, and the origin of subchelate pedipalps in whip scorpions. *Journal of Paleontology*, **82**: 299–312. doi:10.1666/06-138.1
- Varejão, F.G.; Warren, L.V.; Simões, M.G.; Fürsich, F.T.; Matos, S.A. & Assine, M.L. 2019. Exceptional preservation of soft tissues by microbial entombment: insights into the taphonomy of the Crato *Konservat-Lagerstätte*. *Palaios*, **34**: 331–48. doi:10.2110/palo.2019.041
- Varejão, F. G.; Warren, L. V.; Simões, M. G.; Buatois, L. A.; Mángano, M. G.; Rumbelsperger, A. M. B. & Assine, M. L. 2021. Mixed siliciclastic-carbonate sedimentation in an evolving an epicontinental sea: Aptian record of marginal marine settings in the interior basins of north-eastern Brazil. *Sedimentology*, **68**: 2125–2164. doi:10.1111/sed.12846
- Weygoldt, P. 1971. Notes on the life history and reproductive biology of the giant whip scorpion, *Mastigoproctus giganteus* (Uropygi, Thelyphonidae) from Florida. *Journal of Zoology*, **164**: 137–147. doi:10.1111/j.1469-7998.1971.tb01301.x
- World Uropygi Catalog. 2022. *World Uropygi Catalog*. Natural History Museum Bern, Bern. online at <http://wac.nmbe.ch>, accessed on (accessed 18 May 2023).
- Wunderlich, J. 2015. New and rare fossil Arachnida in Cretaceous Burmese amber (Amblypygi, Ricinulei and Uropygi: Thelyphonida). *Betraege zu Araneologie*, **9**: 409–436.
- Yoshikura, M. 1965. Postembryonic development of a whip scorpion *Typopelops stimpsonii* (Wood). *Kummamoto Journal of Science, Series B*, **7**: 21–50.

#### 4 CONCLUSÃO

Neste estudo, apresentamos um novo espécime de escorpião-vinagre (LP/UFC CRT 2798) da Formação Crato, Aptiano da Bacia do Araripe, Brasil. No geral, o exemplar estudado possui pedipalpos subquelados bem desenvolvidos, pernas II, III e IV estreitamente alongadas, perna I “anteniforme”, prossoma unido ao opistossoma segmentado por um fino pedicelo e flagelo delgado, colocam nosso fóssil morfologicamente “idêntico” aos escorpiões-vinagre atuais. Infelizmente, os escorpiões-vinagre do Crato não são suficientemente preservados, o que dificulta uma classificação taxonômica mais precisa.

Numerosos caracteres de grande importância taxonômica permanecem desconhecidas para os escorpiões-vinagre da Formação Crato; por exemplo, morfologia detalhada do pedipalpo,

forma da apófise patelar, presença de dimorfismo sexual secundário, além de outras estruturas de outras partes do corpo, como os omatóides abdominais, margens dorsais do prossoma, entre outras. Devido à incompletude dos escorpiões-vinagre da Formação Crato, apenas uma espécie, *Mesoproctus rowlandi*, foi proposta até o momento. Embora o espécime estudado aqui também esteja insuficientemente preservado, ele é maior em tamanho total do que outros espécimes da Formação Crato, elevando assim o tamanho máximo alcançado pela espécie.

Isso levanta questões sobre a posição taxonômica dos escorpiões-vinagre descritos na fauna do Crato. Dunlop & Martill (2002) apresentaram um grande escorpião-vinagre (MB.A. 1041) que é uma suposta espécie nova ou adulta de *M. rowlandi*, enquanto os demais (MB.A. 975, SMNS 64331, K28006) seriam juvenis (ou mesmo adultos ainda muito pequenos) formas da mesma espécie. O prossoma de nosso espécime é preservado apenas como um contorno que impede uma comparação fiel com o holótipo de Dunlop, 1998. No entanto, as dimensões do prossoma e as proporções do flagelo de LP/UFC CRT 2798 coincidem com indivíduos designados como *M. rowlandi*. Infelizmente, é difícil confirmar o tamanho do flagelo e nas proporções dos flagelômeros, uma vez que são caracteres não confiáveis para propósitos taxonômicos. Mesmo assim, não podemos descartar a possibilidade de que LP/UFC CRT 2798 seja a forma adulta do *M. rowlandi*, enquanto MB.A. 1041 é de fato uma espécie nova. Escolhemos definir o espécime estudado como *M. rowlandi* por dois motivos. A primeira razão está diretamente relacionada ao estado de conservação do fóssil, que não permite identificar diferenças morfológicas em relação a *M. rowlandi*. A segunda razão é que *M. rowlandi* já é conhecido da mesma bacia, então decidimos adotar a abordagem mais parcimoniosa. Aparecendo mais evidências, no futuro essa posição poderá ser revista.

## REFERÊNCIAS

- ASSINE, M.L.; PERINOTTO, J.A.J.; NEUMANN, V.H.; CUSTÓDIO, M.A.; VAREJÃO, F.G. & MESCOLOTTI, P.C. 2014. Sequências Depositionais do Andar Alagoas (Aptiano superior) da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, **22**(1): 3–28.
- ASSINE, M.L. Sedimentação e tectônica da Bacia do Araripe Nordeste do Brasil. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências e Ciências Exatas e UNESP, Rio Claro. 1990.
- ASSINE, M.L. 1992. Análise estratigráfica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil \_Revista Brasileira de Geociências. São Paulo Vol. 22(3):p. 289-300.
- ASSINE, M.L. Paleocorrentes e Paleogeografia na bacia do Araripe, Nordeste Brasil. Rev. Bras. de Geoc. v. 4, p. 223-232, 1994.
- ASSINE, M.L. 2007. Bacia do Araripe. *Boletim de Geociências Petrobrás*, **152**: 371–387.
- BARRALES-ALCALÁ, D.; FRANCKE, O.F. & PRENDINI, L. 2018. *Systematic Revision of the Giant Vinegaroons of the Mastigoproctus giganteus Complex (Thelyphonida: Thelyphonidae) of North America. Bulletin of the American Museum of Natural History*, **418**: 1–62.
- BEURLIN, K. 1962. A geologia da Chapada do Araripe. An. Acad. bras.Cienc., 34(3):365-370.
- BEURLIN, K. 1971. As Condições Ecológicas e Faciológicas da Formação Santana na Chapada do Araripe (Nordeste do Brasil). Anais Acad. Bras. Ciências. Rio de Janeiro. 43 (supl): 411-415.
- CAI, C. & HUANG, D. 2017. A new genus of whip-scorpions in Upper Cretaceous Burmese amber: Earliest fossil record of the extant subfamily Thelyphoninae (Arachnida: Thelyphonida: Thelyphonidae). *Cretaceous Research*, **69**: 100–105. doi:10.1016/j.cretres.2016.09.004
- CLOUSE, R. M.; BRANSTETTER, M. G.; BUENAVENTE, P.; CROWLEY, L. M.; MOIR, J. C.; GENERAL, D. E.; GIRIBET, G.; HARVEY, M. S.; JAMIES, D. A.; MOHAGAN, A. B.; SHARMA, P. P. & WHEELER, W. C. 2017. First global molecular phylogeny and biogeographical analysis of two arachnid orders (Schizomida and Uropygi) supports a tropical Pan-gean origin and mid-Cretaceous diversification. *Journal of Biogeography*, **44**: 2660–2672. doi:10.1111/jbi.13076
- DUNLOP, J. A. & HORROCKS, C. A. 1996. A new Upper Carboniferous whip scorpion (Arachnida: Uropygi: Thelyphonida) with a revision of the British Carboniferous Uropygi. *Zoologischer Anzeiger*, **234**: 293–306. Dunlop, J.A. & Penney, D. 2012. *Fossil arachnids*. Manchester, Siri Scientific Press, 192 p.
- DUNLOP, J.; A. & MARTILL, D., M. 2002. The first whipspider (Arachnida: Amblypygi) and three new whipscorpions (Arachnida: Thelyphonida) from the Lower Cretaceous Crato

- Formation of Brazil. *Earth and Environmental Science Transactions of The Royal Society of Edinburgh*, **92**: 325–334. doi:10.1017/S0263593300000262
- DUNLOP, J.A.& PENNEY, D. 2012. *Fossil arachnids*. Manchester, Siri Scientific Press, 192 p.
- DUNLOP, J. A. 1998. A fossil whipscorpion from the Lower Cretaceous of Brazil. *The Journal of Arachnology*, **26**: 291–295.
- GIUPPONI, A. P.; DEMITE, P. R.; FLECHTMANN, C. H.; HERNANDES, F. A.; MENDES, A. C.; MIGLIORINI, G. H.; MIRANDA, G. S. & SOUZA, T., G. 2018. Aracnídeos da Mata Atlântica. In: E. L. A. Monteiro-Filho & C. E. Conte (orgs). *Revisões em zoologia Mata Atlântica*, Editora UFPR, 195–235.
- HAUPT, J. 2000. Biologie der Geisselskorpione (Uropygi: Thelyphonida). *Memorie della Società Entomologica italiana*, **78**: 305–319.
- HARVEY, M. S. 2003. *Catalogue of the smaller arachnid orders of the world*. Collingwood, CSIRO, 398 p.
- LIMA, M.R. 1978. O paleoambiente deposicional da Formação Santana (Grupo Araripe) segundo evidências palinológicas. In: CONOR. BRAS. GEOL., 30. Recife, 1978. Anais... Recife, SBG. v. 2, p. 970-974.
- MABESOONE, J.M. & TINOCO, LM. 1973. Paleogeology of Aptian Santana Formation (Northeastern Brazil). *Palaeogeogr., Palaeoclim., Paleaeocol*, 14(2):87-118.
- MARTILL, D.M. 1993. Fossils of the Santana and Crato Formations, Brazil. The Paleontological Association; (London) Field Guides to Fossils. n.5, 159 p.
- MUELLER, S. P.; DUNLOP, J. A.; KOTTHOFF, U.; HAMMEL, J. U. & HARMS, D. 2020. The oldest short-tailed whip scorpion (Schizomida): A new genus and species from the Upper Cretaceous amber of northern Myanmar. *Cretaceous Research*, **106**: 104227. doi:10.1016/j.cretres.2019.104227
- NEUMANN, V.H. 1999. *Estratigrafia, Sedimentologia, Geoquímica y Diagenesis de los Sistemas Lacustres Aptienses-Albienses de la Cuenca de Araripe Noroeste de Brasil*. Facultad de Geología e UB, Universitat de Barcelona, Tese Doutorado, 233 p.
- NEUMANN, V.H.; BORREGO, A.G.; CABRERA, L. & DINO, R. *The Aptian-Albian lacustrine system of the Araripe Basin, northeastern Brazil: Paleoenvironmental and paleoclimatic significance of the recognized paleoflora*. In: LATIN-AMERICAN CONGRESS OF SEDIMENTOLOGY, 3., 2003, Belém, Abstract Book, Belém: IAS, 2003. p. 131–133. Weygoldt, P. & Paul, H.; 1979. Untersuchungen zur Morphologie, Taxonomie und Phylogenie der Chelicerata II. Cladogramme und die Entfaltung der Chelicerata. *Journal of zoological, systematic and evolutionary research*. **17**: 177–200. doi:10.1111/j.1439-0469.1979.tb00699.x
- NEUMANN, V. H.; CABRERA, L. 1999. Una Nueva Propuesta Estratigráfica para la Tectonosecuencia post-rifte de la Cuenca de Araripe, Noreste de Brasil. In: Bol. 5º Simpósio Sobre o Cretáceo do Brasil e 1º Simpósio Sobre el Cretácico de América Del Sur. Serra Negra-SP. UNESP, Rio Claro. p. 279-285.

- PONTE, F. C. & APPI, C.J. 1990. Proposta de revisão da coluna litoestratigráfica da Bacia do Araripe. In: CONOR. BRAS. GEOL., 36. Natal, 1990. Anais... Natal, SBG. v. 1. p. 211-226.
- PONTE, F.C.; PONTE FILHO, F.C. Estrutura geológica e evolução tectônica da Bacia do Araripe. Departamento Nacional de Produção Mineral, Recife. 1996.
- RAND, H.M.; MANSO, V.A.V. 1984. Levantamento gravimétrico e magnetométrico da Bacia do Araripe. In: CONOR. BRAS. GEOL., 33. Rio de Janeiro, 1984. Anais... Rio de Janeiro, SBG. v. 4, p. 2011-2016.
- SELDEN, P. A.; DUNLOP, J. A. & SIMONETTO, L. A. 2016. Fossil whip-scorpion (Arachnida: Thelyphonida) from the Upper Carboniferous of the Carnic Alps (Friuli, NE Italy). *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, **122**: 7–12. doi:10.13130/2039-4942/6900
- SHULTZ, J. W. 1993. Muscular anatomy of the giant whipscorpion *Mastigoproctus giganteus* (Lucas) (Arachnida: Uropygi) and its evolutionary significance. *Zoological Journal of the Linnean Society*, **108**: 335–365. doi:10.1111/j.1096-3642.1993.tb00302.x
- SHULTZ, J. W. (2007). *A phylogenetic analysis of the arachnid orders based on morphological characters*. *Zoological Journal of the Linnean Society*, **150**, 221–265.
- SILVA, A.L.; Neumann, V.H. 2002. Estratigrafia Física e Deformação do Sistema Lacustre Carbonático Aptiano-Albiano da Bacia do Araripe. Boletim do 2º Workshop PRH- ANP/ MCT.
- SMALL, H.I., 1913. Geologia e Suprimento de Água Subterrânea no Piauí e Parte do Ceará. Recife, Insp. Obras Contra Secas. 80 p. (Publicação 25).
- TITLIE, O. E. & DUNLOP, J. A. 2008. *Geralinura carbonaria* (Arachnida; Uropygi) from Mazon Creek. *Journal of Paleontology*, **82**: 299–312. doi:10.1666/06-138.1
- VIANA, M. S. S. & CAVALCANTI, V. M. M. 1991. Sobre a Estratigrafia da Formação Santana, Bacia do Araripe. *Revista de Geologia. UFC. Fortaleza*. 4:51-60.
- WEYGOLDT, P. 1971. Notes on the life history and reproductive biology of the giant whip scorpion, *Mastigoproctus giganteus* (Uropygi, Thelyphonidae) from Florida. *Journal of zoology*, **164**: 137–147. doi:10.1111/j.1469-7998.1971.tb01301.x
- WEYGOLDT, P.; & PAULUS, H. F. (1979). Untersuchungen zur Morphologie, Taxonomie und Phylogenie der Chelicerata. *Zeitschrift für zoologische Systematik und Evolutionsforschung*, **17**, 85–116, 177–200.
- WUNDERLICH, J. 2015. New and rare fossil Arachnida in Cretaceous Burmese amber (Amblypygi, Ricinulei and Uropygi: Thelyphonida). *Betraege zu Araneologie*, **9**: 409–436.
- ZHANG Z-Q. (2013) Phylum Arthropoda. In: Zhang Z-Q. (Ed.) *Animal Biodiversity: An Outline of Higher-level Classification and Survey of Taxonomic Richness* (Addenda 2013). *Zootaxa* 3703: 17–26.



## ANEXO A – EMPRÉSTIMO DE MATERIAL PARA ESTUDO



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS  
COLEÇÃO ZOOLOGICA

Cuiabá, 07 de outubro de 2021.

SETOR: INVERTEBRADOS (VIA ÚMIDA)  
INVOICE Nº 05/2021  
FOLHA: 2/1

( ) PERMUTA (*Exchange*); ( ) DEVOLUÇÃO (*Return*);  
( ) PARA IDENTIFICAÇÃO (*For identification*); ( X ) DOAÇÃO (*Gift*);  
( ) EMPRÉSTIMO POR (12) MESES, RENOVÁVEL A PEDIDO (*Loan for (12) months, renewable on request*).

Enviamos o material abaixo relacionado (*We have sent specimens listed below*):

3 espécimes de Thelyphonida do MT

**Total: 3 espécimes de Escorpiões-vinagre (Thelyphonida)**

No case of empréstimos de material não identificado ou de envio de material para identificação, a retenção de parte (até metade) dos exemplares de cada espécie identificada através do empréstimo é permitida com a condição de devolução de tipos primários.

In case of specimens sent unidentified (loan) or sent for identification, the retention of up to half of specimens of each species identified after the loan is permitted with the condition that any primary types must be returned.

Recebi o(s) exemplar(es) acima relacionado(s) / I received the specimens as above:

Marcio Mendes  
assinatura/signature  
Prof. Dr. Marcio Mendes  
Coord. do Lab. de Artrópodos  
de IFC

20/10/21  
data/date

To / Para: Prof. Dr. Marcio Mendes, Departamento de Geologia  
Universidade Federal do Ceará  
Av. Mister Hull, s/n°. Campus do Pici. Bloco 912 Fortaleza, Ceará.  
CEP 60440-554,

Prof. Dr. Amazonas Chagas Júnior  
Curador do Setor de Invertebrados (Via úmida) da Coleção Zoológica – IB- UFMT

**Solicitamos devolver a 2ª via, datada e assinada, para:**  
**Please send a signed copy to:**

Prof. Dr. Amazonas Chagas Júnior, Departamento de Biologia e Zoologia, Instituto de Biociências,  
Universidade Federal de Mato Grosso, Av Fernando Correa s/n, Boa Esperança, Cuiabá MT 78060-900,  
Brazil. amazonaschagas@gmail.com (65-3615-8871; 65-999901955)