



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

GABRIELA KARINE ROCHA DE CARVALHO

**HYMENOPTERA DO MEMBRO CRATO (APTIANO) DA FORMAÇÃO SANTANA,
BACIA DO ARARIPE**

FORTALEZA

2017

GABRIELA KARINE ROCHA DE CARVALHO

HYMENOPTERA DO MEMBRO CRATO (APTIANO) DA FORMAÇÃO SANTANA,
BACIA DO ARARIPE

Tese apresentada à Coordenação do Programa de Pós-graduação em Geologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Geologia. Área de concentração: Geologia

Orientador: Prof. Dr. Márcio Mendes
Coorientador: Dr. Michael Sharkey

FORTALEZA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C323h Carvalho, Gabriela Karine Rocha de.
Hymenoptera do membro crato (aptiano) da formação Santana, bacia do Araripe /
Gabriela Karine Rocha de Carvalho. – 2017.
103 f. : il. color.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de
Pós-Graduação em Geologia, Fortaleza, 2017.

Orientação: Prof. Dr. Márcio Mendes.

Coorientação: Prof. Dr. Michael Sharkey.

1. Fóssil. 2. Hymenoptera. 3. Membro Crato. 4. Formação Santana. 5. Cretáceo. I. Título.

CDD 551

GABRIELA KARINE ROCHA DE CARVALHO

HYMENOPTERA DO MEMBRO CRATO (APTIANO) DA FORMAÇÃO SANTANA,
BACIA DO ARARIPE

Tese apresentada à Coordenação do Programa de Pós-graduação em Geologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Geologia. Área de concentração: Geologia

Aprovada em: 21 / 07 / 17

BANCA EXAMINADORA

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

Profa. Dra. Karen Adami Rodrigues
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Prof. Dr. Daniel Bezerra das Chagas
Universidade de Fortaleza (UNIFOR)

Prof. Dr. Francisco Roberto de Azevedo
Universidade Federal do Cariri (UFCA)

Prof. Dr. José de Araújo Nogueira Neto (UFC)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Ao Senhor, Soberano, Criador e Sustentador de todas as coisas, ao Deus que por mim tudo executa.

Porque dEle, por Ele e para Ele são todas as coisas.

(Rm 11:36)

AGRADECIMENTOS

Sou muito grata pelas colaborações da professora Dra. Helena Hessel pelo apoio, atenção, incentivo e todo o tempo investido. Agradeço ao Dr. Michael Sharkey e sua equipe do *Hymenoptera Institute*. Ao Dr. José de Araújo Nogueira Neto, Dr. Daniel Bezerra das Chagas, Dra. Karen Adami Rodrigues e Dr. Francisco Roberto de Azevedo pela amizade, incentivo e sugestões de melhoria. Ao professor Dr. Márcio Mendes, meu orientador, tenho grande gratidão por aceitar o desafio e confiar no meu trabalho, me apoiando quando eu mais precisei. À minha família, agradeço sinceramente por sempre me oferecer todas as condições para vencer esse desafio. Com muito carinho, agradeço à família Porto Santiago por me receber de forma amorosa durante o período de estudo em Fortaleza. Agradeço também às famílias Snelling, Bottorf e todos os demais amigos que me acompanharam de perto especialmente nesses últimos dois anos. Sou grata ao meu amado Caleb Haynes por seu cuidado, carinho, atenção e suas orações que me fortaleceram e me incentivaram. Sou grata ao meus pastores Fabiano Oliveira, Ricardo Leite e Herbeson Tavares por suas orações, assim como aos membros da igreja da qual participo, por todo apoio e amizade. Meus agradecimentos ao curso de pós-graduação da UFC pelo suporte científico e financeiro. Agradeço também a CAPES pelo apoio financeiro sob a forma de Bolsa de Doutorado e Doutorado Sanduíche. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Meus sinceros agradecimentos a todos que direta ou indiretamente auxiliaram na elaboração deste trabalho.

RESUMO

O presente trabalho descreve novos espécimes de himenópteros provenientes dos calcários laminados do Membro Crato (Aptiano) da Formação Santana, Bacia do Araripe, que afloram na cidade de Nova Olinda, sul do Estado do Ceará. Também apresenta o estado atual do conhecimento dos fósseis dessa ordem., assim como a tafonomia, ecologia e paleogeografia das famílias encontradas no Membro Crato durante o Eocretáceo. O estudo de 47 exemplares de Hymenoptera das coleções revelou a ocorrência de onze famílias e 21 espécies. Dentre esses, foram descritos um espécime de Siricidae, com gênero e espécie nova, um gênero novo e duas novas espécies de Sapygidae, e a presença de dois gêneros já descritos, um de Ephialtitidae, com uma espécie nova, e outro para Sphecidae, com três novas espécies. Na Bacia do Araripe, o número de representantes da subordem Symphyta ainda é pouco, sendo conhecidas apenas as famílias Siricidae e Sepulcidae. Os Apocrita são mais diversificados, com os Parasitica reunindo formas de Ichneumonoidea, †Ephialtitidae, Proctotrupidae, †Mesoserphidae, Pteromalidae e Evaniidae. Os Aculeata com espécies de Sphecidae (os mais abundantes e diversos), Sapygidae, Rhopalosomatidae, Scolidae, Tiphidae, Vespidae e Formicidae, sendo essa última questionada. Os himenópteros do Membro Crato estão preservados por substituição mineral, articulados, com asas abertas e pernas extendidas, mostrando maior número de espécimes fêmeos do que machos, sem larvas conhecidas. É uma fauna não muito distinta das principais himenopterofaunas eocretáceas conhecidas (Espanha, Mongólia, China, Rússia, Inglaterra e Austrália), compartilhando alguns gêneros.

Palavras-chave: Fóssil. Hymenoptera. Membro Crato. Formação Santana. Cretáceo.

ABSTRACT

The present work describes new specimens of hymenoptera from limestone of the Crato Member (Aptian) of the Santana Formation, Araripe Basin, which appear in the city of Nova Olinda, southern Ceará State. It also presents the current state of knowledge of the fossils of this order, as well as the taphonomy, ecology and paleogeography of the families found in the Crato Member during the Early Cretaceous. The study of 47 specimens of Hymenoptera from the collections revealed the occurrence of eleven families and 21 species. Among these, a specimen of Siricidae, with genus and new species, a new genus and two new species of Sapygidae, and the presence of two genera described, one of Ephialtitidae, with a new species, and another for Sphecidae and three new species were described. In the Araripe Basin, the number of representatives of the suborder Symphyta is still low, with only the families Siricidae and Sepulcidae known. The Apocrita are more diversified, with the Parasitica assembling forms of Ichneumonoidea, Ephialtitidae, Proctotrupidae, Mesoserphidae, Pteromalidae and Evaniidae. The Aculeata with species of Sphecidae (most abundant and diverse), Sapygidae, Rhopalosomatidae, Scoliidae, Tiphiidae, Vespidae and Formicidae, the latter being questioned. The hymenoptera of Crato Member are preserved by mineral substitution, articulated, with open wings and extended legs, showing more number of female specimens than males, without known larvae. It is a fauna not very distinct from the main known eocretácea hymenopterofaunas (Spain, Mongolia, China, Russia, England and Australia), sharing some genera.

Keywords: Fossil. Hymenoptera. Crato Member. Santana Formation. Cretaceous.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Bacia do Araripe e a porção aflorante da Formação Santana	22
Figura 2 -	Coluna estratigráfica simplificada da Bacia do Araripe	23
Figura 3 -	Afloramento em pedra de Crato na Mina Triunfo, município de Nova Olinda, sul do Ceará (07°07'26"S e 39°41'58"W)	25
Figura 4 -	Posição e orientação de um himenóptero hipotético	29
Figura 5 -	Principais estruturas e divisões de um Symphyta hipotético, em vista dorsal e lateral	29
Figura 6 -	Principais estruturas e divisões de um Apocrita hipotético, em vista dorsal e lateral	30
Figura 7 -	Principais estruturas da antena de um Hymenoptera hipotético	31
Figura 8 -	Principais estruturas da perna	32
Figura 9 -	Principais nervuras longitudinais encontradas numa asa hipotética de um inseto	33
Figura 10 -	Nervuras das asas de um representante dos Symphyta, <i>Macroxyela sp</i>	34
Figura 11 -	Nervuras das asas de um representante de Apocrita, <i>Helcon sp</i>	34
Figura 12 -	Células das asas de um representante de Symphyta, <i>Macroxyela sp</i>	35
Figura 13 -	Células das asas de um representante dos Apocrita, <i>Helcon sp.</i>	35
Figura 14 -	Distribuição paleogeográfica de Siricidae no Eocretáceo (Brasil e Inglaterra)	43
Figura 15 -	Distribuição paleogeográfica de Sepulcidae no Eocretáceo (Brasil, Inglaterra, Rússia e Mongólia)	44
Figura 16 -	Distribuição paleogeográfica de Ephialtitidae no Eocretáceo (Brasil, Espanha, Rússia e China)	45
Figura 17 -	Distribuição paleogeográfica de Pteromalidae no Eocretáceo (Brasil)	45
Figura 18 -	Distribuição paleogeográfica de Rhopalossomatidae no Eocretáceo (Brasil)	46
Figura 19 -	Distribuição paleogeográfica de Tiphidae no Eocretáceo (Brasil)	46

Figura 20 - Distribuição paleogeográfica de Sapygidae no Eocretáceo (Brasil)	47
Figura 21 - Distribuição paleogeográfica de Sphecidae no Eocretáceo (Brasil, Inglaterra, Espanha, Rússia, Mongólia e China)	47
Figura 22 - Distribuição paleogeográfica de Scoliidae no Eocretáceo (Brasil, Mongólia, Espanha, China)	48
Figura 23 - Distribuição paleogeográfica de Formicidae no Eocretáceo (Brasil)	49
Figura 24 - Imagens em MEV do exemplar FPH-1966-I mostrando detalhes de preservação	51
Figura 25 - Foto de himenópteros e outros insetos mortos em uma piscina comprovando a forma que estes indivíduos apresentam quando dispostos em ambiente aquoso	52
Figura 26 - Foto de himenópteros e outros insetos mortos em uma piscina	53
Figura 27 - The Araripe Basin and the Santana Formation outcropping	56
Figura 28 - Simplified stratigraphic column from Araripe basin	57
Figura 29 - Crato Member quarry outcrop at Triunfo Mine, Nova Olinda, south of Ceará (07°07'26"S e 39°41'58"W)	57
Figura 30 - <i>Olindicum gen.et sp. nov.</i> , holotype specimen FPH-1971-I, forewing photography showing cells	60
Figura 31 - <i>Olindicum gen.et sp. nov.</i> , holotype specimen FPH-1971-I, forewing venation photography showing veins	61
Figura 32 - <i>Olindicum gen.et sp. nov.</i> , holotype specimen FPH-1971-I, forewing venation drawing. Scale 2 mm	61
Figura 33 - <i>Archisphex hesselae sp. nov.</i> , holotype specimen FPH-1970-I, forewing photography showing cells and venation	69
Figura 34 - <i>Archisphex hesselae sp. nov.</i> , holotype specimen FPH-1970-I, forewing drawing. Scale 2 mm	69
Figura 35 - <i>Archisphex hesselae sp. nov.</i> , holotype specimen FPH-1970-I, habitus photography	70
Figura 36 - <i>Archisphex arturi sp. nov.</i> , holotype specimen DNPM-3603, habitus photography	71
Figura 37 - <i>Archisphex arturi sp. nov.</i> , holotype specimen DNPM-3603,	

	forewing showing cells and venation photography	72
Figura 38 -	<i>Archisphex arturi</i> sp. nov. , holotype specimen DNPM-3603, forewing drawing. Scale 2 mm	72
Figura 39 -	<i>A 1</i> sp. nov., holotype specimen FPH-1969-I, forewing venation photography	
Figura 40 -	<i>A 1</i> sp. nov., holotype specimen FPH-1969-I, forewing venation drawing. Scale 2 mm	81
Figura 41 -	<i>A 1</i> sp. nov., holotype specimen FPH-1969-I, forewing venation photography showing details of preservation	81
Figura 42 -	<i>A 1</i> sp. nov., holotype specimen FPH-1969-I, habitus photography	82
Figura 43 -	<i>A 2</i> sp. nov., holotype specimen FPH-1972-I, forewing venation photography	83
Figura 44 -	<i>A 2</i> sp. nov., holotype specimen FPH-1972-I, forewing venation drawing. Scale 2 mm	83
Figura 45 -	<i>A 2</i> sp. nov., holotype specimen FPH-1972-I, habitus photography	84
Figura 46 -	<i>Angarosphex 1</i> sp.nov., holotype specimen FPH-1968-I, habitus photography	86
Figura 47 -	<i>Angarosphex 1</i> sp.nov., holotype specimen FPH-1968-I, forewing venation photography	86
Figura 48 -	<i>Angarosphex 1</i> sp.nov., holotype specimen FPH-1968-I, forewing venation drawing. Scale 2 mm	87
Figura 49 -	<i>Trigonalopterus 1</i> sp. nov., holotype specimen DNPM-3604, habitus photography	89
Figura 50 -	<i>Trigonalopterus 1</i> sp. nov., holotype specimen DNPM-3604, forewing venation photography	90
Figura 51 -	<i>Trigonalopterus 1</i> sp. nov., holotype specimen DNPM-3604, forewing venation drawing. Scale 2 mm	90
Figura 52 -	<i>Trigonalopterus 1</i> sp. nov., holotype specimen DNPM-3604, ovipositor photography	91
Figura 53 -	<i>C 1</i> sp. nov., holotype specimen LP UFC CRT 804, habitus photography	92

Figura 54 - <i>C 1</i> sp. nov., holotype specimen LP UFC CRT 804, forewing venation photography	93
Figura 55 - <i>C 1</i> sp. nov., holotype specimen LP UFC CRT 804, forewing venation drawing. Scale 2 mm	93
Figura 56 - <i>D 1</i> sp. nov., holotype specimen NOL 04-014, forewing venation photography	95
Figura 57 - <i>D 1</i> sp. nov., holotype specimen NOL 04-014, forewing photography	96
Figura 58 - <i>D 1</i> sp. nov., holotype specimen NOL 04-014, forewing drawing. Scale 2 mm	96
Figura 59 - <i>E 1</i> sp. nov., holotype specimen FPH-1967-I, habitus photography	97
Figura 60 - <i>E 1</i> sp. nov., holotype specimen FPH-1967-I, forewing venation photography	98
Figura 61 - <i>E 1</i> sp. nov., holotype specimen FPH-1967-I, forewing venation drawing. Scale 2 mm	99

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Táxons de Hymenoptera encontrados no Membro Crato da Formação Santana na Bacia do Araripe	36
Quadro 2 - Novas descrições propostas para Hymenoptera	37
Quadro 3 - Número de exemplares baseado na revisão bibliográfica, visita a acervos e material da UFC, DNPM, Phoenix, USP e UFRJ	40

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
1.1	Bacia do Araripe	21
1.2	Membro Crato	23
2	OBJETIVOS	26
3	MÉTODOS	27
4	ESTADO ATUAL DO CONHECIMENTO	36
4.1	Ecologia	40
4.2	Paleogeografia dos Hymenoptera do Membro Crato no Eocretáceo	43
4.3	Tafonomia	49
5	NEW GENUS OF SIRICIDAE (HYMENOPTERA, SYMPHYTA) FROM CRATO MEMBER (APTIAN), ARARIPE BASIN, BRAZIL	54
6	TWO NEW SPECIES OF <i>ARCHISPHEX</i> (HYMENOPTERA: SPHECIDAE) FROM CRATO MEMBER (APTIAN), ARARIPE BASIN, BRAZIL	66
7	OUTRAS DESCRIÇÕES DE NOVOS HYMENOPTERA DO MEMBRO CRATO	79
8	CONCLUSÃO	100
	REFERÊNCIAS	102

1 INTRODUÇÃO

A Bacia do Araripe é conhecida como um dos depósitos fossilíferos mais interessantes do mundo. Nele está preservado uma grande diversidade de material paleontológico e em específico uma das entomofaunas mais diversificadas do Cretáceo.

Os Hymenoptera compõem uma das quatro maiores ordens da classe Insecta, juntamente com os Coleoptera, Lepidoptera e Diptera (MANSON, HUBER, 1993). São representados por vespões, vespas, formigas e abelhas, estas muito envolvidas no processo de polinização das angiospermas.

A ordem Hymenoptera está reunida em duas subordens; Symphyta e Apocrita. A subordem Symphyta agrupa os vespões e as vespas-da-madeira e eles mostram feições mais basais, como tórax largamente ligado ao abdômen, asas com nervuras e células fechadas em maior número e ovipositor em geral usado para perfurar tecidos vegetais, pois são fitófagos, xilófagos ou fungívoros (MANSON, HUBER, 1993).

A subordem Apocrita agrupa as verdadeiras vespas, as formigas e abelhas. São caracterizadas por uma 'cintura' bem marcada, o que resulta em uma constrição entre o primeiro e segundo segmento abdominal fundido com o primeiro tergo do tórax. As asas apresentam um menor número de nervuras transversais e longitudinais e células fechadas. O ovipositor libera um fluido para paralisar ou matar a presa, pois em geral se alimentam de outros insetos e aranhas (MANSON; HUBER, 1993).

Nessa ordem há cerca de 107 famílias com registro fóssil hoje conhecida, sendo dentre essas 99 famílias ainda existentes (CARVALHO; HESSEL, 2012; MANSON; HUBER, 1993). Sua história geológica começa a partir do Jurássico, onde os himenópteros são insetos relativamente comuns, apresentando um longo período de grande diversificação (do Neojurássico ao Terciário), quando surgiram mais de 80% de todas as 107, e são principalmente representados por vespas. Aparentemente a extinção que afetou os organismos ao final do Cretáceo também afetou os himenópteros. Esse período mostram o maior número de famílias extintas de sua história.

Os ambientes adequados à vida dos himenópteros são os terrestres, seja na forma larval ou adulta, principalmente nas áreas ao redor de corpos d'água. Como eles não vivem em mar aberto, são bons indicadores da presença de terras emersas. São encontrados em climas tropicais e também mais amenos, como temperados e temperados frios, mas nunca polares.

A maioria das vespas da sub ordem dos Symphyta, por terem alguma dificuldade para voar, encontra-se em climas úmidos (GAULD; BOLTON, 1988; NOYES, 1989; GASTON, 1991; STORK, 1991; HANSON; GAULD, 1995; GRIMALDI; ENGEL, 2005). Vespas e abelhas polinizadoras de angiospermas parecem acompanhar a distribuição geográfica destas, que não ocorrem nos climas muito frios e árticos das altas latitudes.

Atualmente, os Symphyta ocorrem principalmente em áreas tropicais úmidas e os Apocrita, em regiões mais temperadas (GRISSELL, 1999). Os himenópteros machos vêm de partenogenia arrenótoca, sendo assim haplóides, o que os torna mais vulneráveis na competição por alimento com as fêmeas, morrendo assim ainda no período larval. Existem machos diplóides, em especial nos aculeatas sociais, mas normalmente eles também não sobrevivem ao período larval (GRIMALDI; ENGEL, 2005). Por isso, em geral, as formas adultas são fêmeas.

Os Symphyta adultos, exceto os da família Orussidae, são fitófagos e a grande maioria se alimenta de flores e folhas. Suas larvas, que têm na folhagem sua alimentação exclusiva, possuem a forma de lagarta (eruciforme), assim como as espécies que perfuram frutas ou troncos de árvore (GAULD; BOLTON, 1988).

As larvas de algumas formas de Apocrita são parasitoide ou predadoras de outros insetos, invertebrados ou vegetais. Os adultos se alimentam principalmente de flores, seiva e outros materiais da planta, enquanto que as espécies parasitoide se alimentam dos fluidos dos hospedeiros parasitados.

Vários Apocrita possuem uma dieta alimentar baseada em uma única espécie vegetal, enquanto outros se alimentam de forma variada, com duas ou mais espécies como fonte de alimento. Há formas que são secundariamente fitófagas, alimentando-se de grãos de pólen, endosperma de sementes e causadores de galha.

Neste trabalho foi realizada uma detalhada revisão bibliográfica, preparo de material, estudos comparativos de gêneros e espécies de himenópteros fósseis do Eocretáceo nas principais himenopterofaunas.

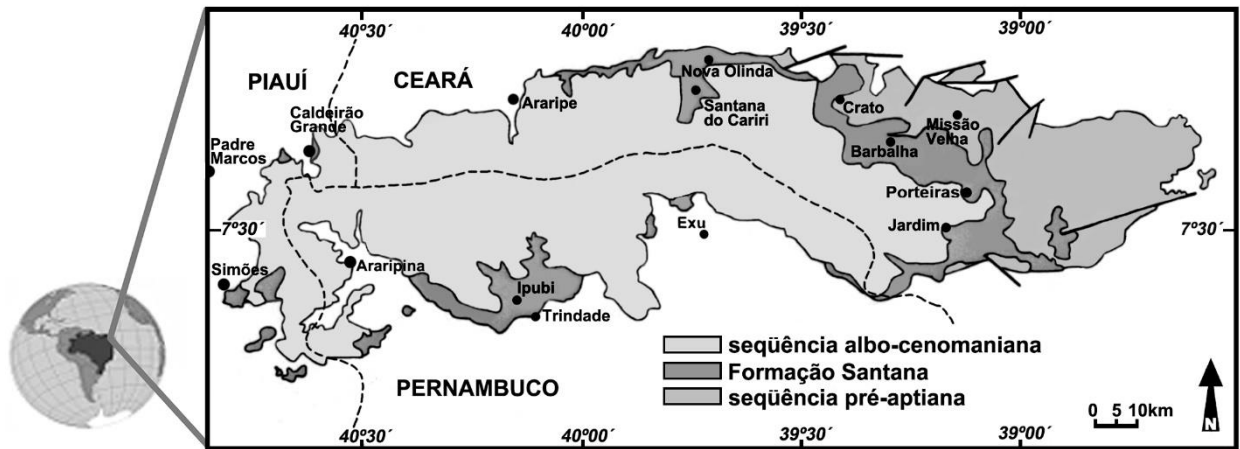
Essa tese inclui informações relacionadas às identificações e descrições de novas formas de himenópteros fósseis com o reconhecimento de novas famílias, gêneros e espécies existentes no Eocretáceo no Araripe, e uma revisão da literatura dessas unidades taxonômicas.

Há também comparações com outros himenópteros fósseis de diferentes ocorrências geográficas e sua interpretação buscando inferir características paleoambientais e contribuir para o conhecimento da história geológica da Bacia do Araripe, assim como a distribuição temporal e as modificações das características diagnósticas para cada grupo taxonômico.

1.1 Bacia do Araripe

A Bacia do Araripe é a maior das bacias interiores mesozoicas do Nordeste brasileiro e está em terrenos pré-cambrianos na parte central do planalto da Borborema (ARAI; CARVALHO; CASSAB, 2004). Está localizada entre 7° e 8° de latitude Sul e 38°30' e 41° de longitude Oeste, numa área que compreende o sul do Estado do Ceará, o noroeste de Pernambuco e o leste do Piauí (BRITO-NEVES, 1990) (Fig.1). A feição geomorfológica de chapada se destaca na paisagem do sertão nordestino, com altitudes que atingem de 600 a 1000m (MENON; MARTILL, 2007). É alongada na direção L-W, tendo seu eixo maior aproximadamente 240km e largura de cerca de 80km, perfazendo assim uma área total estimada em 12.000km² (ARAI; CARVALHO; CASSAB, 2004).

Figura 1 - Bacia do Araripe e a porção aflorante da Formação Santana



Fonte: Assine (1990) modificado por Bruno e Hessel (2006).

Durante o Siluro-Ordoviciano depositaram-se os arenitos médios e grossos da Formação Cariri, correspondendo à deposição em um sistema fluvial entrelaçado com provável contribuição eólica. Discordantemente sobre ela, ocorrem os clásticos silicosos e argilosos das formações Brejo Santo e Missão Velha, de idade neojurássica, depositadas respectivamente em ambiente lacustre e fluvial/eólico, e constituindo o registro de uma grande e rasa bacia.

Esta seqüência é sobreposta por rochas arenosas eocretáceas da Formação Abaiara, cujo topo é truncado por uma superfície erosional, conhecida como discordância pré-aptiana.

Sucedendo a novo hiato estratigráfico, depositou-se a Formação Araripina, caracterizada por arenitos finos e siltitos argilosos de origem fluvial, por sobre a qual repousa discordantemente uma sucessão de siliciclastos fluviais, litologicamente correspondendo a arenitos quartzosos, friáveis e argilosos, fruto de correntes entrelaçadas e meandranes, de provável idade albo-cenomaniana, da Formação Exu.

Figura 2 - Coluna estratigráfica simplificada da Bacia do Araripe

GEOCRONOLOGIA		LITOESTRATIGRAFIA	
MESOZOICO	CRETÁCEO	CENOMANIANO	Formação Exu
		?	
		ALBIANO	Formação Araripina
		?	Formação Santana Membro Romualdo
		NEOAPTIANO	Formação Santana Membros Crato/Ipubi
	EOCRETÁCEO		Formação Barbalha
			Formação Abaiara
	JURÁSSICO	NEOJURÁSSICO	Formação Missão Velha
			Formação Brejo Santo
	PALEOZOICO	SILURIANO	
ORDOVICIANO		Formação Cariri	
PRECAMBRIANO		embasamento cristalino (granito)	

Fonte: adaptado de Assine (2007).

1.2 Membro Crato

Dentre as unidades estratigráficas da Bacia do Araripe (Fig.2), a Formação Santana é a que apresenta maior riqueza fossilífera, sendo portanto, a de maior interesse para o presente trabalho. Nela são reconhecidos três membros: na base, encontram-se os membros Crato constituído por calcários finamente laminados com abundantes fósseis, e Ipubi, com sedimentação predominantemente evaporítica, onde se intercalam gipsita, anidrita, folhelhos fossilíferos e carbonatos; e no topo está o Membro Romualdo, constituído por arenitos finos, folhelhos margosos com concreções carbonáticas bastante fossilíferas, e níveis coquinóides no topo, que registram uma possível influência marinha em sua origem.

O Membro Crato aflora em bancos descontínuos com espessuras que ultrapassam um pouco a 20m. Compõe-se predominantemente por calcários finamente laminados, onde ocorrem abundantes fragmentos de algas filamentosas

em conjunto com uma flora e fauna taxonomicamente muito diversificadas e excepcionalmente bem preservadas.

Caracteriza-se por camadas centimétricas de calcarenitos maciços e uma sequência com acamamento rítmico de lâminas escuras e claras (Fig.3), resultado da precipitação autigênica de calcita da coluna de água acima, provavelmente induzida e/ou mediada por atividade pico- e fitoplanctônica (HEIMHOFER *et al.*, 2010). A ritmicidade litológica e a diversidade fossilífera sugerem que existiram variações ambientais locais que devem também ter condicionado a biota que vivia no entorno do corpo aquoso onde os sedimentos do Membro Crato se depositaram (MENON; MARTILL, 2007). O Membro Crato da Formação Santana é conhecido e famoso mundialmente pela qualidade da preservação dos fósseis, tanto vegetais como animais, sendo uma das biotas terrestres cretáceas do mundo mais ricas. A fauna preservada nos calcários laminados do Membro Crato compreende representantes de vertebrados e invertebrados. Dentre estes, há o predomínio dos artrópodos e, em particular, os insetos, tanto em abundância numérica, quanto em diversidade taxonômica. A maioria das atuais ordens de insetos está representada em excelente estado de preservação, incluindo delicados tecidos e padrões de coloração (MENON; MARTILL, 2007).

Um estudo estatístico entre 3.651 exemplares de insetos provenientes do Membro Crato realizado por Bechly (1998) mostra que os terrestres Blattaria, Orthoptera e Hemiptera são as formas mais abundantes, ainda que efêmeras (Ephemeroptera), libélulas (Odonata), besouros (Coleoptera), moscas e mosquitos (Diptera) e vespas (Hymenoptera) sejam bastante frequentes.

A qualidade da preservação dos fósseis do Membro Crato aparentemente é consequência de diversos fatores, como pequeno transporte, decomposição inibida por condições anóxicas e de elevada salinidade no fundo aquático, e o rápido desenvolvimento de filme microbiano (SUCERQUIA *et al.*, 2008). A diagênese com formação de pirita ou piroluzita (por redução do sulfato sob condições anóxicas) durante os estágios iniciais do soterramento resultou na rápida substituição da cutícula, sincronicamente com o decaimento bacteriológico.

Figura 3 - Afloramento em pedreira do Membro Crato na Mina Triunfo, município de Nova Olinda, sul do Ceará (07°07'26"S e 39°41'58"W)



Fonte: Fotografia fornecida pela orientadora da autora.

2 OBJETIVOS

O objetivo principal desta tese é identificar e descrever as formas de himenópteros fósseis coletados nos calcários laminados do Membro Crato, visando o melhor entendimento do registro dessa ordem no Eocretáceo da Bacia Araripe.

Esta tese tem os seguintes objetivos específicos:

- a) conhecer o maior número de exemplares da ordem nas coleções de instituições de pesquisa, museus e laboratórios de Paleontologia das universidades brasileiras;
- b) apresentar o estado da arte dos himenópteros fósseis da Bacia do Araripe;
- c) sumarizar as informações paleogeográficas das famílias, gêneros e espécies de himenópteros fósseis identificadas e descritas;
- d) comparar as principais himenopterofaunas;
- e) analisar aspectos biológicos, ecológicos e tafonômicos atuais e comparar com os fósseis.

3 MÉTODOS

Os exemplares examinados tem origem de coletas realizadas por estudantes e trabalhadores na mina Triunfo entre 2012 e 2015. Também foram analisados os espécimes emprestados da coleção da Fundação Paleontológica Phoenix, Aracajú, Sergipe, do Departamento Nacional de Produção Mineral-DNPM/Crato e da Universidade Federal do Ceará-UFC.

A mina encontra-se na cidade de Nova Olinda, sul do Ceará e está localizada pelas coordenadas 07°07'26"S e 39°41'58"W, a cerca de 3km ao sul da desse município. Nessa mina os calcários laminados do Membro Crato afloram em contato com a base do Membro Romualdo da Formação Santana (Fig. 3). É formada predominantemente por camadas centimétricas de calcarenitos maciços e uma sequência com acamamento rítmico de lâminas escuras e claras de calcário micrítico.

Foram realizadas visitas nos acervos Universidade de São Paulo-USP e Universidade Federal do Rio de Janeiro-UFRJ. Também foram analisadas as fotografias e dados coletados anteriormente da coleção do *American Museum of Natural History* em New York, durante estágio do mestrado da autora dessa tese.

Para o estudo dos himenópteros, inicialmente foi realizada análise sobre sua morfologia, características diagnósticas, descrições anteriores, distribuição temporal e geográfica, tanto de formas fósseis como atuais. Foram consultadas materiais das bibliotecas do Instituto de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal do Ceará (Fortaleza) e do *American Museum of Natural History* (New York) e *Hymenoptera Institute* (Kentucky), assim como das bibliotecas particulares do Dr. David Grimaldi, Dr. James Carpenter (New York) e Dr. Michael Sharkey (Kentucky), Dr. Márcio Mendes, Dr. Francisco Roberto de Azevedo e da Dra. Maria Helena Hessel.

Houve também a supervisão do Dr. Michael Sharkey do *Hymenoptera Institute*, na *University of Kentucky*, Estados Unidos, para auxiliar na descrição dos exemplares, através do programa de Doutorado Sanduíche com duração de 12 meses (fevereiro 2014 à fevereiro de 2015). Dr. Sharkey é o responsável pelo *Hymenoptera Institute* no Departamento de Entomologia da UK. Durante esse período foram observados as formas atuais, os holótipos e parátipos descritos por

ele e por outros pesquisadores, e os métodos de descrição e de estudo de características diagnósticas desse grupo também foram analisados.

Apesar do bom estado de preservação, foram preparados com finos estiletes e pinceis sob luz fria ao estereomicroscópio, exceto FPH-1965-I e LP UFC CRT 804. Os exemplares também foram fotografados em câmera digital Sony Cyber-shot DSC-W530 e JVC câmera digital acoplada a um microscópio Leica MZ16 e software Automontage.

No exemplar FPH-1965-I foi utilizada a câmera Nikon DS-Ri1 acoplado a Nikon Digital Sight DS-U3, software NIS-Elements-D 4.2 e microscópio Nikon SMZ18. No espécime LP UFC CRT 804 foi utilizada microscópio trinocular Olympus C011 e software Infinity Capture. As imagens de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) foram realizadas no microscópio JEOL JSM-6010 LA e FEI Quanta 650 FEG.

A escala dos desenhos das asas é de 2 mm. A orientação do corpo e a terminologia da venação da asa segue Huber e Sharkey (1993) e editadas em Adobe Photoshop 7.1, CS5 e Corel Draw X5. As figuras foram editadas em Adobe Photoshop CS6 e Corel Draw X5.

Os exemplares descritos apresentam as medidas em milímetros e seguem a terminologia padrão para orientação corporal e estrutural no estudo de himenópteros baseados em Huber, Sharkey e Fernández, 2006.

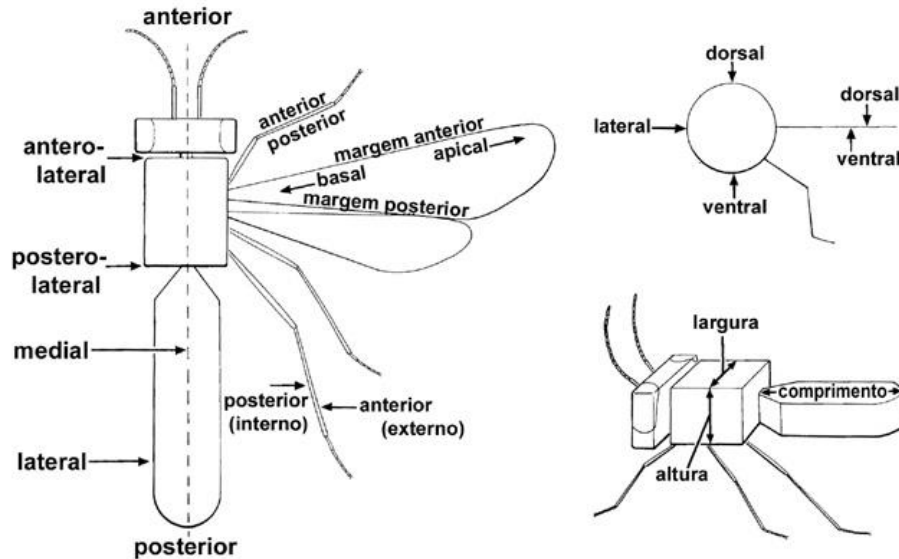
- anterior: no extremo ou em direção à cabeça
- posterior: no extremo ou em direção à parte de trás do corpo
- dorsal: superfície superior (para cima) do corpo ou da estrutura
- ventral: superfície inferior (debaixo) do corpo ou da estrutura
- medial: no centro ou em direção ao centro, ou área ou linha central do corpo ou da estrutura
- lateral: no lado ou em direção ao lado do corpo, ou na margem ou borda de uma estrutura.

Quanto aos apêndices (antenas, asas, pernas), os termos para definidos quanto à sua posição (Fig.4) são (HUBER; SHARKEY, 1993; HUBER *et al.*, 2006):

- apical: o extremo mais distante (ápice) do corpo
- distal: na ponta ou em direção à ponta
- basal: o extremo mais próximo (base) do corpo

- proximal: na base ou em direção à base

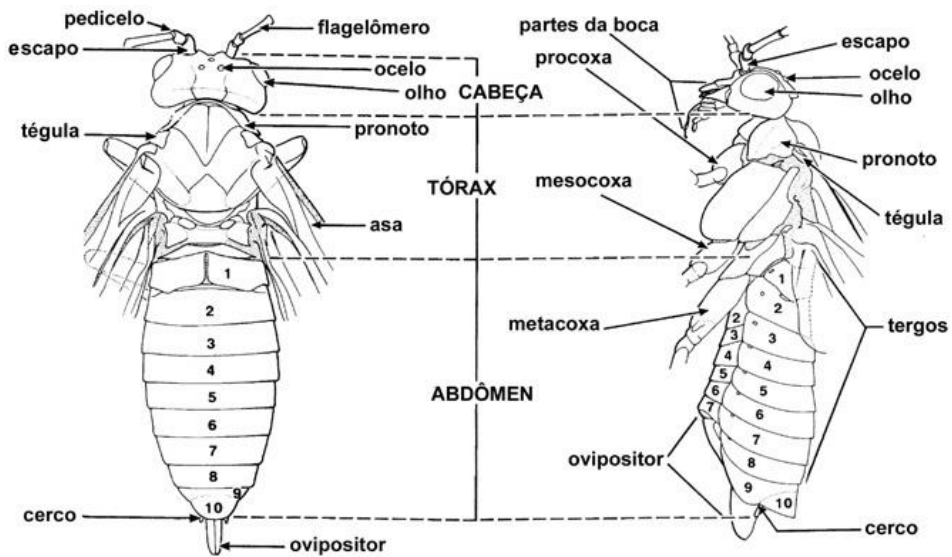
Figura 4 - Posição e orientação de um himenóptero hipotético



Fonte: modificado de Huber *et al.* (2006).

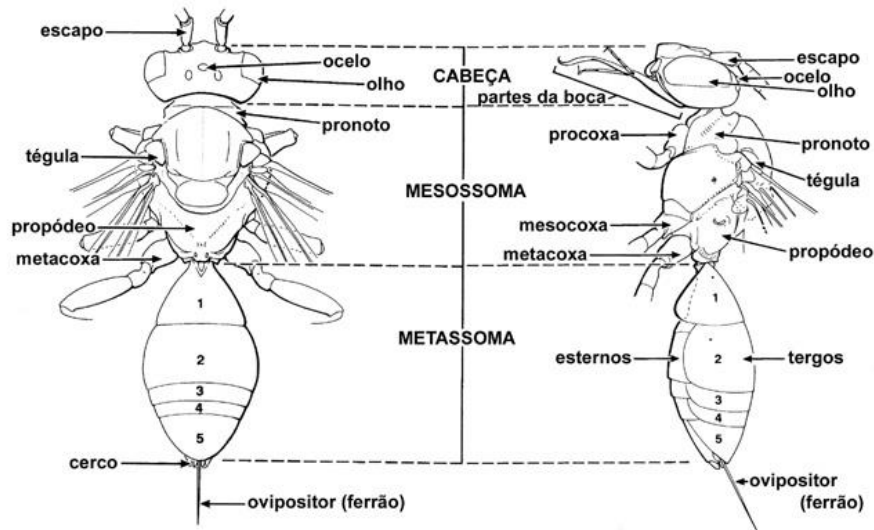
As partes e estruturas do exoesqueleto dos himenópteros são nomeadas por uma terminologia específica, como representado nas figuras 5 e 6.

Figura 5 - Principais estruturas e divisões de um Symphyta hipotético, em vista dorsal e lateral



Fonte: modificado de Huber e Sharkey (1993).

Figura 6 - Principais estruturas e divisões de um Apocrita hipotético, em vista dorsal e lateral

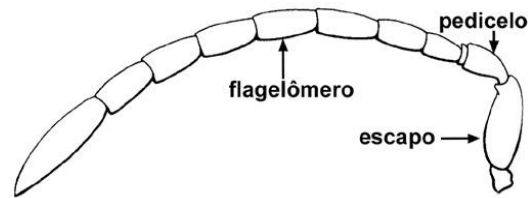


Fonte: modificado de Huber e Sharkey, 1993.

A cabeça pode ser composta por até seis partes, que podem subdividir-se, assumindo características diagnósticas dos vários grupos dos himenópteros. O aparelho bucal é mandibulado. A grande maioria dos himenópteros tem as antenas alongadas, constituídas por dez ou mais segmentos. Esses segmentos são constituídos pelo escapo, pedicelo e flagelômeros (Fig.7). Estão presentes também os ocelos (olhos simples) e olhos compostos. O mesossoma é composto de três principais segmentos: protórax, mesotórax e metatórax. Na presença de asas, o primeiro par (asas anteriores) encontra-se no mesotórax e o segundo par (asas posteriores) no metatórax.

Nos Apocrita, o primeiro segmento abdominal é ligado ao tórax formando o propódeo, e este, junto com o tórax, compõe o mesossoma. Cada segmento do tórax está dividido em área dorsal (noto), lateral (pleura) e ventral (esterno).

Figura 7 - Principais estruturas da antena de um Hymenoptera hipotético

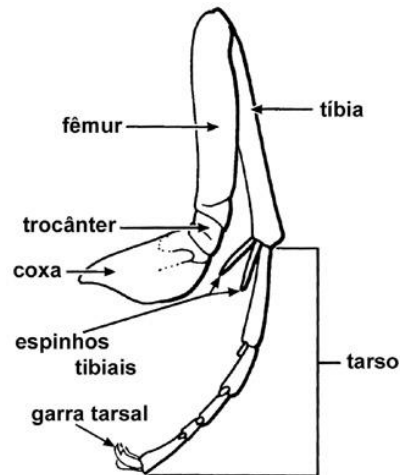


Fonte: modificado de Huber e Sharkey (1993).

As pernas constituem estruturas do mesossoma e em cada segmento torácico há um par de pernas anteriores (protorácicas), medianas (mesotorácicas) e posteriores (metatorácicas). São constituídas por coxa, trocânter, fêmur, tíbia e tarso, que é formado por cinco tarsômeros, sendo o primeiro chamado basitarso (Fig.8). O abdômen é formado primitivamente por 11 segmentos, mas, por fusões e perdas, apenas 10 são visíveis. Desses, um é fundido ao tórax formando o propódeo, permanecendo nove, que formam o metassoma. Um aspecto importante para reconhecimento de diversos taxa dos himenópteros é a placa pigidial, uma especialização do último tergo do metassoma, que se achata.

Nas fêmeas há uma estrutura para a deposição de ovos, o ovipositor, que pode ser retraído ou exposto, dependendo da espécie. O ovipositor é protegido pela bainha. Nos Aculeata o ovipositor se transformou em ferrão e não é mais utilizado para depositar ovos. Nos machos, a genitália é retraída (HUBER; SHARKEY, 1993).

Figura 8 - Principais estruturas da perna



Fonte: modificado de Huber e Sharkey (1993).

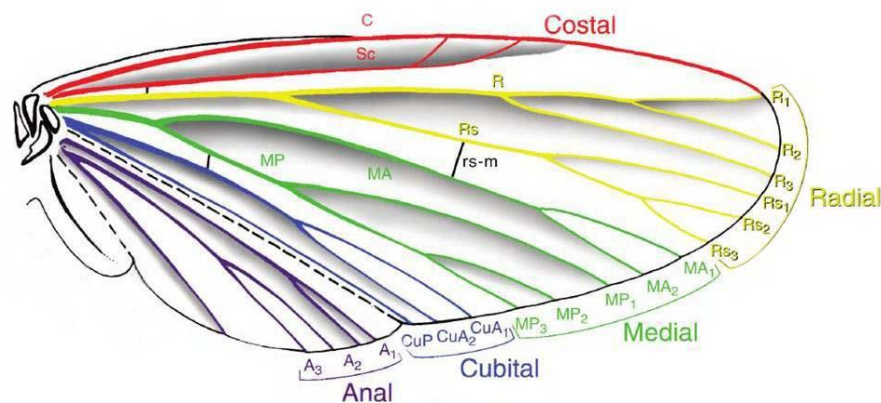
Nas formas aladas, há dois pares de finas asas membranosas com pouca nervação (em relação a outros insetos), quase ausente em espécies diminutas. As asas posteriores são menores do que as anteriores, e têm pequenos ganchos (*hamuli*) que se ligam à prega frenal (um tipo de canaleta) na margem posterior das asas anteriores, juntando-as, e assim atuando como um único aerofólio quando o inseto voa (VILHELMSSEN, 1997). Esta é uma autopomorfia dos himenópteros e sua presença é considerada confiável para o reconhecimento dessa ordem (MANSON; HUBER, 1993).

Algumas outras feições morfológicas, se em presença conjunta, são diagnósticas para esse grupo, como dois pares de asas membranosas de tamanho distinto, sem escamas, com quatro nervuras longitudinais (raramente cinco ou seis) que surgem das axilares, curvadas e pouco distintas. Por vezes ocorre a fusão da nervura costal com a subcostal. Na asa anterior, as nervuras anais não atingem a margem posterior da asa, e as nervuras transversais, raramente mais do que sete, distinguem-se pouco das longitudinais. A base da asa anterior é coberta por um esclerito arredondado chamado tégula. As asas anteriores geralmente têm um pterostigma na região mediana da margem anterior. Há duas áreas da asa que são importantes no estudo dos himenópteros: a região anal, que é triangular e separada pela dobra anal; e a região jugal, nem sempre presente, que está localizada na parte posterior da asa, atrás da nervura 1A.

Para o estudo das asas dos himenópteros e notação das nervuras e células (Figs 9-11), neste trabalho foi adotado o sistema proposto por Comstock & Needham (1898-1899) atualizado por Comstock (1918) e Ross (1936), segundo Grimaldi e Engel (2005):

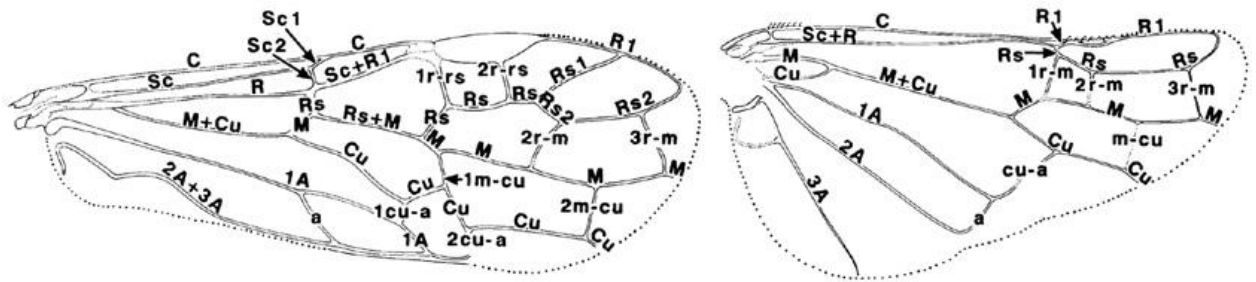
- costal (C+): geralmente na margem anterior ou bem atrás da asa; pode ter sua base na placa umeral (esclerito anterior da asa); caso exista uma pequena área membranosa anterior a C, é chamada de área pré-costal
- subcostal (Sc-): pode ter dois ramos e está em contato com o primeiro esclerito axilar
- radial (R): é composta pelo ramo original (R+) e o setor radial (Rs-) bifurcado, que, embora sendo a maior nervura longitudinal, não alcança diretamente o segundo esclerito axilar na base da asa
- medial (M): sua base toca a parte distal da placa medial; tem dois ramos principais que se bifurcam: a medial anterior (MA+) e a medial posterior (MP-)
- cubital (Cu): ligada à placa medial distal, tem dois ramos principais: a cubital anterior (CuA+) que normalmente se bifurca, e a cubital posterior (CuP-)
- anal (A+): nervura na parte mais posterior da asa, de número variável.

Figura 9 - Principais nervuras longitudinais encontradas numa asa hipotética de um inseto



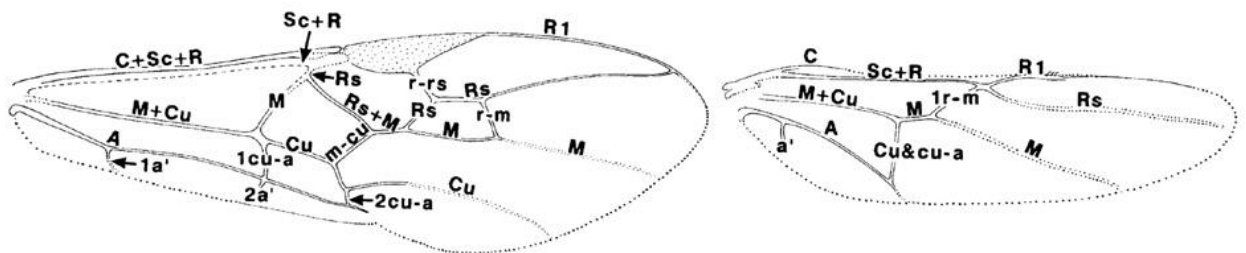
Fonte: Grimaldi e Engel (2005).

Figura 10 - Nervuras das asas de um representante dos Symphyta, *Macroxyela* sp



Fonte: modificado de Huber e Sharkey (1993).

Figura 11 - Nervuras das asas de um representante de Apocrita, *Helcon* sp



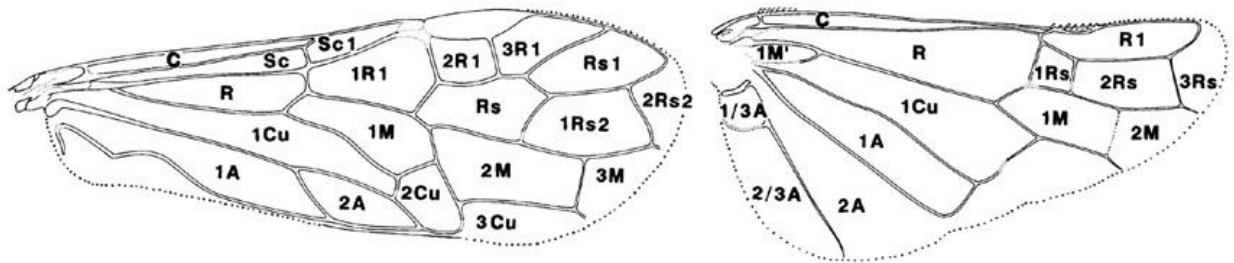
Fonte: modificado de Huber e Sharkey (1993).

Segundo Huber e Sharkey (1993), as células são áreas entre as nervuras, podendo ser fechadas, quando totalmente circundadas por nervuras, ou abertas, quando se estendem até a margem alar. Elas são localizadas através da seguinte nomenclatura (Figs 12-13):

C - costal	1R1 - primeira radial 1
Sc - subcostal	2R1 - primeira radial 2
Sc1 - subcostal 1	3R1 - primeira radial 3
R - radial	Rs - setor radial
Cu - cubital	1Rs - primeiro setor radial
1Cu - primeira cubital	2Rs - segundo setor radial
2Cu - segunda cubital	3Rs - terceiro setor radial
3Cu - terceira cubital	1+2Rs - primeiro e segundo setores radiais
1A - primeira anal	Rs1 - setor radial 1
2A - segunda anal	
1/3A - primeira, terceira anal	
2/3A - segunda, terceira anal	

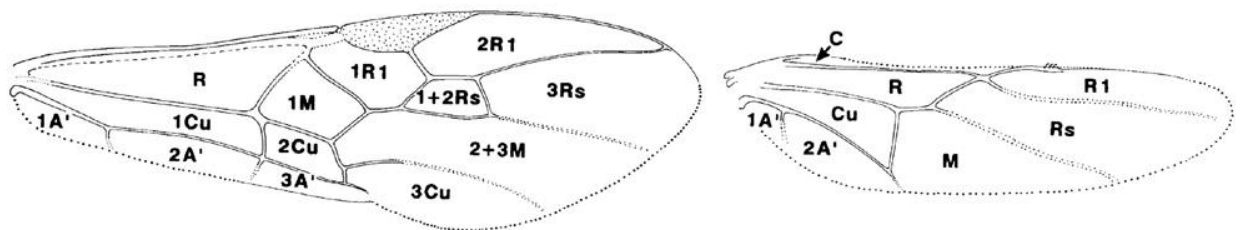
- 1Rs2 - primeiro setor radial 2
- 2Rs2 - segundo setor radial 2
- M - medial
- 1M - primeira medial
- 2M - segunda medial
- 3M - terceira medial
- 2+3M - segunda mais terceira medial.

Figura 12 - Células das asas de um representante de Symphyta, *Macroxyela* sp



Fonte: modificado de Huber e Sharkey (1993).

Figura 13 - Células das asas de um representante dos Apocrita, *Helcon* sp.



Fonte: modificado de Huber e Sharkey, 1993.

4 ESTADO ATUAL DO CONHECIMENTO

Os Hymenoptera compõem uma das quatro maiores ordens da classe Insecta, juntamente com os Coleoptera, Lepidoptera e Diptera (MANSON; HUBER, 1993), e são representados por vespões, vespas, formigas e abelhas. A ordem Hymenoptera Linnaeus 1758 reúne 107 famílias com representantes fósseis, de acordo com o levantamento de dados realizado por Carvalho e Hessel (2012), baseado em Labandeira (1994). O trabalho de Darling e Sharkey (1990), Martill em 1993 e o último compêndio publicado por Menon e Martill em 2007 mostram um número pequeno de espécies representadas apenas por algumas famílias, demonstrando assim uma baixa diversidade, comparado às outras himenopterofaunas do Éocretáceo.

Artigos publicados recentemente e análises realizadas nesse trabalho poderão contribuir para o melhor entendimento do estado da arte dos himenópteros fósseis da Bacia do Araripe. Atualmente foram publicadas descrições de 10 famílias e 14 espécies (Quadro 1), e como resultado desse trabalho são propostas a presença de mais uma família, a descrição de dois gêneros novos e sete espécies novas (Quadro 2).

Quadro 1 - Táxons de Hymenoptera encontrados no Membro Crato da Formação Santana na Bacia do Araripe

Família	gêneros e espécies
†Sepulcidae	<i>Prosyntaxis gouleti</i> Sharkey 1990
†Ephialtitidae	<i>Cratephialtites kourios</i> Sharkey 1990
Proctotrupidae	<i>Protoprocto asodes</i> Sharkey 1990
Pteromalidae	<i>Parviformosus wohlrabeae</i> Barling <i>et al.</i> (2013)
Formicidae	<i>Cariridris bipetiolata</i> Brandão; Martins Neto e Vulcano (1989)
Rhopalosomatidae	<i>Mesorhopalosoma cearae</i> Darling 1990
Sapygidae	<i>Cretofedtschenkia santanensis</i> Osten 2007
Scoliidae	<i>Cretaproscolia josai</i> Rasnitsyn & Martinez-Delclòs 1999 <i>Cretoscolia brasiliensis</i> Osten 2007 <i>Araripescolia magnifica</i> Nel, Escuillie, Garrouste, 2013.
Sphecidae	<i>Angarosphex parvus</i> Darling 1990 <i>Angarosphex magnus</i> Darling 1990 <i>Cretobestiola(?)</i> sp.
Tiphiidae	<i>Architiphia rasnitsyni</i> Darling 1990

Fonte: Elaborada pela autora.

Quadro 2 - Novas descrições propostas para Hymenoptera

Família	quantidade de gêneros e espécies
Siricidae	1 gênero novo e 1 espécie nova
†Ephialtitidae	Presença de 1 gênero já descrito e 1 espécie nova
Sapygidae	1 gênero novo e 2 espécies novas
Sphecidae	Presença de 1 gênero já descrito e 3 espécies novas

Fonte: Elaborada pela autora.

Na Bacia do Araripe, a família †Sepulcidae está representada por uma espécie, *Prosyntexis gouleti* Sharkey 1990, pois *P. legitima* Martins Neto, Melo & Prezoto 2007 é sinônimo junior de *P. gouleti* (JATTIOT; KROGMANN, 2011) e encontra-se depositada no Departamento Nacional de Produção Mineral-DNPM/Crato. Nessa publicação foram estudados mais 3 exemplares, e no presente trabalho foi analisado mais um espécime da coleção da Fundação Paleontológica Phoenix, Aracajú, Sergipe. O holótipo e um outro exemplar encontram-se no *American Museum of Natural History* (AMNH), contabilizando assim sete exemplares dessa espécie.

O primeiro representante de Siricidae é identificado, descrito e proposto nesse trabalho. A presença dessa família foi mencionada por Osten (2007) como ocorrente nos calcários laminados do Membro Crato, mas não teve uma descrição formal. O registro fóssil foi ilustrado em Menon e Martill (2007). São conhecidos assim a presença de dois exemplares, um depositado na coleção da Fundação Paleontológica Phoenix, Aracajú, Sergipe. E o exemplar citado em Menon e Martill (2007) está na coleção particular de Masayuki Murata, em Kyoto, Japão.

A família †Ephialtitidae está representada na Formação Santana por *Cratephialtites kourios* Sharkey 1990, do qual foram descritos dois exemplares do *American Museum of Natural History*. Existe um outro *C. kourios* na coleção do AMNH, apenas como material de análise. No presente trabalho foram analisados mais quatro exemplares, três deles de *C. kourios* e a presença de um espécime de um gênero já descrito no Neojurássico e espécie nova. São conhecidos então sete exemplares dessa família, sendo seis de *C. kourios*.

Da família Proctotrupidae há uma espécie representada na Bacia do Araripe, *Protoprocto asodes* Sharkey 1990, cujo holótipo e único exemplar está tombado na coleção do *American Museum of Natural History* em New York.

O registro da família Pteromalidae é mencionado e identificado pela primeira vez em 2013 por Barling *et al.* (2013), com a publicação do gênero e espécie nova, *Parviformosus wohlraabeae*. O único exemplar não está bem preservado e sua análise foi realizada a partir de imagens de escaneamento de microscopia eletrônica. O holótipo está depositado no *Staatliches Museum für Naturkunde Stuttgart*, Alemanha.

O primeiro himenóptero fóssil do Membro Crato foi descrito em 1989, e inicialmente identificado como sendo da família Formicidae, denominado *Cariridris bipetiolata* Brandão & Martins Neto 1989 (MARTINS NETO, 2005). Essa identificação foi questionada por outros pesquisadores, apesar de ter uma aparência com a subfamília Mirmeciinae, mas a preservação não possibilitava a análise de maiores detalhes de características diagnósticas do grupo e foi suposta atribuída a família Ampulicidae (GRIMALDI; ENGEL, 2005).

O registro de formigas no Cretáceo é muito raro, o que dá suporte ao questionamento da *C. bipetiolata* (GRIMALDI; AGOSTI, 2000; DLUSSKY; RASNITSYN, 1999). O exemplar descrito como Formicidae está depositado em uma coleção particular, o que dificulta acesso ao espécime. Osten (2007) e Menon e Martill (2007) mencionam o *C. bipetiolata*, também, como pertencente a Formicidae e fazem um registro fotográfico de mais um exemplar.

Darling e Sharkey (1990) também ilustram um espécime, porém o nomeiam como da família Sphecidae. Também foi analisado um exemplar da USP. Apesar dos questionamentos, a transferência dessa espécie para família Ampulicidae nunca foi publicada.

O espécime DNPM 3598 apresenta uma melhor preservação das asas, o que possibilitou a realização de uma análise comparativa com *Dolichurus heevansi*, gênero e espécie descrita por Michael Ohl (2004). Porém como o holótipo não foi examinado, o presente trabalho não propõe essa transferência. São conhecidos cinco exemplares de *C. bipetiolata*.

A espécie *Mesorhopalosoma cearae* Darling 1990 representa a família Rhopalosomatidae no Membro Crato. Ela é descrita a partir de dois exemplares que estão depositados no *American Museum of Natural History*.

A família Sapygidae na Bacia do Araripe está representada pela espécie *Cretofedtschenkia santanensis* Osten 2007, cujo holótipo está no *Staatliches*

Museum für Naturkunde Stuttgart. Posteriormente foi analisado mais um exemplar dessa espécie e está tombado no Laboratório de Paleontologia da Universidade Federal do Ceará. Nesse trabalho foram identificados e propostos um novo gênero e duas espécies de sapigídeos, baseados cada um em um exemplar. Sendo assim conhecidos quatro espécimes dessa família.

A família Scoliidae está representada por três espécies, *Cretaproscolia josai* Rasnitsyn & Martinez-Delclòs 1999, *Cretoscolia brasiliensis* Osten 2007 e *Araripescolia magnifica* Nel et al. (2013). O exemplar do *C.josai* está tombado na Universidade Autónoma de Madri, Espanha, o espécime de *Cretoscolia brasiliensis* pertence à coleção particular de Masayuki Murata (Museu Kitakyushu) em Kyoto (Japão), e a espécie mais nova dessa família publicada em 2013 está na no *Wyoming Dinosaur Center-Crato*, Wyoming, Estados Unidos. Mais três exemplares foram analisados, um deles é *A. magnifica*. Contabilizando assim, seis exemplares dessa família.

A família Sphecidae constitue uma grande parte dos himenópteros eocretáceos conhecidos no Membro Crato. Três espécies desta família foram reconhecidas nos calcários do Membro Crato: *Angarosphex magnus* Darling 1990, *Angarosphex parvus* Darling 1990 e *Cretobestiola* sp. (OSTEN, 2007). *Angarosphex magnus* foi descrito baseado em dois espécimes do *American Museum of Natural History* e a *A. parvus* a partir de três exemplares também depositados no AMNH. O *Cretobestiola* sp. é considerado tentativamente como um Sphecidae, e esse questionamento porém, ainda não foi resolvido. Como resultado desse trabalho, propõe-se que sejam adicionadas a essa família mais uma espécie de *Angarosphex* e duas espécies do gênero cretáceo já conhecido *Archisphex*. O maior número de exemplares está depositado no AMNH, UFC e na coleção da Fundação Paleontológica Phoenix, somando 35 espécimes. Da família Tiphiidae há uma espécie, a *Architiphia rasnitsyni* Darling 1990. Ela foi descrita baseada em um exemplar do *American Museum of Natural History*. Posteriormente, um outro fóssil da mesma espécie foi mencionado por Osten (2007), como também, dois exemplares que são relacionados tentativamente a esta espécie, mas que ainda não foram descritos. No presente trabalho foram identificados mais sete exemplares de *A. rasnitsyni*. Contabilizando assim onze exemplares. Também há o registro de alguns espécimes de himenópteros cuja má preservação não permite relacionar a

qualquer família conhecida, tendo sido descritos como formas *incertae sedis* (DARLING; SHARKEY, 1990). Há famílias e superfamílias de himenópteros listadas por Menon e Martill (2007) como ocorrentes no Membro Crato, porém os autores afirmam que seus representantes ainda não foram descritos, como Ichneumonoidea, Pompilidae, Vespidae e possivelmente Apidae.

Carvalho e Hessel (2012) também mencionam a presença de um exemplar de Crabronidae. Um espécime indeterminado da família †Mesoserphidae também é mencionado por Darling e Sharkey (1990). Krogmann e Nel (2012) identificam a espécie *Cratoenigma articulata* de família indeterminada. Em 2013, Krogmann *et al.* (2013) descrevem um espécime de Tenthredinoidea de família também indeterminada. Nesse trabalho também são descritos três exemplares de três famílias não identificadas.

Quadro 3 - Número de exemplares baseado na revisão bibliográfica, visita a acervos e material da UFC, DNPM, Phoenix, USP e UFRJ

Famílias	Número de exemplares
†Sepulcidae	7
Siricidae	2
†Ephialtitidae	7
Proctotrupidae	1
Pteromalidae	1
Formicidae	5
Rhopalosomatidae	2
Sapygidae	4
Scoliidae	6
Sphecidae	35
Tiphiidae	11

Fonte: Elaborada pela autora

4.1 Ecologia

Atualmente os representantes dos Hymenoptera são encontrados em climas tropicais e também mais amenos, como temperados e temperados frios, mas nunca polares. Os Symphyta ocorrem principalmente em áreas tropicais úmidas e os

Apocrita, em regiões mais temperadas (GRISSELL, 1999). Nos himenópteros, a metamorfose é completa (holometabolía). Após a eclosão das larvas, o inseto passa por três estádios: a larval, sem asas; a intermediária, denominada pupa, na qual o organismo fica quase imóvel dentro de um casulo e onde ocorrem profundas mudanças; e a de imago, alcançada após o animal passar por uma ecdise, atingindo então o estágio adulto, no qual pode reproduzir-se (BACHMANN, 2008).

A maioria dos Symphyta tem um único ciclo biológico por ano, passando o inverno como larva (em período final de desenvolvimento) ou como pupa em qualquer lugar onde obtenha proteção (solo ou planta parasitada), completando sua metamorfose na primavera. Poucos Symphyta passam o inverno na forma de ovos. Alguns podem permanecer até quatro anos como larva, e vários anos como pupa (GAULD; BOLTON, 1988).

A família Siricidae é encontrada em floresta temperada, com clima úmido. Estão presentes em áreas onde há árvores de coníferas ou angiospermas vivas, recém derrubadas, mortas ou que estão morrendo, fazendo buracos nelas. Os adultos voam entre junho até o início do outono. Eles não sobrevivem muitos dias, apesar de que a larva, em condições normais, pode permanecer na madeira entre dois à quatro anos, mas caso a árvore esteja derrubada e seca, a vida da larva pode ser prolongada por mais três ou quatro anos. (GAULD; BOLTON, 1988; HUBER; SHARKEY, 1993).

Os machos raramente são vistos pois passam boa parte da sua vida no topo das árvores onde o acasalamento acontece (CHRYSTAL, 1928). Eles podem ser uma praga e o muco injetado durante a oviposição pode causar danos a folhagem, deixando-a murcha e com coloração amarelada. Essa toxicidade varia em cada espécie, podendo trazer muito dano às árvores infestadas (SPRADBERY, KIRK, 1973; SPRADBERY, 1978).

Os representantes da família Proctotrupidae também são bem distribuídos por todas as regiões, mas algumas espécies são comuns em florestas com temperatura mais amena, taxa elevada de umidade e sombra. São mais diversos na região holártica. Os adultos parasitam larvas de coleópteros e dípteros encontradas debaixo da casca de árvores e restos de folhas em lugares úmidos, e também se alimentam de centopéias (GAULD; BOLTON, 1988; HUBER; SHARKEY, 1993; KOLYADA; MOSTOVSKI, 2007).

Os Tiphiidae estão presentes em regiões tropicais, e as larvas de seus representantes se alimentam de coleópteros. Na família Scoliidae a maioria é encontrada em regiões tropicais mas muitos também ocorrem em zonas de temperatura mais quentes. A larva dessa família é ectoparasita de coleópteros, geralmente escaravelhos e todas as espécies são solitárias.

Os Sphecidae mostram uma atividade alta em dias de temperatura quente. Os adultos se alimentam de néctar das flores, e a larva é carnívora, alimentando-se de insetos e aranhas que são fornecidas pelas fêmeas adultas, e algumas são predadoras de Lepidoptera. O ferrão serve para atacar a presa, paralisá-la e matá-la.

Os representantes de Formicidae são encontrados predominantemente em lugares de clima tropical. Apresentam um comportamento altamente organizado em sociedade. Essa família apresentam um dimorfismo sexual de leve à alto. Os indivíduos reprodutores de ambos os sexos são geralmente macrópteros. As larvas são alimentadas pelas operárias e tem uma dieta bem variada de origem animal e vegetal. (GAULD; BOLTON, 1988; HUBER; SHARKEY, 1993).

A família Sapygidae está distribuída na região paleoártica (Europa, Ásia, norte da África, Arábia e norte do Himalaia), e ausente na Austrália. Suas larvas são cleptoparasitas nas células de abelhas megachiline. Todas as espécies são solitárias, e as larvas também podem ser ectoparasitas de larvas de algumas famílias de abelhas.

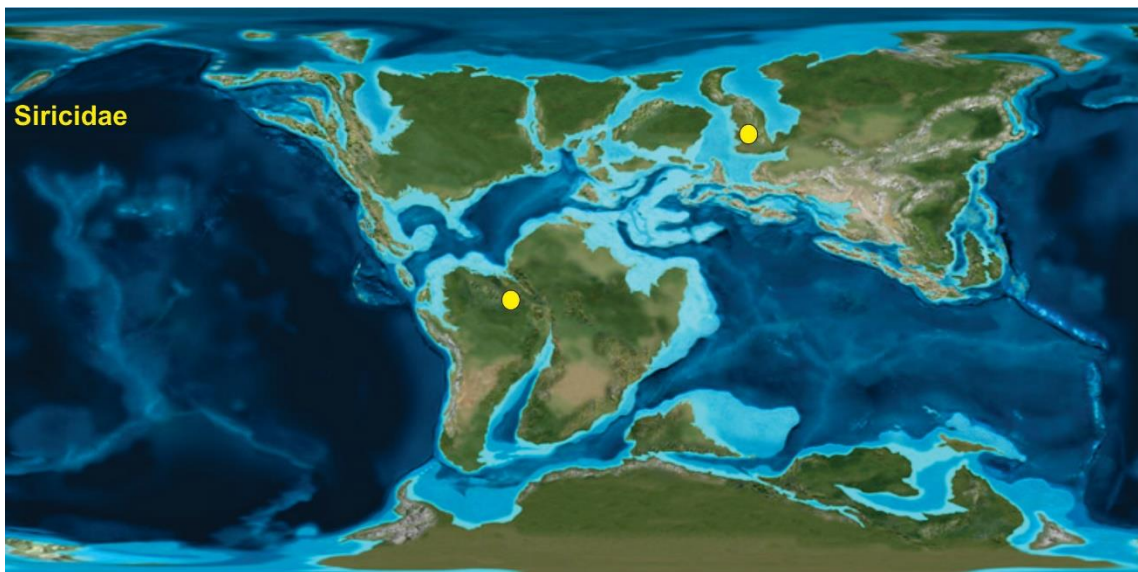
Os Rhopalossomatidae são bem distribuídos pelo mundo, mas raramente encontrado nas zonas mais quentes e de trópicos. As larvas são ectoparasitas de ninfas de Gryllidae. Formas macrópteras são geralmente noturnas, e as ápteras diurnas. Todas as espécies são solitárias. (GAULD; BOLTON, 1988; HUBER; SHARKEY, 1993).

Os Pteromalidae têm um estilo de vida extremamente variado, são ectoparasitas, endoparasitas, coinobiontes, idiobiontes (maioria) e predadores de ovos de vários insetos. Eles parasitam pupas de Diptera, Coleoptera, Hymenoptera, Lepidoptera e Siphonaptera. Um grande número de espécies ataca hospedeiros que já estão no tecido vegetal, tais como perfuradores de madeira, furadores de folhas e formadores de galhas. A fecundação varia em cada espécie, mas uma fêmea pode pôr cerca de 700 ovos. (GAULD; BOLTON, 1988).

4.2 Paleogeografia dos Hymenoptera do Membro Crato no Eocretáceo

A família Siricidae é conhecida desde o Eojurássico até hoje (Fig.14). Os seus representantes do Eocretáceo foram encontrados na Inglaterra (CARPENTER, 1992). Sendo então reconhecidos dois gêneros, mas apenas um publicado, *Myrmicium* Westwood 1854.

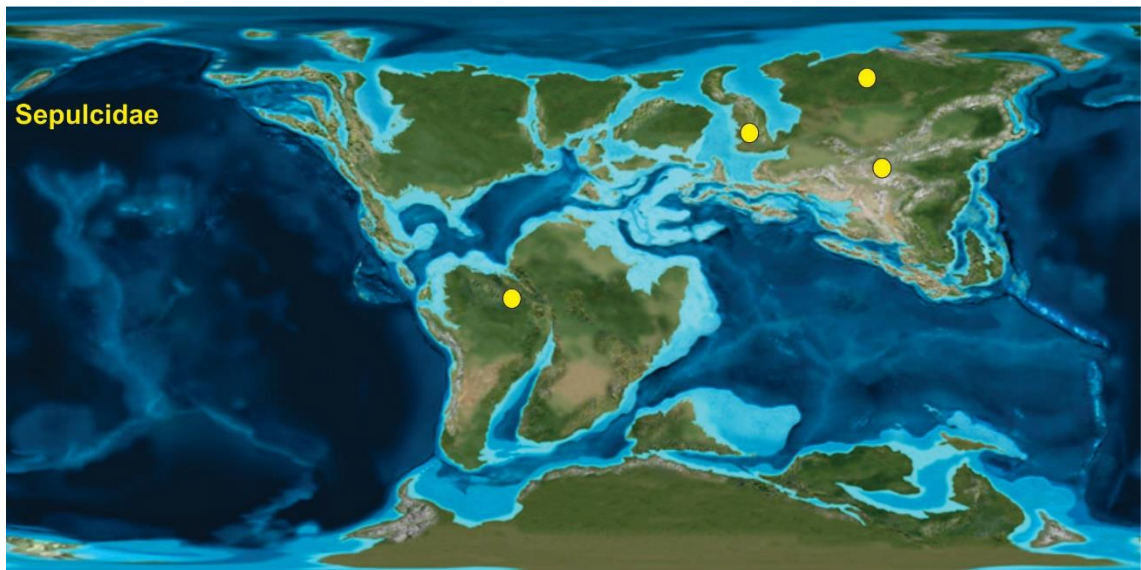
Figura 14 - Distribuição paleogeográfica de Siricidae no Eocretáceo (Brasil e Inglaterra)



Fonte: modificado de Scotese, 2001 baseado em Carpenter (1992).

A família Sepulcidae está registrada do início do Jurássico até o final do Cretáceo (Fig.15) (KOPYLOV; RASNITSYN, 2014). Durante o Eocretáceo eles são encontrados no Brasil, Inglaterra, Rússia e Mongólia (RASNITSYN, 1988; KOPYLOV; RASNITSYN, 2014). São conhecidos quatro gêneros, *Ghilarella* Rasnitsyn 1988 (Mongólia), *Trematothorax* Rasnitsyn 1988 (Rússia) e *Thoracotrema* Rasnitsyn 1988 (Rússia) e *Prosyntexis* Sharkey 1990 (Bacia do Araripe).

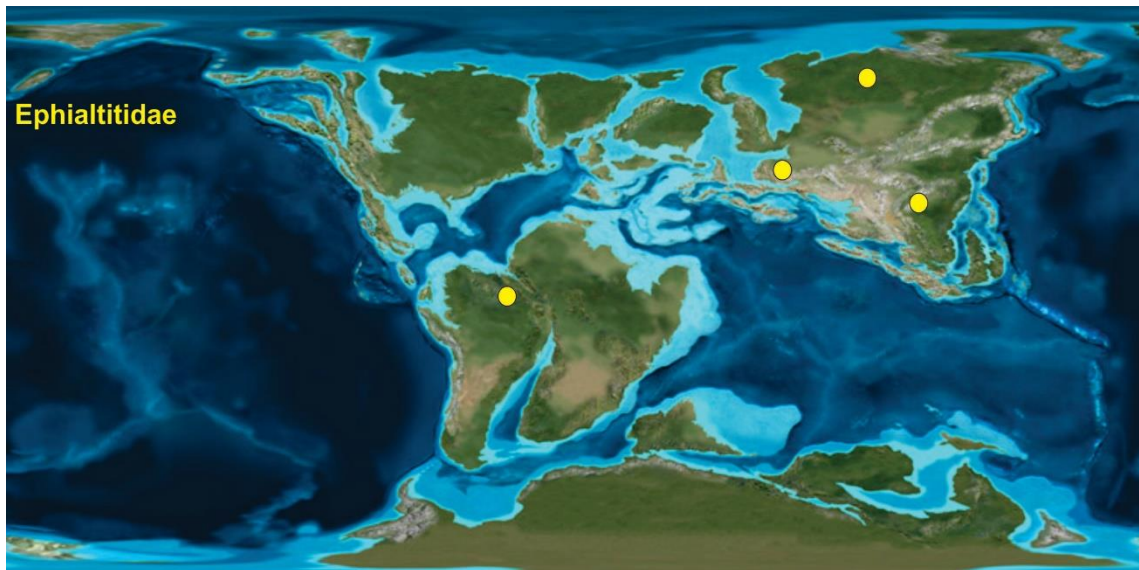
Figura 15 - Distribuição paleogeográfica de Sepulcidae no Eocretáceo (Brasil, Inglaterra, Rússia e Mongólia)



Fonte: modificado de Scotese (2001) baseado em Rasnitsyn (1988); Kopylov e Rasnitsyn (2014).

A Ephialtidae surge no Eojurássico e se extingue no Eocretáceo (Fig.16) e é uma das três famílias do Membro Crato com maior número de gênero, junto com Scoliidae e Sphecidae. Os gêneros dessa família são *Karataus* Rasnitsyn 1977, *Crephanogaster* Rasnitsyn 1990, *Cratophialtites* Rasnitsyn 1999, *Cretephialtites* Rasnitsyn & Ansoerge 2000, *Montsecephialtites* Rasnitsyn e Martínez-Delclòs 2000 e *Acephialtitia* Li *et al.* (2015) e são encontrados no Brasil, Espanha, Rússia e China. Ela tem o registro de quatro gêneros eocretáceos *Gurvanotrupes* Zhang 1985 (Mongólia e China), *Oligoneuroides* Zhang 1985 (China), *Protoprocto* Sharkey 1990 (Brasil), e um gênero não identificado na Austrália.

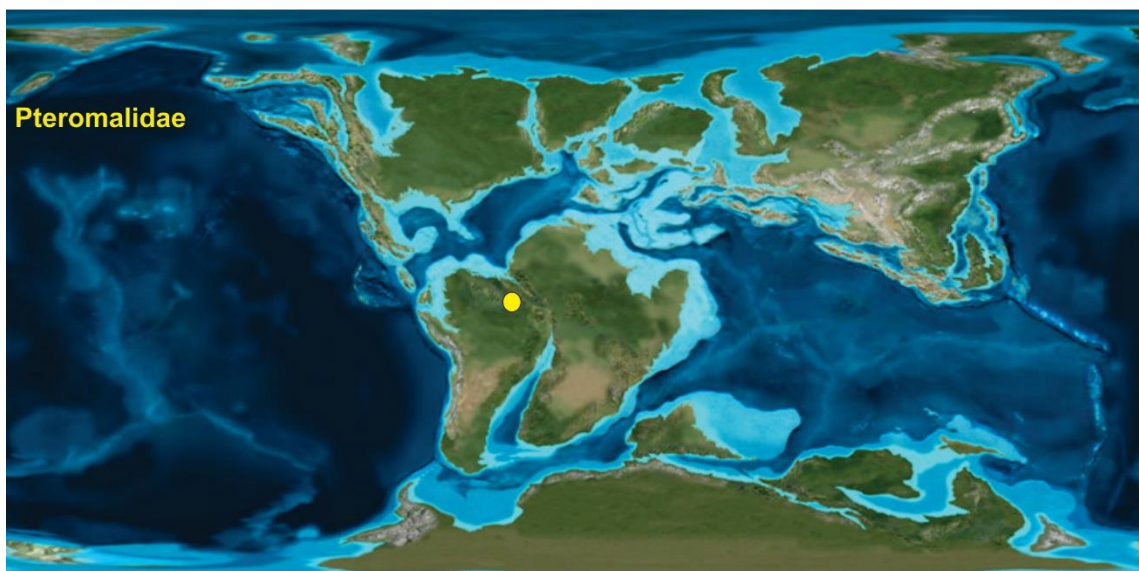
Figura 16 - Distribuição paleogeográfica de Ephialtitidae no Eocretáceo (Brasil, Espanha, Rússia e China)



Fonte: modificado de Scotese (2001) baseado em Rasnitsyn (1977, 1978, 1990, 1999); Rasnitsyn & Ansoerge (2000); Rasnitsyn; Martínez-Delclòs (2000); Li *et al.* (2015).

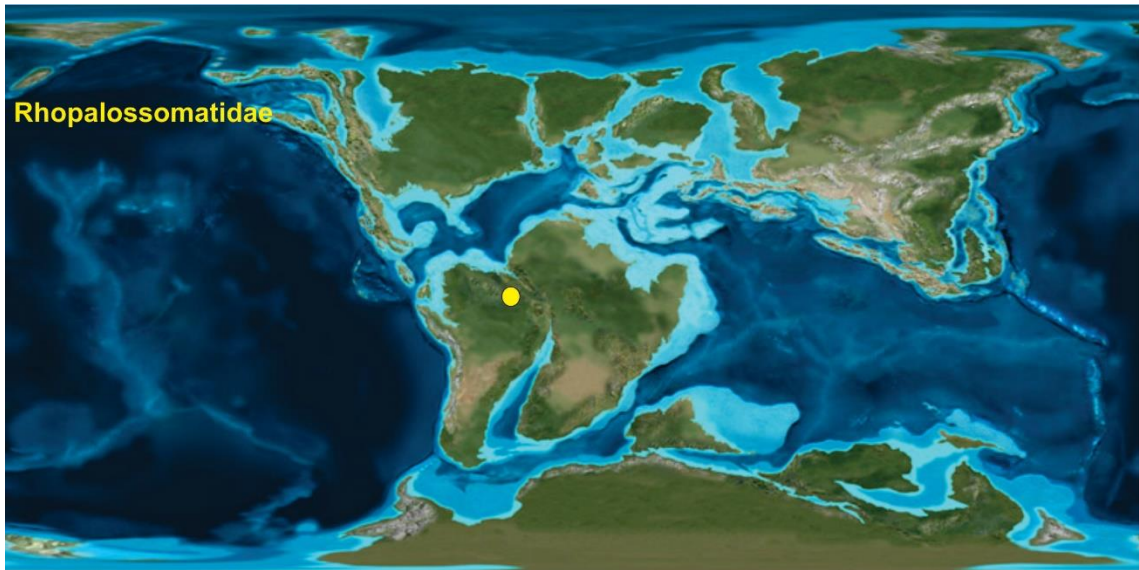
Há apenas um gênero representando as famílias Pteromalidae (Fig.17) (*Parviformosus* Barling *et al.* (2013)), Rhopalossomatidae (Fig.18) (*Mesorhopalosoma* Darling 1990) e Tiphidae (Fig.19) (*Architiphia* Darling 1990) no Eocretáceo. Todos eles estão registrados na Formação Santana no Brasil. Elas aparecem nesse período e ainda possuem representantes atuais.

Figura 17 - Distribuição paleogeográfica de Pteromalidae no Eocretáceo (Brasil)



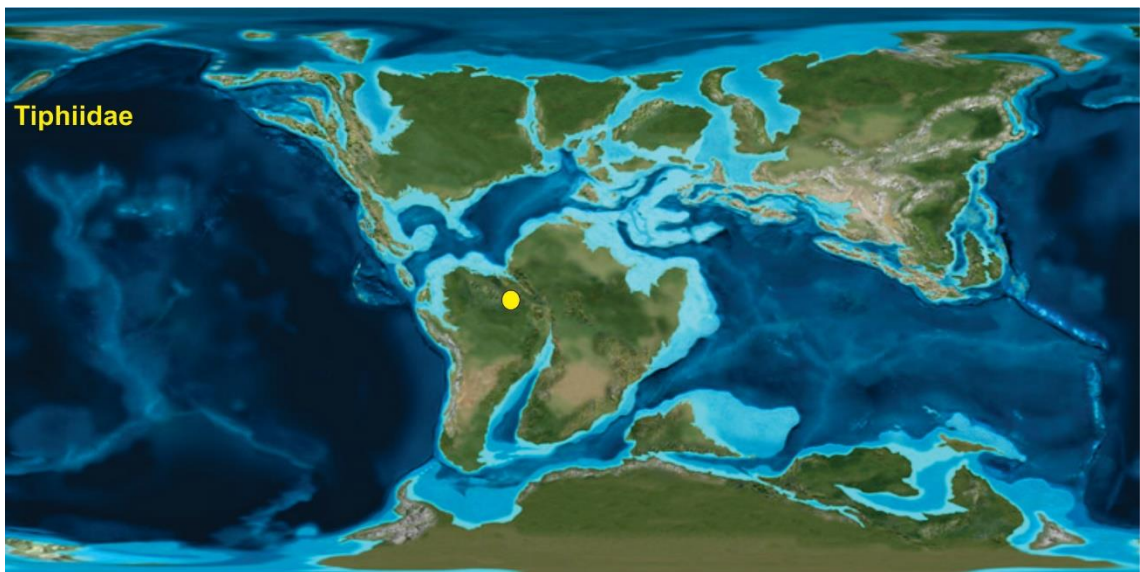
Fonte: modificado de Scotese (2001) baseado em Barling *et al.* (2013).

Figura 18 - Distribuição paleogeográfica de Rhopalossomatidae no Eocretáceo (Brasil)



Fonte: modificado de Scotese, 2001 baseado em Darling; Sharkey, 1990.

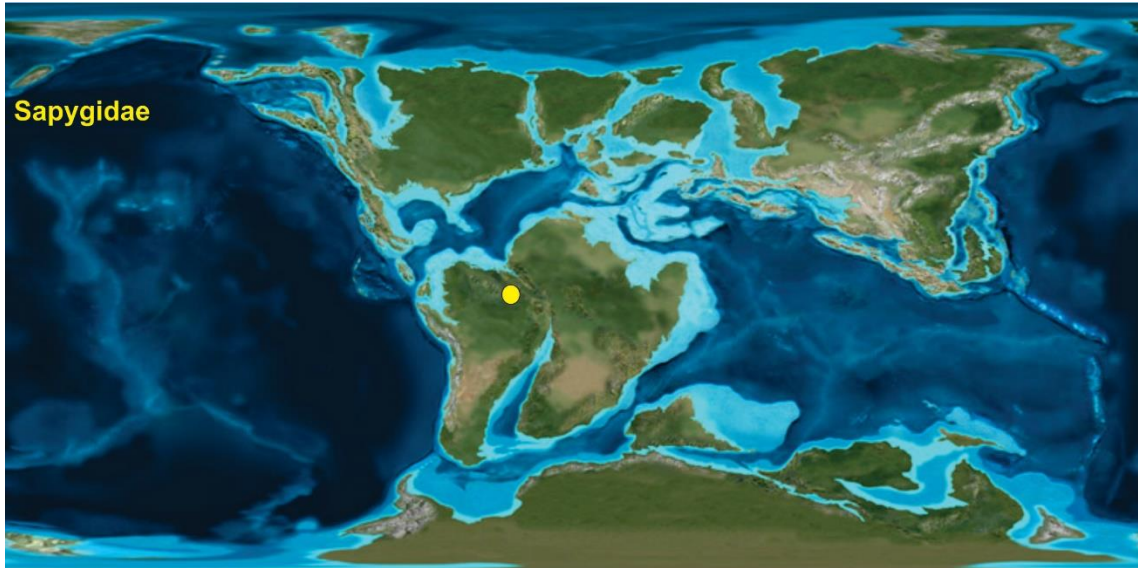
Figura 19 - Distribuição paleogeográfica de Tiphidae no Eocretáceo (Brasil)



Fonte: modificado de Scotese (2001) baseado em Darling; Sharkey (1990).

A família Sapygidae aparece no Eocretáceo e está presente até hoje (Fig.20). O seu registro fóssil é pouco conhecido e bem raro, sendo identificado apenas um gênero eocretáceo, *Cretofedtschenkia* Osten 2007. O gênero publicado por Bennet e Engel (2005) é datado do final do Albiano, início do Cenomaniano, e por isso não foi aceito aqui como pertencendo ao Eocretáceo.

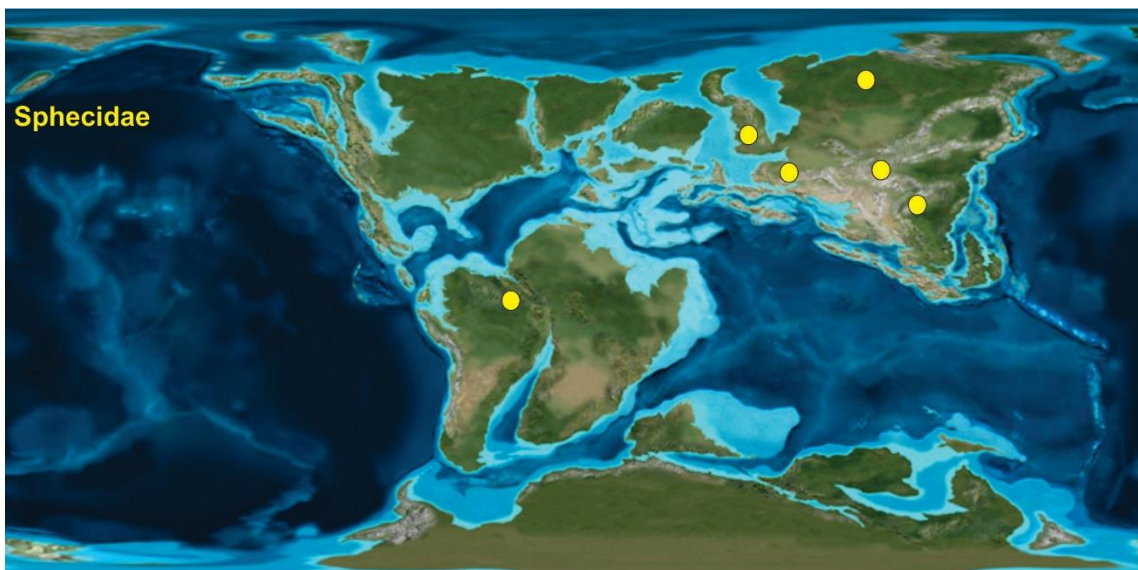
Figura 20 - Distribuição paleogeográfica de Sapygidae no Eocretáceo (Brasil)



Fonte: modificado de Scotese (2001) baseado em Osten (2007).

A família Sphecidae compreende sete gêneros eocretáceos, *Archisphex* Evans 1969, *Angarosphex* Rasnitsyn 1975, *Baissodes* Rasnitsyn 1975, *Pompilopterus* Rasnitsyn 1975, *Trichobaissodes* Rasnitsyn 1975, *Vitimosphex* Rasnitsyn 1975 e *Iwestia* Rasnitsyn & Jarzembowski 1998. Eles são encontrados no Brasil, Rússia, Inglaterra, Espanha, Mongólia e China (Fig.21).

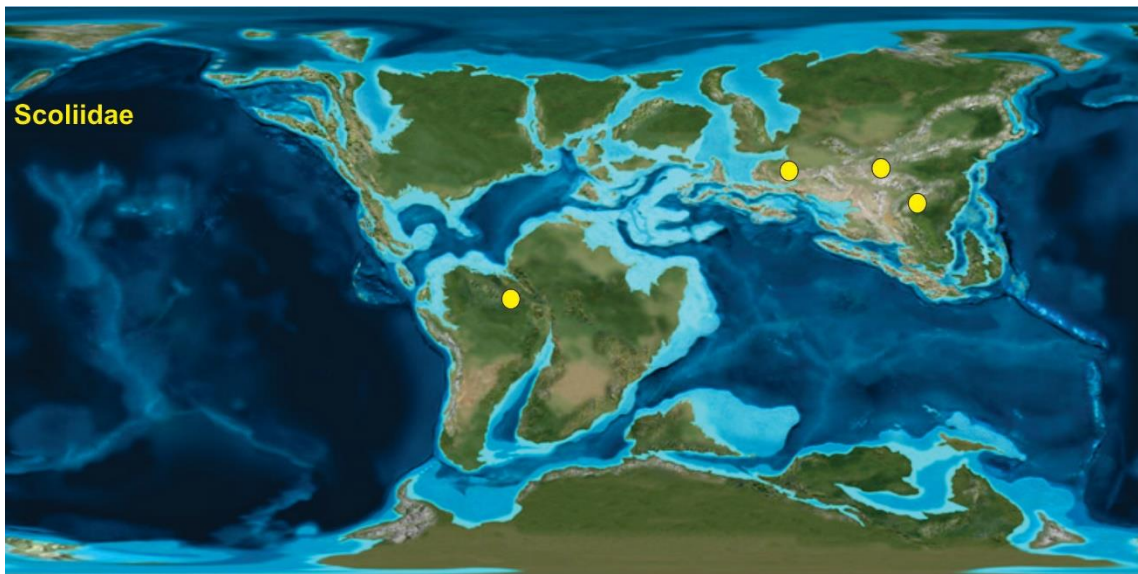
Figura 21 - Distribuição paleogeográfica de Sphecidae no Eocretáceo (Brasil, Inglaterra, Espanha, Rússia, Mongólia e China)



Fonte: modificado de Scotese (2001) baseado em Rasnitsyn (1975); Darling; Sharkey (1990); Carpenter (1992); Rasnitsyn *et al.* (1998).

Os Scoliidae apresentam seis gêneros nesse período (Fig.22), *Archaeoscolia* Rasnitsyn 1993, *Cretoscolia* Rasnitsyn 1993, *Cretaproscolia* Rasnitsyn & Martínez-Delclòs 1999, *Protoscolia* Zhang *et al.* 2002, *Araripescolia* Nel 2013 e *Sinoproscolia* Zhang *et al.* 2014. Eles são registrados no Brasil, Espanha, Mongólia e China. Essas duas famílias aparecem no Neojurássico e ainda têm representantes atuais.

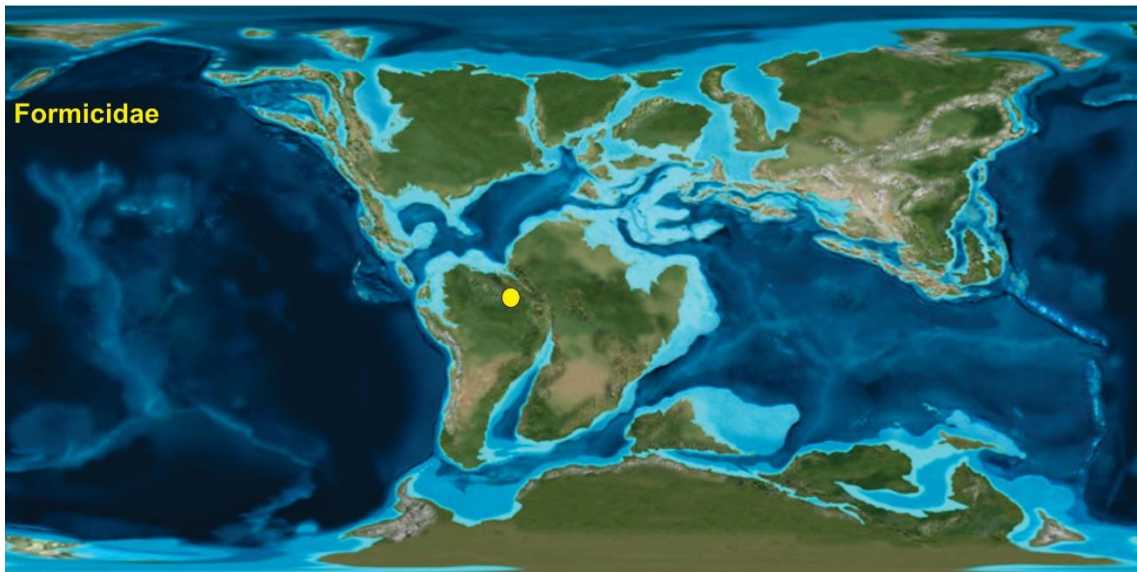
Figura 22 - Distribuição paleogeográfica de Scoliidae no Eocretáceo (Brasil, Mongólia, Espanha, China)



Fonte: modificado de Scotese (2001) baseado em Rasnitsyn (1993); Rasnitsyn & Martinez-Delclòs (1999); Rasnitsyn (1999); Rasnitsyn; Martinez-Delclòs (2000); Zhang (2002); Zhang *et al.* (2002); Zhang (2004); Osten (2007); Nel (2013); Zhang (2006); Zhang & Al. (2015).

Segundo LaPolla e Dlussky (2013), os representantes da família Formicidae não são registrados no Eocretáceo (Fig.23), o que pode sugerir que elas não haviam aparecido ainda, ou poderiam ter hábitos de vida que não favoreceram sua preservação. Os trabalhos publicados sobre eles datam do final do Albiano, limite com o Cenomaniano, ou seja, já no Neocretáceo.

Figura 23 - Distribuição paleogeográfica de Formicidae no Eocretáceo (Brasil)



Fonte: modificado de Scotese (2001) baseado em Brandão, Martins Neto e Vulcano (1989).

4.3 Tafonomia

Os insetos possuem um papel muito importante no ecossistema, principalmente a sua relação com plantas e outros organismos. Os principais processos tafonômicos envolvem questões biológicas, ambientais e diagenéticas.

Eles são restritos geograficamente e temporariamente, o que resulta em discrepâncias no registro fóssil, afetando assim os estudos de palaeobiogeografia, e por isso a relação do grau de diversidade de insetos e o reflexo dos processos tafonômicos é difícil de ser determinada (MARTÍNEZ-DÈCLOS; BRIGGS; PEÑALVER 2004).

Um grande número de exemplares não necessariamente demonstra diversidade, mas apenas condições tafonômicas favoráveis, mas o uso da tafonomia experimental permite a avaliação de fatores que atuam durante a fossilização, onde cada fóssil possui um modelo tafonômico específico (MENDES, 2002). O trabalho de Barling *et al.* (2015) menciona o fato dos Hymenoptera estar entre o grupo de insetos que apresentam um alto nível de preservação.

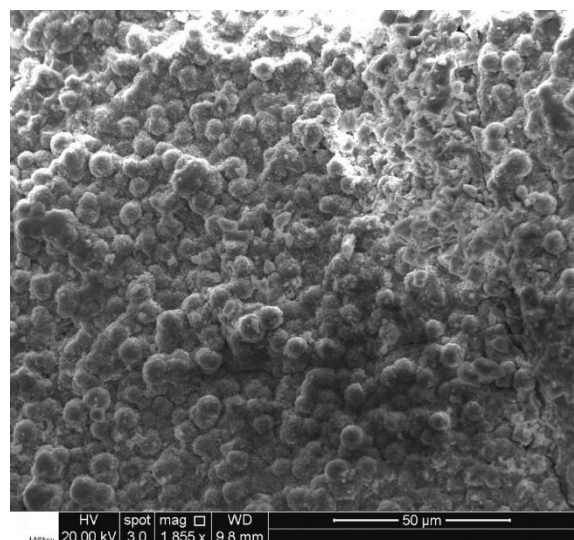
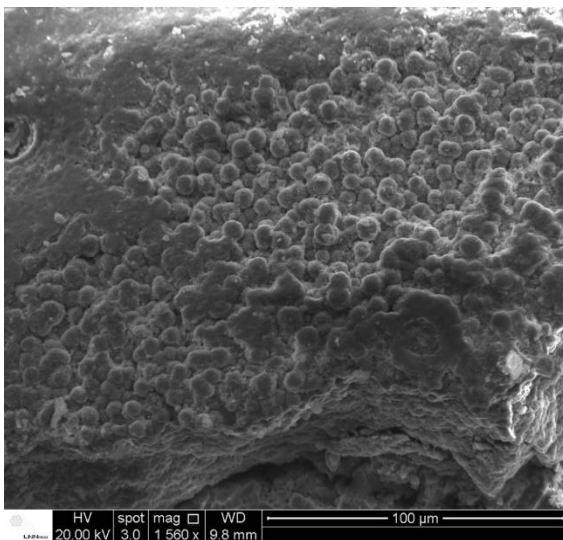
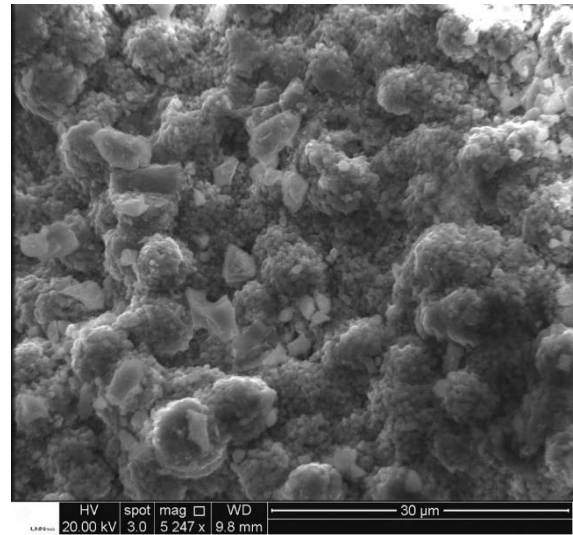
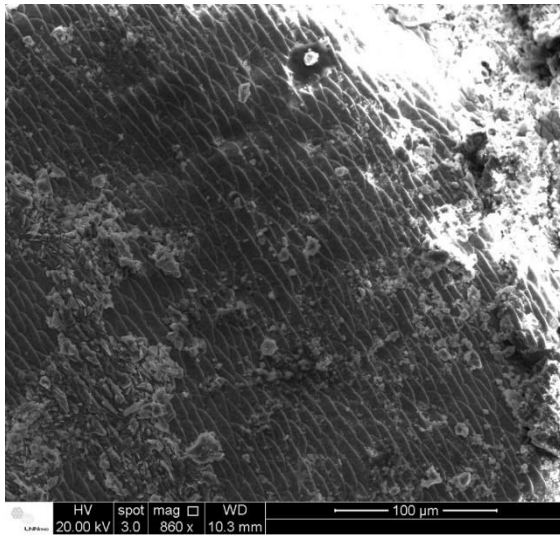
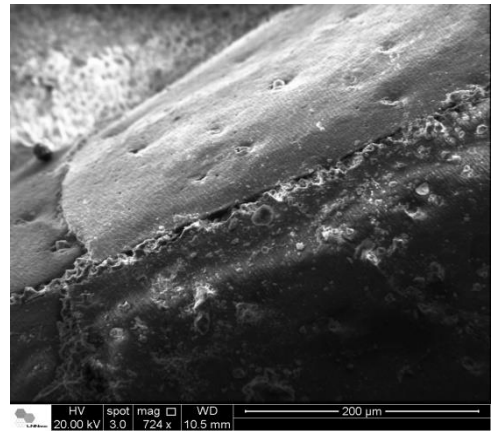
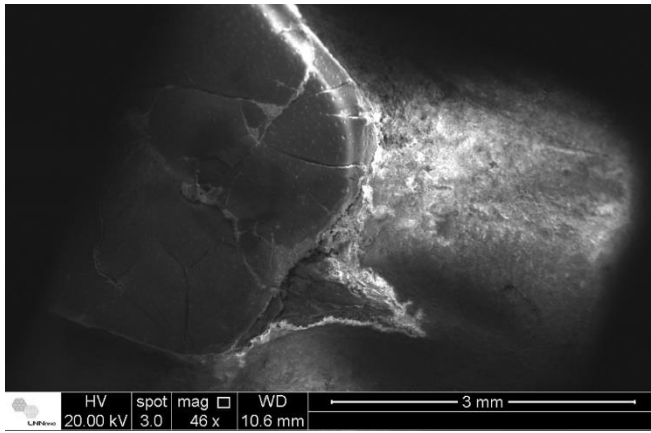
Esses autores analisaram outros artrópodes e insetos de estrutura frágil que também demonstram a mesma qualidade, concluindo assim que o tamanho e a dureza desses organismos não controlam os fatores de preservação.

Segundo Gehling (1999) e Wang *et al.*, (2012), estudos litológicos e isotópicos indicam uma mudança de condições fechadas a semi-fechadas para um sistema de lago mais aberto durante o início da deposição de calcários laminados no Membro Crato, de origem provavelmente lacustre, com baixa energia e com poucos bioturbadores.

Segundo Martínez-Dèclos, Briggs, Peñalver (2004) apenas águas continentais com baixa quantidade de cálcio tem uma concentração alta de fosfato na solução para possibilitar o processo de fosfatização, mas essa não era a condição encontrada no lago do Araripe. Mas a presença de matéria orgânica poderia ter sido uma das fontes de fosfato (ALLISON, 1988; BRIGGS, 2003).

Através da revisão bibliográfica e análise de imagens de MEV realizadas nesse trabalho e técnicos do equipamento do exemplar FPH-1966-I (Figuras 24-26), foram feitas algumas observações quanto às questões tafonômicas relacionadas aos himenópteros no Membro Crato. Osés *et al.*, (2016) analisaram fósseis de insetos do Araripe usando imagens e geoquímica e sugeriram que eles foram preservados por pirita framboidal.

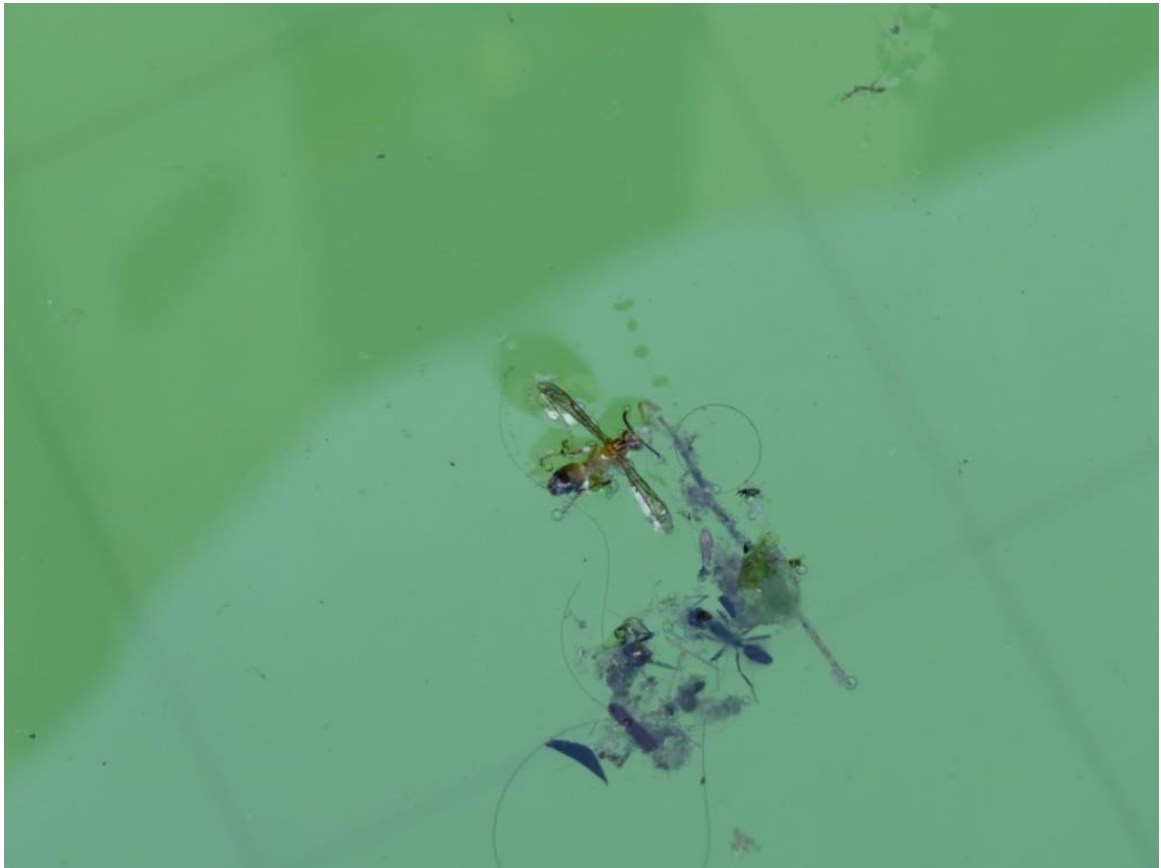
Figura 24 - Imagens em MEV do exemplar FPH-1966-I mostrando detalhes de preservação



Fonte: da autora.

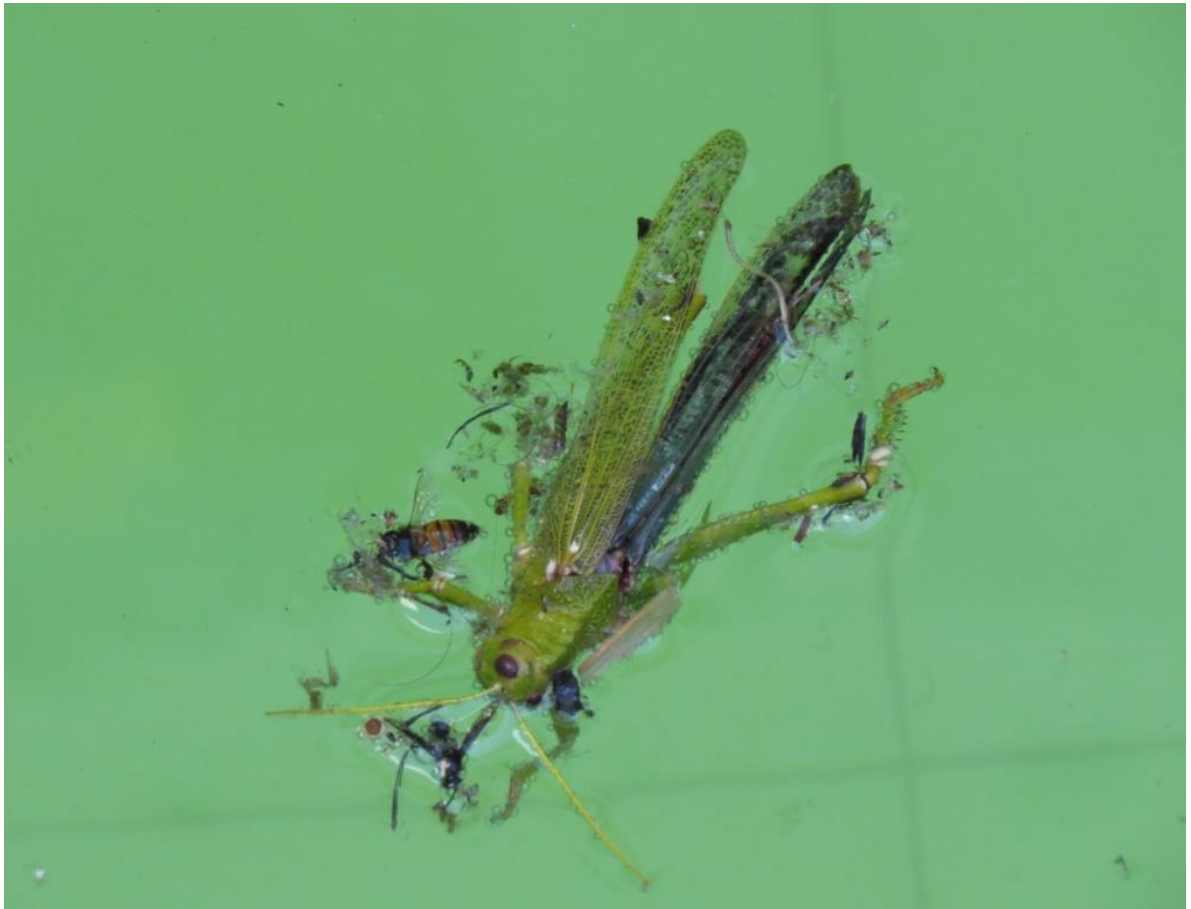
Mendes (1999) publicou uma simulação tafonômica com baratas e concluiu que provavelmente elas voaram e caíram no lago ainda vivas pois apresentam as asas abertas. O soterramento precisaria acontecer em no máximo 48 horas ou o corpo começaria a ser desarticulado. Ele também concluiu que cerca de 80% das baratas fósseis do Araripe são articuladas e têm asa aberta. No experimento foi utilizada a amônia como um elemento perturbador das baratas, para que elas voassem e caissem na água.

Figura 25 - Foto de himenópteros e outros insetos mortos em uma piscina comprovando a forma que estes indivíduos apresentam quando dispostos em ambiente aquoso



Fonte: Fotos fornecidas pelo orientador da autora.

Figura 26 - Foto de himenópteros e outros insetos mortos em uma piscina



Fonte: Fotos fornecidas pelo orientador da autora.

5 NEW GENUS OF SIRICIDAE (HYMENOPTERA, SYMPHYTA) FROM CRATO MEMBER (APTIAN), ARARIPE BASIN, BRAZIL

ABSTRACT

A new genus and new species of Hymenoptera is described from Early Cretaceous (Aptian) of Crato Member, Araripe Basin, from Nova Olinda district, Ceará, Brazil. *Olindicum limai* nov. gen. et sp. belongs to the family Siricidae. The siricid fossil record is known from Middle/Late Jurassic to Late Pliocene, and today only in North Hemisphere: England, France, Germany and Kazakhstan. The sole specimen recorded in limestone bed shows an exceptional preservation of forewing that presents very delicate features. The material underwent only physical preparation. The diagnostic characters are forewing corrugated, 2r-m absent and 3r-m present, cross vein 2Rs not touching cell 1M, 2R1 short and cross vein 1cu-a interstitial with 1A and cell 1M with five sides. *Olindicum limai* nov. gen. et sp. is the first fossil from this family described in this stratigraphic unit and the first for Aptian age. The small amount of records for this family in the Araripe basin is expected because of the semi-arid climate found here during that time, since siricids are found in humid and temperate climates.

Keywords: Santana Formation. Siricids. Hymenoptera

Introduction

The Hymenoptera is one of the four most diverse orders of insects along with Coleoptera, Lepidoptera and Diptera Mason e Huber (1993). The representatives of Symphyta arise in the geologic record first. The Siricidae family appears in Pliensbachian (Early Jurassic) and it is one of seven hymenopteran families from Jurassic still living, but with archaic morphology (RASNITSYN, 2002). This is a rather small family of symphyte wasps embracing around 99 extant species (BROTHERS, 1999; RASNITSYN, 1969, 1980; FIDALGO; SMITH, 1987; NEL, 1988, 1991; HUBER; SHARKEY, 1993; GROMOV *et al.*, 1993; WEDMANN, 1998).

The fossil history of the siricids is poorly known. From the Mesozoic strata are four known genera: *Aulisca*, *Megaulisca*, and *Megura*, all from Middle/Late Jurassic of Kazakhstan, and *Myrmicium* from Late Jurassic/Early Cretaceous of Europe. From the Cenozoic, there are six fossil genera, considering *Urocerus* that appears in the Paleocene of Argentina and is still represented in the New World (SCHIFF *et al.*, 2012). The other genera are all from North Hemisphere: *Eosirex* is registered from Eocene of France; *Eoxeris* and *Lithoserix* are known from Oligocene of Russia and United States, respectively; and *Eriotremex* and *Tremex* (SCHIFF *et al.*, 2012) occur from Oligocene-Pliocene of Germany. Those last two genera and *Urocerus* are still present today.

The Siricidae fossil is recorded from Middle/Late Jurassic to Late Pliocene occurring in Argentina, United States, England, France, Germany, Russia and Kazakhstan. Even though Siricidae was one of the groups that probably predominated during the Mesozoic (OSTEN, 2007), the presence of specimens are not often noticed in Early Cretaceous besides the Berriasian age, in a single record from England (*Myrmicium*). So, the present paper identifies and describes the occurrence of a Siricidae species in Aptian strata.

Materials and Methods

The specimen described was found by Francisco Sebastião Gonçalves de Lima in laminated limestone of Crato Member, Santana Formation, in the Triunfo mine, district of Nova Olinda, in November 2012. It was prepared with thin stiletos and brushes under cold light and stereomicroscopic (STMPRO). The photographs were taken using a JVC digital camera mounted on a Leica MZ16 microscope and automontage stacking software.

For image construction and manipulation of illustrations were used Photoshop CS6 and Photoshop 7.1. The drawing scale is 2 mm and the orientation of the body and terminology of the wing venation follows Huber e Sharkey (1993). The material (one specimen) is deposited in the Fundação Paleontológica Phoenix, Aracaju city, Sergipe State, Brazil, under the number FPH-1971-I.

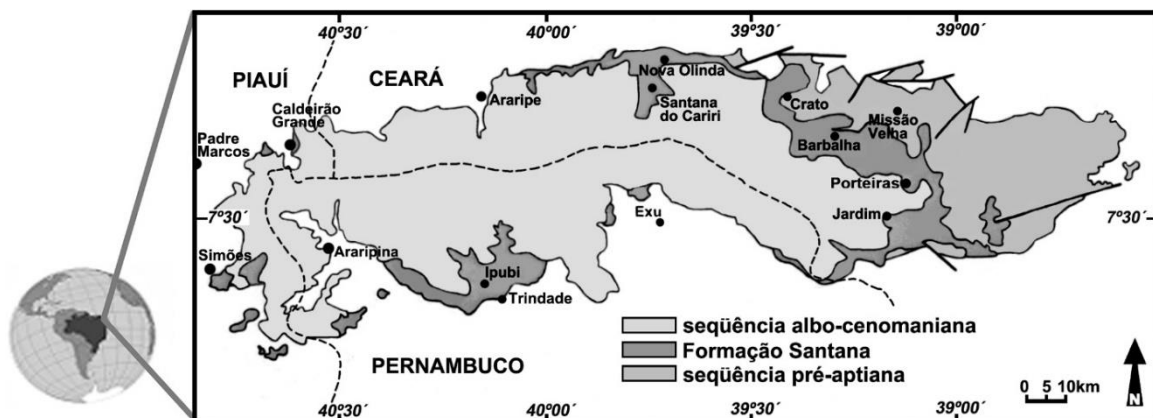
Geology and stratigraphy

The Araripe Basin, in part of the states of Ceará, Pernambuco, and Piauí, localized by $38^{\circ}30' - 40^{\circ}50'W$ and $7^{\circ}05' - 7^{\circ}50'S$ (Fig.27), presents a predominantly Mesozoic sequence (ASSINE, 2007). The intense tectonic activity in the South American continent during the Late Jurassic/Early Cretaceous created small centers of deposition; one then is the Araripe Basin.

The stratigraphic sequence show diverse regional hiatus (Fig.28). The Aptian-Albian Santana Formation includes the Crato, Ipubi, and Romualdo Members (ARAI; COIMBRA; TELES JUNIOR, 2001), the record of broad lacustrine sedimentation that, at times and possibly by climatic reasons, has the water evaporated, with the formation of gipsite deposits.

The Crato Member outcrops (Fig.29) in discontinuous banks resultating from a calcite precipitation probably induced and/or mediated by picoplanktonic and phytoplanktonic activities in the water (HEIMHOFER *et al.*, 2010). This deposition occurs under anoxic conditions and in eventually hypersaline bottom waters, indicated by absence of benthic fauna, virtual no perturbed strata, and presence of pseudomorphic crystals of salt. The Araripe Aptian fossil insect record is directly related to laminate limestone.

Figure 27 - The Araripe Basin and the Santana Formation outcropping



From Assine (1990) and modified by Bruno e Hessel (2006).

Figure 28 - Simplified stratigraphic column from Araripe basin

Era	Período	Andar	Unidade litoestratigráfica
MESOZOICO	CENOMANIANO	?	Formação Exu
		?	Formação Araripina
	ALBIANO	?	Formação Santana Membro Romualdo
		?	Formação Santana Membros Crato/Ipubi
	NEOAPTIANO		Formação Barbalha
	EOCRETÁCEO		Formação Abaiara
	JURÁSSICO		
NEOJURÁSSICO			Formação Brejo Santo
PALEOZOICO	SILURIANO		Formação Cariri
	ORDOVICIANO		
	PRECAMBRIANO		embasamento cristalino

From Assine(2007), and modified by Bruno e Hessel (2006).

Figura 29 - Crato Member quarry outcrop at Triunfo Mine, Nova Olinda, south of Ceará (07°07'26"S e 39°41'58"W)



Fonte: Foto fornecida pela orientadora da autora

Systematic palaeontology

Hymenoptera Linnaeus 1758

Symphyta Gerstaecker 1867

Siricoidea Billberg 1820

Siricidae Billberg 1820

Genus *Olindicum* gen. nov.

Diagnosis: Forewing corrugated, cross vein 2Rs not touching cell 1M, 2r-m absent and 3r-m present, cell 1M with five sides, 2R1 short and cross vein 1cu-a interstitial with 1A.

Derivation of name: Named after the city where the fossil was found.

Type species: *Olindicum limai* sp. nov.

Discussion

The siricids are important wood-boring insects (SCHIFF *et al.*, 2012). This genus is placed in the family Siricidae for showing a wing venation characteristic for this family and the presence of wrinkles structures along the forewing membrane (Fig. 30). Osten (2007) mentioned the presence of a female siricid specimen in the Crato Member but it was not described.

There are some similarities shared with the material analyzed here and other Mesozoic genera of the family Anaxyelidae and Siricidae. (JURINE, 1807; WESTWOOD 1854; RASNITSYN 1968; FIDALGO; SMITH, 1987; PITON 1940; BENSON, 1943; MAA, 1949; BROWN, 1986; CARPENTER, 1992). The genera of Anaxyelida, *Syntexyela* Rasnitsyn 1968 and *Anasyntexis* Rasnitsyn 1968, from Middle/Late Jurassic of Kazakhstan, show similar wings venation but the absence wrinkles in the wing membrane and very sclerotized pterostigmas differentiate them from *Olindicum*, and corroborate to the assignment of a new genus.

The genus *Myrmicium* Westwood 1854 is classified as Pseudosiricidae by Carpenter (1992), but more recently identified as Siricidae by Rasnitsyn, Jarzembowski e Ross (1998). It is recorded from Late Jurassic (Tithonian) of

Germany and Early Cretaceous (Berriasian) of England. It presents 2Rs touching 1M, absence of 3r-m and 2m-cu and 1cu-a not interstitial to 1A, that differentiated this genus from *Olindicum*.

Three siricid genera are recorded in Middle/Late Jurassic of Kazakhstan: *Aulisca* Rasnitsyn 1968, *Megaulisca* Rasnitsyn 1968 and *Megura* Rasnitsyn 1968. The 2R1 is more elongated and wider, RS touching 2M, the 2r-m is present and there are not corrugated forewings, as mentioned in the original description. From the Cenozoic strata, there is *Urocerus* Fidalgo e Smith (1987), described from Paleocene of Argentina, that presents 1M four-sided, 3r-m sigmoidal and 2R1 elongated.

Eosirex Piton 1940 is a little known genus recorded from Eocene of France, with the presence of 2r-m sigmoidal. *Eriotremex* Benson (1943) is a form from Late Oligocene of Germany and presents 2R1 wider, 1M four-sided and 1r-rs absent. *Tremex* Jurine 1807 is recorded in Late Pliocene of Germany, it is similar to *Eriotremex* and differentiates from *Olidicum limai* for having a very long 2R1 and 1M with four sides.

Lithoserix Brown (1986) is recorded from Early Oligocene of United States and has a very different wing venation with 1M four-sided and 1Rs absent. However there is a questioning about its identification and Nel (1991) suggested that *Lithoserix* may be of the family Rhopalosomatidae (GRIMALDI; ENGEL, 2005). *Eoxeris* Maa 1949 is also from Oligocene, but from Russia, very similar to *Urocerus* with 1r-rs and 1Rs absent.

Olindicum limai gen. et sp. nov.

(Figs 30 - 32)

Diagnosis: Forewing corrugated, cross vein 2Rs not touching cell 1M, 2r-m absent and 3r-m present, cell 1M with five sides, 2R1 short and cross vein 1cu-a interstitial with 1A.

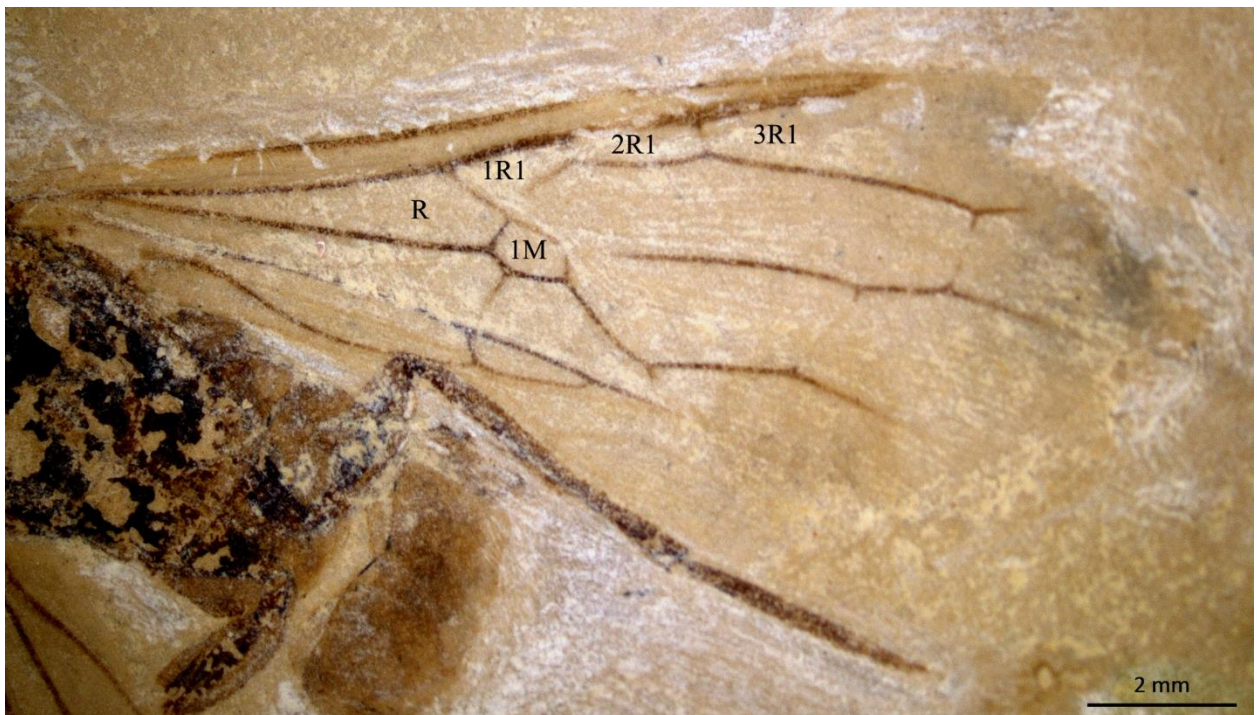
Derivation of name: After Francisco Sebastião Gonçalves de Lima, the person who collected and the specimen.

Holotype: A female(?) specimen FPH-1971-I (ventral aspect, body and wings in good conditions).

Locality: From the Crato Member, Santana Formation, Triunfo mine (07°07'26"S e 39°41'58"W), Nova Olinda district, Ceará State, Brazil. Early Cretaceous (Aptian).

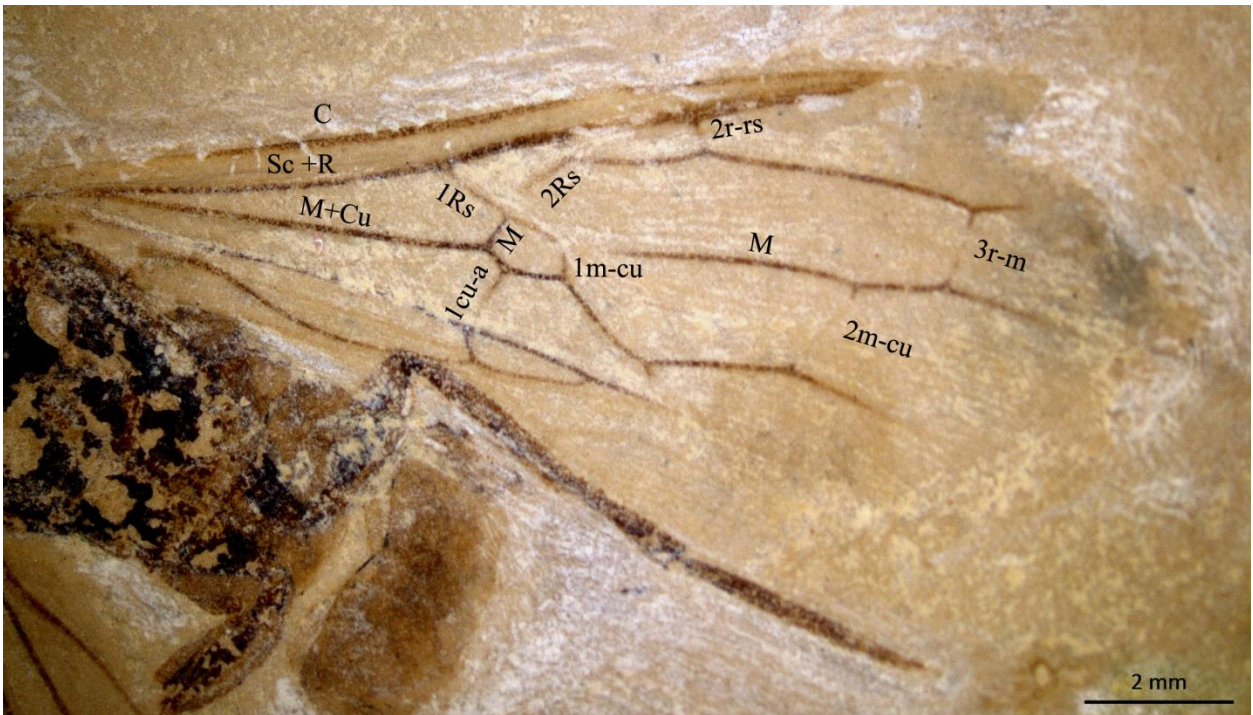
Description: Body slender and cylindrical, 13mm length. Head small. Mesosoma elongated, pronotum wider head. Metasoma not well preserved. Forewing very large with about 16mm and presenting longitudinally wrinkles in almost the whole wing membrane. Hind legs very slender. Costal cell (C) elongated and wide. Subcostal and Radial vein sclerotized. Main veins Rs, M and Cu do not reach the margin of the forewing. Pterostigma absent. 1r-rs straight and 2r-rs arched. Cells 1R1 and 2R1 present but 3R1 is apparently absent. Cell 1R1 very long. Cross veins 3r-m and 2m-cu present. 3r-m straight. Cell 1M with five sides. 1m-cu slightly arched. 1cu-a and 1A interstitial. Cross vein 2cu-a present.

Figure 30 - *Olindicum* **gen.et sp. nov.**, holotype specimen FPH-1971-I, forewing photography showing cells



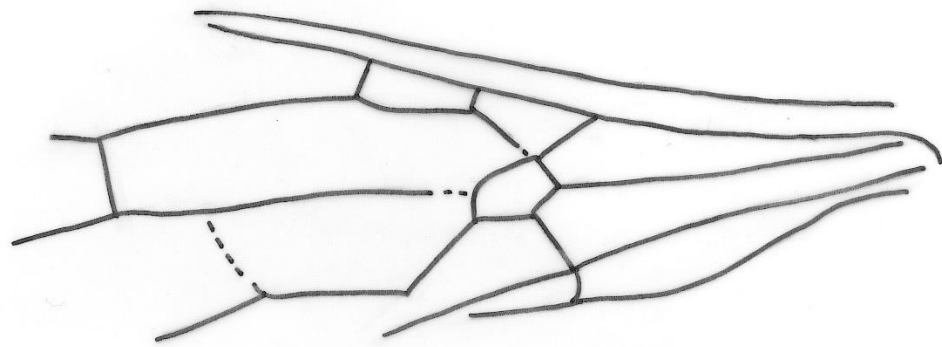
Source: Photographs taken by author.

Figure 31 - *Olindicum* **gen.et sp. nov.**, holotype specimen FPH-1971-I, forewing venation photography showing veins



Source: Photographs taken by author.

Figure 32 - *Olindicum* **gen.et sp. nov.**, holotype specimen FPH-1971-I, forewing venation drawing. Scale 2 mm



Source: Drawing made by author.

Discussion: Many authors mentioned and described siricids species, they also show a different list of genera for that family, the newest one was published by Aguiar *et al.* (2013). All of fossil genera were analyzed and matched with the new genus and

species presented here. Today, the Siricidae are found in temperate climates of the Northern Hemisphere (GRIMALDI; ENGEL, 2005).

The majority of sawflies of the group Symphyta, for having difficulties to fly, occur in humid climates (GAULD; BOLTON, 1988; NOYES, 1989; GASTON, 1991; STORK, 1991; HANSON; GAULD, 1995; GRIMALDI; ENGEL, 2005) and fed by leaves and flowers. In the Crato Member, the Symphyta fossil was represented for the family Sepulcidae (*Prosyntexis gouleti* Sharkey 1990) and an undescribed specimen of Siricidae in a collection in Japan mentioned by Osten (2007) and illustrated by Menon and Martill (2007) probably belonging to the taxon here described.

Even though the body is not totally preserved, the forewing venation is well preserved showing some differentiate features, as a wrinkled membrane, 1M five-sided, 2r-rs not touching 1M, 1Rs touching Sc+R, 2r-m absent and 2R1 very short. Even having ten fossil genera they don't show a diversity of species, unless the three genera still extant and gathering ten species in the New World (SCHIFF *et al.*, 2012). Despite some similarities with other Siricidae genera, the features in the forewing and the matching with all the fossil genera known support a new genus and new species.

Conclusions: Considering that during late Early Cretaceous the Araripe region was under semi-arid to arid climatic conditions and a xerophytic vegetation, it did not provide a favorable environment for sawflies, for that reason only few occurrences are expected. The presence of only two known records for this family supports the climate conditions found during that age in the Araripe basin. *Olindicum limai* represents the first described fossil of Siricidae from Aptian and the second specimen figured for this family from Crato Member, Santana Formation. The presence, identification and description of that unique specimen is one of the fossil treasures recorded from the Cretaceous of Brazil.

Acknowledgements: We thank Francisco Sebastião Gonçalves de Lima for collecting the specimen and donating it to the Fundação Paleontológica Phoenix. We are also grateful to Dr. Alexander Rasnitsyn (Russia) for providing important literature material, as well the Hymenoptera Institute (University of Kentucky, USA) for hosting this research, the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

(CAPES/Brazil) for financial support, and the Dr. Wagner de Souza Lima (Fundação Paleontológica Phoenix/Brazil) for lending the specimens.

REFERENCES

- ARAI, M.; COIMBRA, J.C.; TELLES JUNIOR, A.C.S. Síntese bioestratigráfica da Bacia do Araripe (nordeste do Brasil). *In*: SIMPÓSIO SOBRE A BACIA DO ARARIPE E BACIAS INTERIORES DO NORDESTE, 1., 1990, Crato. **Comunicações, DNPM/URCA/SBP**. Crato: [s.n.], 2001. p. 109-117 / 122-124.
- AGUIAR, A. P.; DEANS, A.R.; ENGEL, M.S.; FORSHAGE, M.; HUBER, J.T., JENNINGS, J.T.; JOHNSON, N.F.; LELEJ, A.S.; LONGINO J.T.; LOHRMANN, V.; MIKÓ, I.; OHL, M.; RASMUSSEN, C.; TAEGER, A.; YU, D.S. Order Hymenoptera. **Zootaxa**, [Auckland], v. 3703, n. 1, p. 51-62, 2013.
- ASSINE, M. L. **Sedimentação e Tectônica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil**. 1990. Dissertação (Mestrado em Geologia Regional) – Universidade de São Paulo, Rio Claro, SP., 1990.
- ASSINE, M. L. Bacia do Araripe. **Boletim de Geociências da Petrobras**, [s.l.], v. 15, n. 2, p. 371-389, 2007.
- BENSON, R.B. Studies in Siricidae, especially of Europe and Southern Asia (Hymenoptera, Symphyta). **Bulletin of Entomological Research**, [s.l.], v. 34, p. 27-51, 1943.
- BROWN, F.M. *Lithosirex williamsi* (Siricidae: Hymenoptera) a newly recognized fossil horntail from Florissant, Colorado. **Insecta Mundi**, [Florida], v. 1, p. 119-120, 1986.
- BRUES, C.T. A species of *Urocerus* from Baltic amber. **Psyche**, [Chaoyang District], v. 33, p. 168-169, 1926.
- BRUNO, A.P.; HESSEL, M.H. Registros paleontológicos do Cretáceo marinho na Bacia do Araripe. **Estudos Geológicos**, Recife, v. 16, n.1, p. 30-49. 2006.
- CARPENTER, F.M. Superclass Hexapoda. **Treatise on Invertebrate Paleontology, Part R, Volume 3, Arthropoda 4**. Boulder: Geological Society of America, 1992.
- CARVALHO, G. K. R; HESSEL, M. H.. A Presença de Crabronidae (Hymenoptera) no Membro Crato, Formação Santana, Bacia do Araripe. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PALEOINVERTEBRADOS, I. 2012, Bauru. **Anais [...]**. Bauru: [s.n.], 2012.
- DARLING, D.C.; SHARKEY, M. J. Hymenoptera. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, New York, n. 195, p. 123-153, 1990.

DOYLE, J.A., JARDINÉ, S.; DOERENKAMP, A. *Afropollis*, a new genus of early angiosperm pollen, with notes on the Cretaceous palynostratigraphy and palaeoenvironments of northern Gondwana. **Bulletin des Centres de Recherches Exploration-Production Elf-Aquitaine**, v. 6, p. 39-117, 1982.

FIDALGO, P.; SMITH, D.R.. A fossil Siricidae (Hymenoptera) from Argentina. **Entomological News**, [s.l.], v. 98, p. 63-66. 1987.

GASTON, K.J. The magnitude of global insect species richness. **Conservation Biology**, [s.l.], v. 5, p. 283-296, 1991.

GAULD, I.; BOLTON, B. 1988. **The Hymenoptera**. New York: Oxford University, 1988.

GRIMALDI, D. ; ENGEL, M.S. Hymenoptera: Ants, bees, and other wasps. *In*: GRIMALDI, D.; ENGEL, M.S. (ed.) **Evolution of the insects**. New York: Cambridge University, p. 407-467, 2005.

GROMOV, V.V., DMITRIEV, V.Y., ZHERIKHIN, V.V., PONOMARENKO A.G., RASNITSYN A.P.; SUKATSHEVA I.D. Cretaceous insects from Ul'ya River basin (western Okhotsk region). **Trudy Paleontologicheskogo Instituta**, [s.l.], v. 252: 5-60, 1993.

HANSON, P.E. ; GAULD, I. **The Hymenoptera of Costa Rica**. Oxford: Oxford University, 1995.

HUBER, J.T.; SHARKEY, M.J. Structure. *In*: GOULET, H.; HUBER, J.T. (ed.). **Hymenoptera of the world: an identification guide to families**. Ottawa, Agriculture Canada, p. 13-58. 1993.

HEIMHOFER, U., ARIZTEGUI, D., LENNIGER, M., HESSELBO, S.P.; MARTILL, D.M. Deciphering the depositional environment of the laminated Crato fossil beds (Early Cretaceous, Araripe Basin, Northeastern Brazil). **Sedimentology**, [s.l.], v. 57, p. 677-694, 2010.

JURINE, L. **Nouvelle méthode de classer les Hyménoptères et les Diptères**. Genève: Pasehoud, 1807.

KÖNIGSMANN, E. Das phylogenetische System der Hymenoptera. Teil 2:

“Symphyta”. **Deutsche Entomologische Zeitschrift**, [s.l.], v. 24, p. 1-40, 1977.

MAA, T. A synopsis of Asiatic Siricoidea with notes on certain exotic and fossil forms (Hymenoptera, Symphyta). **Notes d'Entomologie Chinoise**, [s.l.], v.13, p. 11-189, 1949.

NEL, A. Redescription de *Eosirex ligniticus* Piton, 1940 (Hymenoptera, Symphyta, Siricidae). **Entomologiste**, [Oxford], v. 44, p. 287-292, 1988.

NEL, A. Descriptions et révisions de trois “Siricidae” fossiles du Cénozoïque (Hymenoptera). **Bulletin de la Société de Entomologie de France**, Paris, n. 96, p. 247-253, 1991.

NOYES, J. S. The diversity of Hymenoptera in the tropics with special reference to Parasitica in Sulawesi. **Ecological Entomology**, [s.l.], v. 14, p.197-207, 1989.

OSTEN, T. Hymenoptera: Bees, wasps and ants. *In*: MARTILL, D.M.; BECHLY, G.; LOVERIDGE, R.F. (ed.). **The Crato fossil beds of Brazil**. New York: Cambridge University, p. 350-364. 2007.

PITON, L.E. **Paléontologie du gisement eocene de Menat (Puy-de-Dome)**. Paris : Paul Lechevalier, 1940.

RASNITSYN, A.P. New Mesozoic sawflies (Hymenoptera, Symphyta). *In*: ROHDENDORF, B.B. (ed.). **Jurassic insects of Karatau**. Moscow: Nauka, p. 190-236, 1968.

RASNITSYN, A.P. **Proiskhozhdenie i evolyutsiya nizshikh pereponchatokrylykh = Trudy Paleontologicheskogo Instituta Akademii a Nauk SSSR**. Moscow: [s.l.], 1969.

RASNITSYN, A.P. Proiskhozhdenie i evolyutsiya pereponchatokrylykh nasekomykh (Origin and Evolution of Hymenoptera. **Trudy Paleontologicheskogo Instituta Akademii a Nauk SSSR**, [Russia], v. 174, p. 1-192, 1980.

RASNITSYN, A.P.; JARZEMBOWSKI, E.A.; ROSS, A.J. Wasps (Insecta, Vespida = Hymenoptera) from the Purbeck and Wealden Supergroups (Lower Cretaceous/?Uppermost Jurassic) of Southern England and their biostratigraphical and palaeoenvironmental significance. **Cretaceous Research**, [s.l.], v. 19, n.3-4, p. 329-391, 1998.

RASNITSYN, A.P.; QUICKE, D.L.J. (ed). **History of insects**. Dordrecht: Kluwer Academic, 2002.

SCHIFF, N. M.; GOULET, H.; SMITH, D. R.; BOUDREAUULT, C.; WILSON, A. D.; SCHEFFL, B. E. Siricidae (Hymenoptera: Symphyta: Siricoidea) of the Western Hemisphere. **Canadian Journal of Arthropod Identification**, [Canadá], v. 21, p. 1-306, 2012.

STORK, N.E. The composition of the arthropod fauna of Bornean lowland rain forest trees. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 7, p. 161-180. 1991.

WESTWOOD, J.O. Contributions to fossil entomology. **Quarterly Journal of the Geological Society of London**, Londres, v. 10, p. 378-396. 1854.

WEDMANN, S.. Insects from the Oligocene deposits of Enspel (Germany). **The First Paleaentomological Conference 1998**, Moscow, v. 46. 1998

ZIEGLER, A.M., ESHEL, G., MCALLISTER REES, P., ROTHFUS, T.A., ROWLEY, D.B. & SUNDERLIN, D. Tracing the tropics across land and sea: Permian to present. **Lethaia**, [s.l.], v. 36, p. 227-254, 2003.

6 TWO NEW SPECIES OF *ARCHISPHEX* (HYMENOPTERA: SPHECIDAE) FROM CRATO MEMBER (APTIAN), ARARIPE BASIN, BRAZIL

ABSTRACT

Two Early Cretaceous (Aptian) new species of *ArchispheX* Evans, 1969 are described. They are from the Crato Member of the Santana Formation, Araripe basin, Nova Olinda District, Ceará, Brazil. This genus is one of the Cretaceous genera of the family Sphecidae. *ArchispheX hesselae* Carvalho, **sp.nov.** and *ArchispheX arturi* Carvalho, **sp.nov.** are the first species representing this genus in the Crato Member and they are also the first records published for the Aptian age. The previously described specimens for this genus are from Berriasian to Barremian Members.

Key words: Insecta. Sphecids. Santana Formation. Fossil.

Introduction

The Hymenoptera is one of the four most diverse orders of insects along with Coleoptera, Lepidoptera and Diptera Mason & Huber (1993). The family Sphecidae gathers predatory wasps that prey small arthropods to feed their nest. The larvae are normally carnivorous and adults use nectar or pollen as food. Some species of this family can also be ectoparasitic, they paralyze their prey before ovipositing on the host.

Many females provide insects and spiders to their larvae (GAULD; BOTON, 1988). Forms of this family occur throughout the world, and some lineages have some interesting distributions (GRIMALDI; ENGEL, 2005). This family is very abundant and diverse in the Cretaceous fauna but in Crato Member it had been represented for only one genus and two species, *AngarospheX parvus* Darling (1990) and *AngarospheX magnus* Darling (1990).

The genus *ArchispheX* comprises eight species from Early Cretaceous: *A. crowsoni* Evans 1969 from England; *A. incertus* Rasnitsyn, 1975 from Buryat, Russia; *A. beiboziensis* Hong, 1984 and *A. venulosus* Zhang, 1985 both from Shandong Province, China; *A. boothi* Jarzembowski, 1991 from England; *A.*

catalunicus Ansorge (1993) from Lérida Province, Spain; *A. proximus* Rasnitsyn & Jarzembowski, 1998 and *A. curvus* Rasnitsyn & Jarzembowski, 1998 both from England. These species are from Berriasian to Barremian Members. The aforementioned specimens of *Archisphex* are recorded from Spain east to eastern China, Rasnitsyn, Jarzembowski e Ross (1998). The species described here represent the first *Archisphex* from the New World.

The two species described here are from the laminated limestone of the Crato Member (Aptian). This Member was a lake deposit with an extraordinarily well-preserved fossil biota and an example of *Lagerstätten* formed under lacustrine conditions. The fauna preserved in the Crato Member comprise representatives of vertebrates and invertebrates. Among these, arthropods predominate, in particular the insects, in both numerical abundance and taxonomic diversity. Most current insect orders are represented in an excellent condition (MENON; MARTILL, 2007).

The Crato Member crops out in discontinuous beds with thicknesses that can reach 20 meters. It is composed predominantly of finely laminated limestone, where there are abundant fragments of filamentous algae along with a flora and fauna very diverse taxonomically and exceptionally well preserved. It is characterized by centimetric layers of massive calcarenite and a sequence of rhythmic layering of dark and light blades, the result of authigenic precipitation of calcite from the water column above, probably induced and/or mediated by activity peak- and phytoplankton Heimhofer *et al.* (2010). The fossils were collected in a mine in the city Nova Olinda, approximately 3km south of Ceará, 07°07'26"S and 39°41'58"W.

Material and method

The two specimens analyzed were collected in the Triunfo mine in 2012 and 2014. Despite being well preserved, they were prepared with thin stiletos and brushes under cold light and stereomicroscopic. Photoshop 7.1 and CS6 were used for image editing. Photographs were taken using a JVC digital camera mounted on a Leica MZ16 microscope and Automontage stacking software. The drawing scale is 2 mm and the orientation of the body and the terminology of the wing venation follows Huber e Sharkey (1993). The material is deposited in the Fundação Paleontológica Phoenix, Aracaju, Sergipe, Brazil, under the accession number FPH-1970-I and in

the Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), Crato, Ceará, Brazil, under accession number DNPM 3603.

Family Sphecidae Latreille, 1802

Genus *Archisphe* Evans, 1969

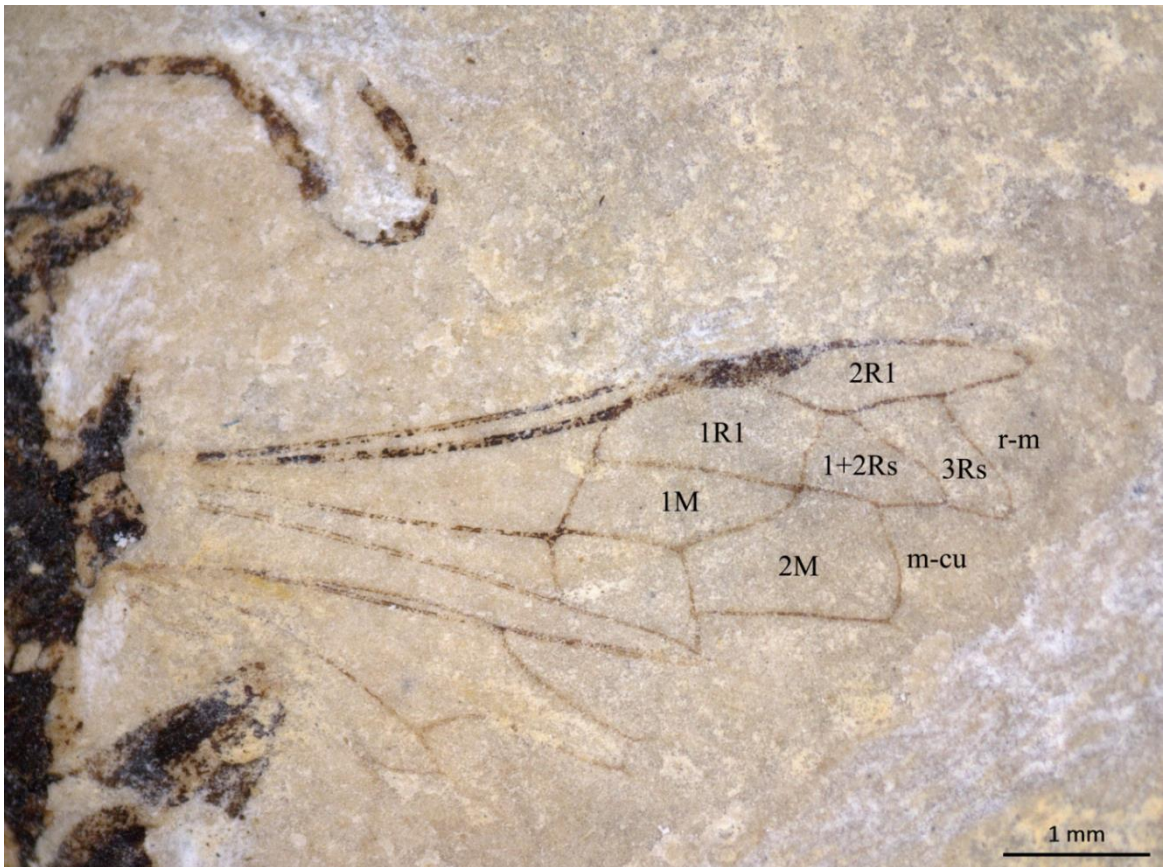
Type species: *Archisphe* Evans, 1969

Diagnosis: Costal cell present; stigma elongate, lower margin nearly straight, outer margin oblique, straight; marginal cell (cell R1) with its apex on the wing margin, not far from wing tip, and slightly appendiculate (i.e., R extending beyond apex of cell); three fully formed submarginal cells and three fully formed discoidal cells present (i.e., veins Rs, 2r-m, 3r-m, m-cu, and 2m-cu all complete), second recurrent vein (2m-cu) curved basally so as to reach the second submarginal cell near its outer corner, first recurrent vein (1m-cu) almost interstitial with first intercubital (Rs); major wing veins (M and Cu) reaching outer wing margin; basal vein (M + Rs) only slightly oblique, its upper terminus distant from stigma; transverse median vein (cu-a) oblique, reaching media (M + Cu) slightly basal to origin of basal vein; veins and stigma brown in color; wing membrane with close-set microtrichiae (EVANS, 1969).

***Archisphe hesselae* sp. nov.**

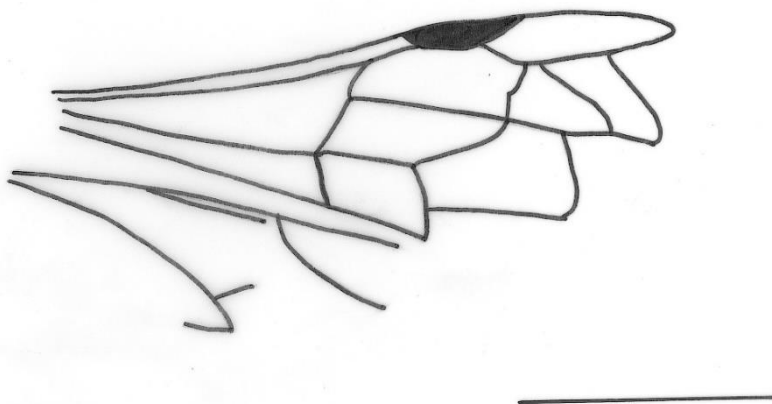
Figs 33-35

Figure 33 - *ArchispheX hesselae* **sp. nov.**, holotype specimen FPH-1970-I, forewing photography showing cells and venation



Source: Photography taken by author.

Figure 34 - *ArchispheX hesselae* **sp. nov.**, holotype specimen FPH-1970-I, forewing drawing. Scale 2 mm



Source: Drawing made by author.

Figure 35 - *ArchispheX hesselae* sp. nov., holotype specimen FPH-1970-I, habitus photography



Source: Photography taken by author.

Material: Holotype specimen, FPH-1970-I (female? dorsal aspect, body and wings well-preserved), Fundação Paleontológica Phoenix, Sergipe, Brazil.

Etymology: Named in honor of Professor Maria Helena Ribeiro Hessel, for her efforts in developing the study of the paleontology in the Araripe Basin.

Age and outcrop: Aptian, Crato Member of Araripe Basin in Nova Olinda 07°07'26"S and 39°41'58"W, northeastern Brazil.

Diagnosis: Cell 1+2Rs long, vein Rs with apparent rudiment of 1r-rs, crossvein 2r-m removed from 2m-cu by almost length of cell 1+2Rs, 2r-m slightly sinuate posteriorly and strongly bent toward the wing base, 3r-m slightly sinuate posteriorly and bent toward the base, vein M+RS straight. Forewing length 7mm.

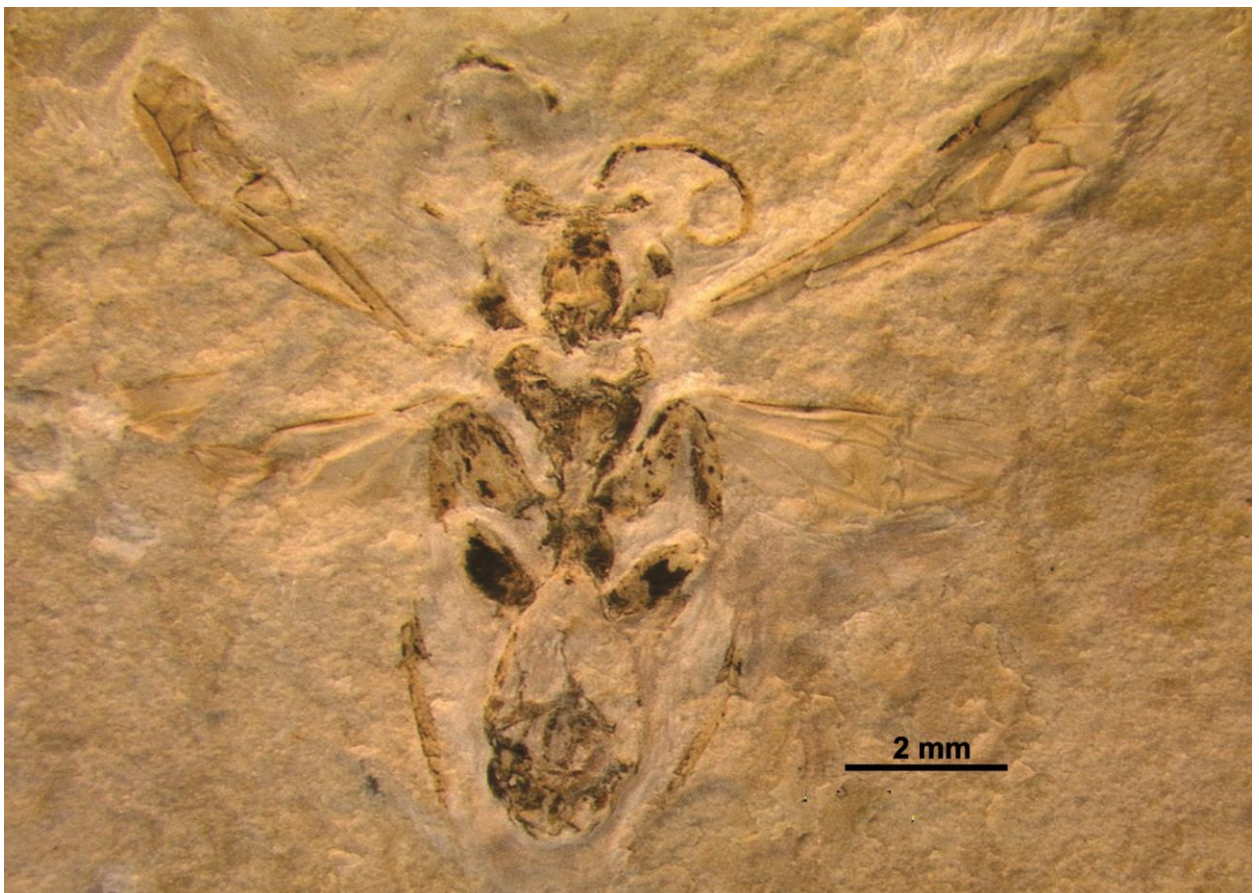
Description: (female? dorsal aspect, body and wings well preserved). Body slender, 8mm length. Head very wide. Antenna with ten visible segments, flagellomeres longer than wide. Mesosoma elongated, pronotum wide, propodeum

long and slender. Metasoma similar in length to mesosoma, wide, ovoid and petiolate. Forewing long, ~7mm. Femora robust. Costal cell (C) elongated and moderately wide. Base of RS near of the base of pterostigma. Pterostigma almost parallel sided, slightly expanded posteriorly and heavily sclerotized. Vein M + RS straight. Marginal cell long (2R1), slightly expanded basally with rounded apex. Apparent 1r-rs rudimentary. Posterior side of 1+2Rs five times longer than anterior side. Crossvein 2r-m distal of 2m-cu by about the length of cell 1+2Rs. 2r-m sinuate posteriorly and strongly bent toward base of forewing.

***ArchispheX arturi* sp. nov.**

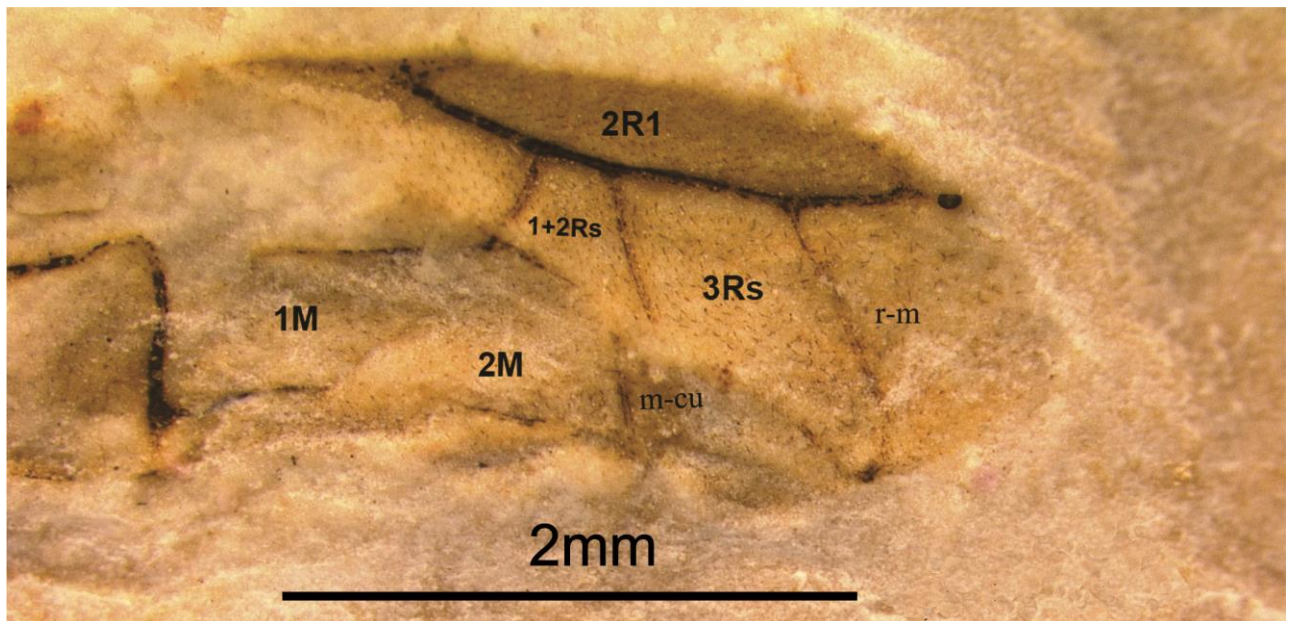
Figs 36-38

Figure 36 - *ArchispheX arturi* sp. nov., holotype specimen DNPM-3603, habitus photography



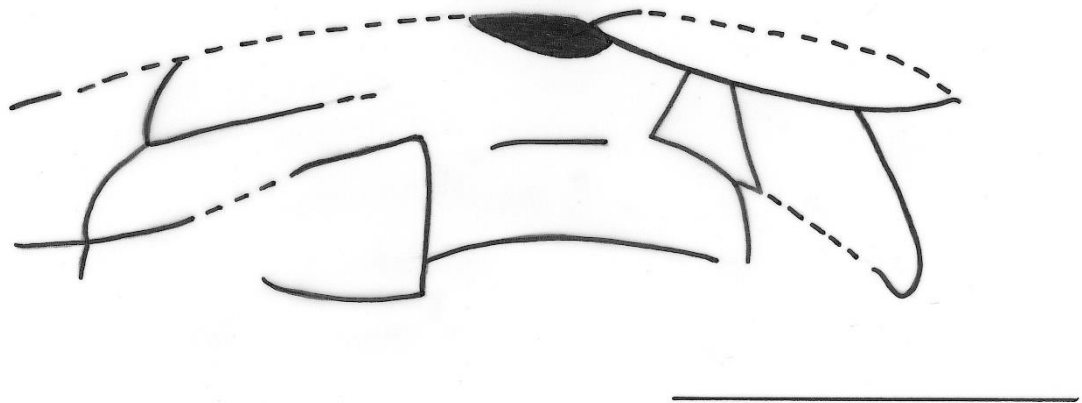
Source: Photography taken by author.

Figure 37 - *Archisphex arturi* **sp. nov.**, holotype specimen DNPM-3603, forewing showing cells and venation photography



Source: Photography taken by author.

Figure 38 - *Archisphex arturi* **sp. nov.**, holotype specimen DNPM-3603, forewing drawing. Scale 2 mm



Source: Photography taken by author.

Material: Holotype DNPM-3603 (female? dorsal aspect, body and wings well-preserved), Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), Crato, Brazil.

Etymology: Named in honor of José Artur Gomes Ferreira de Andrade, for his work in the Araripe basin and for providing the specimen described here.

Age and outcrop: Aptian, Crato Member of Araripe Basin in Nova Olinda, northeastern Brazil.

Diagnosis: Cell 1+2Rs short, vein Rs straight, crossvein 2r-m close of 2m-cu, 2r-m straight toward the base of wing, 3r-m slightly sinuate posteriorly and bent toward the base, M+RS curved, forewing length 9mm.

Description: Body slender, 14mm length. Head very wide. Antenna with ten visible segments. Mesosoma elongate, pronotum wide, propodeum long and slender. Metasoma and mesosoma of similar length. Metasoma elongate and petiolate. Forewing length 9mm and with microtrichiae. Femora robust. Costal cell (C) elongate. Vein M + RS straight. Marginal cell (2R1) elongate with rounded apex. 1r-rs absent. Posterior side of 1+2Rs twice as long as anterior side. Crossvein 2r-m close to 2m-cu. 2r-m straight toward the base of the wing, 3r-m slightly sinuate posteriorly and bent toward the base of forewing.

Discussion: The specimens analyzed are assigned to *Archisphex* Evans, 1969 based on the following character state: 1+2Rs and 1M touching each other for a short distance and receiving 2m-cu (RASNITSYN; JARZEMBOWSKI; ROSS, 1998). Most previously described *Archisphex* were identified based on their forewing characteristics and lack some features for the body. With the addition of the two species described here, five species have complete bodies and lengths range from 8mm (*A. beiboziensis*) to 14mm (*A. arturi*). *A. arturi* is 4mm longer than the previous record of 10mm (*A. incertus*) as shown in table 1.

A. incertus and *A. venulosus* are similar in head shape and elongate metasomata. The metasoma of *A. beiboziensis* is shaped much like those of *A. hesselae* and *A. arturi*. The two new species are similar in head shape, robust femora and lack a tibial spur but they differ in body length and metasomal shape. The presence of microtrichiae in the forewing and spines on the legs are apparent only in *A. arturi*. Others specimens are needed to conclude if this feature is a product of taphonomic forces.

Forewings in the genus range from 4.3mm (*A. venulosus*) to 12.5mm (*A. proximus*). The forewing length of *A. hesselae* is 7mm and that of *A. arturi* is 9mm. *A. hesselae* and *A. boothi* are the only species that have 2r-m distant from 2m-cu. *A. hesselae* has 2r-m removed from 2m-cu by almost the whole length of cell 1+2Rs and *A. boothi* by nearly one third. *A. hesselae* differs by having 2-3r-m slightly sinuate

posteriorly and bent toward the base of the wing. *A. arturi* has 2r-m close to 2m-cu which is a similar characteristic to the other seven species but distinguishing by the presence of 2r-m bent toward the wing basal, and 3r-m sinuate posteriorly. *A. hesselae* and *A. arturi* differ on the size and shape of cells 2R1 and 1+2Rs, the presence of a rudiment 1r-rs in *A. hesselae*, the reaching of vein 2r-m in cell 1+2Rs is different between the two species, and they also show different 2r-m and 3r-m, and body length.

Archisphex crowsoni was the first species described in *Archisphex*. It was identified through an impression of an incomplete forewing from fine-grained calcareous siltstone (Wadhurst Clay Formation/Valangiano). Rasnitsyn (1975) published *Cretosphex incertus* after analyzing a complete body from the Zaza Formation (lithified marl and carbonaceous siltstone), Berriasian. It was subsequently moved to *Archisphex* (RASNITSYN; JARZEMBOWSKI; ROSS, 1998) for not having important venation differences from *A. crowsoni*. There are two species with complete bodies from the Laiyang Formation (Berriasian) that were also moved to *Archisphex* by Rasnitsyn, Jarzembowski e Ross (1998), *A. beiboziensis* and *A. venulosus* (formerly *Palaeapis beiboziensis* and *Mateosphex venulosus*).

The fossils were found in a Member that consists of brown-yellow, yellow-green siltstone, shale, silt shale, calcareous muddy siltstone, and greyish-black, mud-shale. *A. catalunicus* is from the limestone of the La Cabrúa outcrop (La Pedrera de Rubies Formation-Berriasian). It consists of part and counterpart of the forewing. From the Hauterivian (Lower Weald Clay Formation), there are two species (*A. boothi* and *A. proximus*) with incomplete forewing impressions found in siltstone and fine-grained sandstone lenses. There is an additional specimen of *A. boothi* with an incomplete body and small fragments of the fore and the hind wing. *Archisphex curvus* was described from the impression of a forewing preserved in phosphatic mudstone nodules from Upper Weald Clay Formation-Barremian).

Table 1 - Species of the genus *Archisphe*x and their body and forewing lengths

<i>Archisphe</i>x species	Body length (mm)	Forewing length (mm)
<i>Archisphe</i> x. <i>venulosus</i>	8.8	4.3
<i>Archisphe</i> x. <i>incertus</i>	10	4.5
<i>Archisphe</i> x. <i>crowsoni</i>	-	5
<i>Archisphe</i> x. <i>curvus</i>	-	5.6
<i>Archisphe</i> x. <i>hesselae</i>	8	7
<i>Archisphe</i> x. <i>beiboziensis</i>	8	7.5
<i>Archisphe</i> x. <i>catalunicus</i>	-	7.6
<i>Archisphe</i> x. <i>boothi</i>	-	7.9-9.4
<i>Archisphe</i> x. <i>arturi</i>	14	9
<i>Archisphe</i> x. <i>proximus</i>	-	12.5

Source: Table made by author.

Table 2 - Localities where species of *Archisphe*x are recorded and their age

<i>Archisphe</i>x species	Stratigraphic unit	Age	Country
<i>A. arturi</i>	Crato Member, Santana Formation	Aptian	Brazil
<i>A. hesselae</i>	Crato Member, Santana Formation	Aptian	Brazil
<i>A. curvus</i>	Upper Weald Clay Formation	Barremian	England
<i>A. catalunicus</i>	La Pedrera de Rubies Formation	Barremian	Spain
<i>A. proximus</i>	Lower Weald Clay Formation	Hauterivian	England
<i>A. boothi</i>	Lower Weald Clay Formation	Hauterivian	England
<i>A. crowsoni</i>	Wadhurst Clay Formation	Valanginian	England
<i>A. venulosus</i>	Laiyang Formation	Berriasian	China
<i>A. beiboziensis</i>	Laiyang Formation	Berriasian	China
<i>A. incertus</i>	Zaza Formation	Berriasian	Russia

Source: Table made by author.

The fossil records for *Archisphe*x are from Spain (1), England (4), Russia (1) and China (2) and now Brazil (2). They are found in some of the main hymenoptero-faunas known from the Early Cretaceous. *Archisphe*x *hesselae* and *A.*

arturi are complete specimens with fore- and hindwings well-preserved and are the first records described from the Aptian age. Although there are many fossils from the Aptian from central Mongolia they are undescribed, Rasnitsyn, Jarzembowski e Ross (1998), The new species described here increase the knowledge of body morphology and also feature of the hindwing of this genus. There is a predominance of Sphecidae among the other hymenopteran families in the Araripe basin recorded, but only one genus and two species, those of this publication.

Acknowledgements: We thank Juvenal Laurentino Dias for collecting the specimen FPH-1970-I. We are grateful to Dr. Helena Hessel's suggestions on the paper, Dr. Alexander Rasnitsyn for making important literature material available, the Hymenoptera Institute (University of Kentucky) for hosting the research, Erika Tucker for general assistance, Mei Wang for helping with Chinese translations, CAPES for financial support, and Fundação Paleontológica Phoenix and DNPM for lending specimens.

REFERENCES

- ALEXANDER, B. A. An exploratory analysis of cladistic relationships within the superfamily Apoidea, with special reference to sphecid wasps (Hymenoptera). **Journal of Hymenoptera Research**, [s.l.], v. 1: 25–61, 1992.
- ANSORGE, J. Bemerkenswerte Lebenspuren und ?Cretosphex catalunucus n. sp. (Insecta; Hymenoptera) aus den unterkretazischen Plattenkalken del Sierra del Montsec (Provinz Lerida, NE-Spanien). **Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Monatshefte**, [s.l.], v. 190, p. 19-35, 1993.
- ASSINE, M.L. 2007. Bacia do Araripe. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 371-389, 2007.
- BROTHERS, D. J. Phylogeny and evolution of wasps, ants and bees (Hymenoptera, Chrysidoidea, Vespoidea and Apoidea). **Zoologica Scripta**, [s.l.], v. 28, p. 233–49, 1999.
- DARLING, D.C.; SHARKEY, M.J. Hymenoptera. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, New York, v. 195, p. 123-153, 1990.
- EVANS, H. E. Three new Cretaceous wasps (Hymenoptera). **Psyche**, [s.l.], v. 76, 251-261, 1969.
- GAULD, I.; BOLTON, B. **The Hymenoptera**. New York: Oxford University, 1988.

GRIMALDI, D.; ENGEL, M.S. Hymenoptera: Ants, bees, and other wasps. *In*: GRIMALDI, D.; ENGEL, M.S. (ed.) **Evolution of the insects**. New York: Cambridge University. p. 407-467. 2005.

HONG, Y. New fossil insects of the Laiyang Group from Laiyang Basin, Shandong Province. **Professional Papers in Stratigraphy and Paleontology**, [s.l.], v. 11, p. 31-41. 1984.

HUBER, J.T.; SHARKEY, M.J. Structure. *In*: GOULET, H.; HUBER, J.T. (ed.). **Hymenoptera of the world: an identification guide to families**. Ottawa: Agriculture Canada, p. 13-58. 1993.

JARZEMBOWSKI, E. A. New insects from the Weald Clay of the Weald. **Proceedings of the Geologists' Association**, [s.l.], v. 102, p. 93-108. 1991.

LABANDEIRA, C.C. **A compendium of fossil insect families**. Washington: Milwaukee Public Museum. 1994.

LOMHOLDT, O. On the origin of the bees (Hymenoptera: Apidae, Sphecidae). **Entomologica Scandinavica**, [s.l.], v. 13, p. 185–90. 1982.

MANSON, W.R.M.; HUBER, J.T. Order Hymenoptera. *In*: GOULET, H.; HUBER, J.T. (ed.). **Hymenoptera of the World: an identification guide to families**. Ottawa: Agriculture Canada, p. 4-12, 1993.

MELO, G. A. R. Phylogenetic relationships and classification of the major lineages of Apoidea (Hymenoptera), with emphasis on the crabronid wasps. **Scientific Papers, Natural History Museum, Kansas**, v. 14, p. 1–55, 1999.

MENON, F.; MARTILL, D.M. Taphonomy and preservation of Crato Formation arthropods. *In*: MARTILL, D.M.; BECHLY, G.; LOVERIDGE, R.F. (ed.). **The Crato fossil beds of Brazil**. New York: Cambridge University, p. 70-77, 2007.

PRENTICE, M. **The Comparative Morphology and Phylogeny of Apoid Wasps (Hymenoptera: Apoidea)**. 1998. Tese (Doutorado) – University of California, Berkeley, 1998.

RASNITSYN, A. P. Hymenoptera Apocrita of the Mesozoic. **Transactions of the Paleontological Institute, Academy of Sciences of the USSR**. Russia: [s.n.], 1975.

RASNITSYN, A.P. An outline of evolution of hymenopterous insects (order Vespida). **Oriental Insects**, Philadelphia, v. 22, p. 115-145, 1988.

RASNITSYN, A. P.; JARZEMBOWSKI, E. A.; ROSS, A.J. Wasps (Insecta: Vespida=Hymenoptera) from the Purbeck and Wealden (Lower Cretaceous) of southern England and their biostratigraphical and palaeoenvironmental significance. **Cretaceous Research**, [s.l.], v. 19, 329-391. 1998.

RASNITSYN, A.P.; QUICKE, D.L.J. (ed). **History of insects**. Dordrecht: Kluwer Academic, 2002.

ZHANG, J. New data on the Mesozoic fossil insects from Laiyang in Shandong. **Geology of Shandong**, [s.l.], v. 1, 23-39. 1985.

7 OUTRAS DESCRIÇÕES DE NOVOS HYMENOPTERA DO MEMBRO CRATO

FPH-1969-I *A gen. et sp. nov.*

Superfamily: Vespoidea Latreille 1802

Family: Sapygidae Latreille 1796

Family placement: The features shown in the specimens make the familial placement undoubtable. The absent of pygidial plate because of the transformation of the sixth metasomal sternum of the female is an synapomorphy of all Sapygidae (OSTEN, 2007). The main longitudinal veins (R1, M, Cu) not reaching the margin of the wings are diagnostic for this family, also the absent of tibial spurs and tarsi spines and metasoma egg shaped. Although some important characters are in the area of the head are not showed, likely the pronotum shape. The wing venation is very similar to Tiphiidae, that is why its value restricted as a phylogenetic feature. Those two families share several symplesiomorphies (OSTEN, 2007).

A gen. nov.

Diagnosis: 2r long, RS reaching marginal cell far away from pterostigma, 1m-cu not reaching half of 1+2Rs cell, 2m-cu and M+RS straight, 2r-m arched towards wing margin and different pterostigma shape.

A 1 sp. nov.

Figures 39-42.

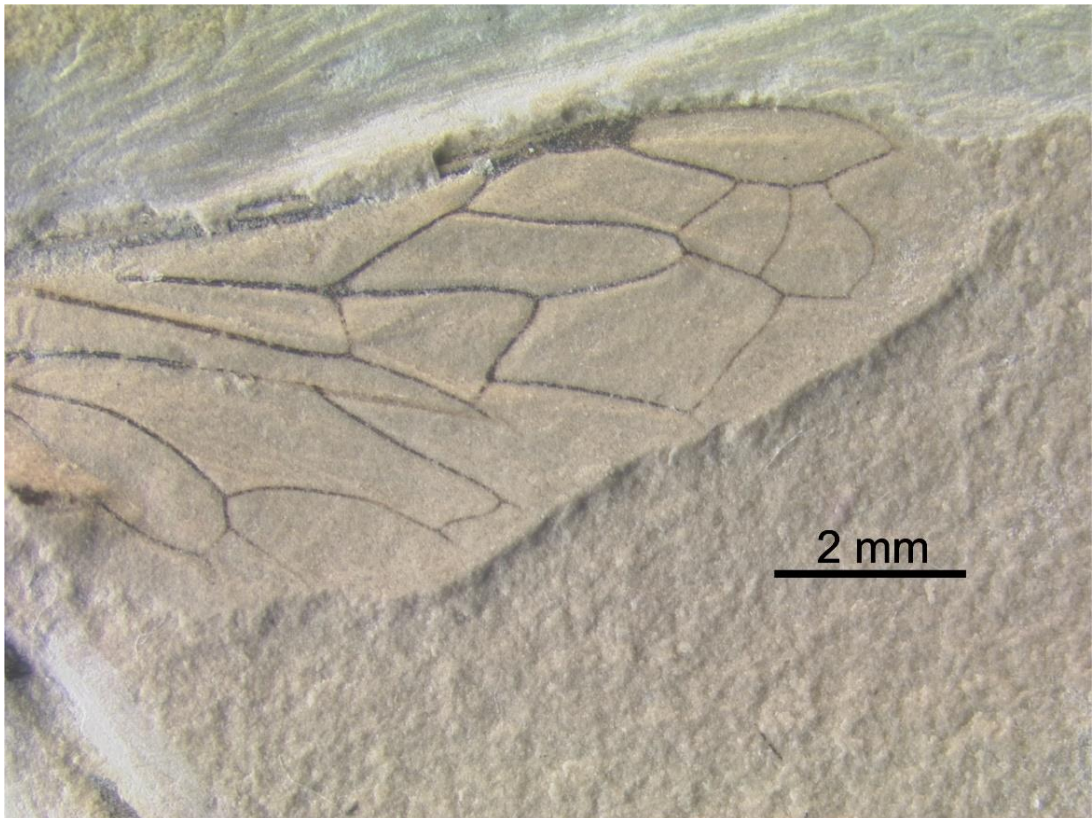
Diagnosis: RS short, 1m-cu reaching one fourth of 1+2Rs cell, 2m-cu reaching 3Rs in one third of the cell, cells 1+2Rs and 3Rs with different shape and sizes, 3r-m vein ends angled towards wing base, marginal cell apex reaches the wing margin.

Material: Holotype FPH-1969-I (female? dorsal aspect, body not in very good condition of preservation, and only one wing well preserved), and it is deposited in the Fundação Paleontológica Phoenix, Aracaju city, Sergipe State, Brazil.

Description: Body robust, length 13mm, evidence of distinct punctures. Mesosoma robust without apparent petiole. Metasoma ovoid shaped, robust, as large as metasoma, measuring 5mm, ending conical without pygidial plate. Legs slender with no tibial spur and tarsi spines. Some wing hair is present. The main longitudinal veins

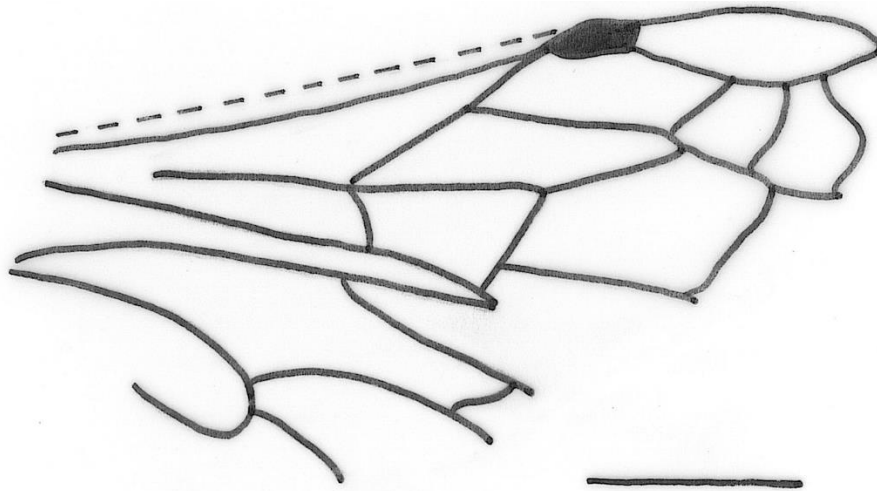
(R1, M, Cu) not reaching the wing margin. RS short, 1m-cu reaching one fourth of 1+2Rs cell, 2m-cu reaching 3Rs in one third of the cell, cells 1+2Rs and 3Rs with different shape and sizes, 3r-m vein ends angled towards wing base, marginal cell apex reaches the wing margin.

Figure 39 - *A 1* sp. nov., holotype specimen FPH-1969-I, forewing venation photography



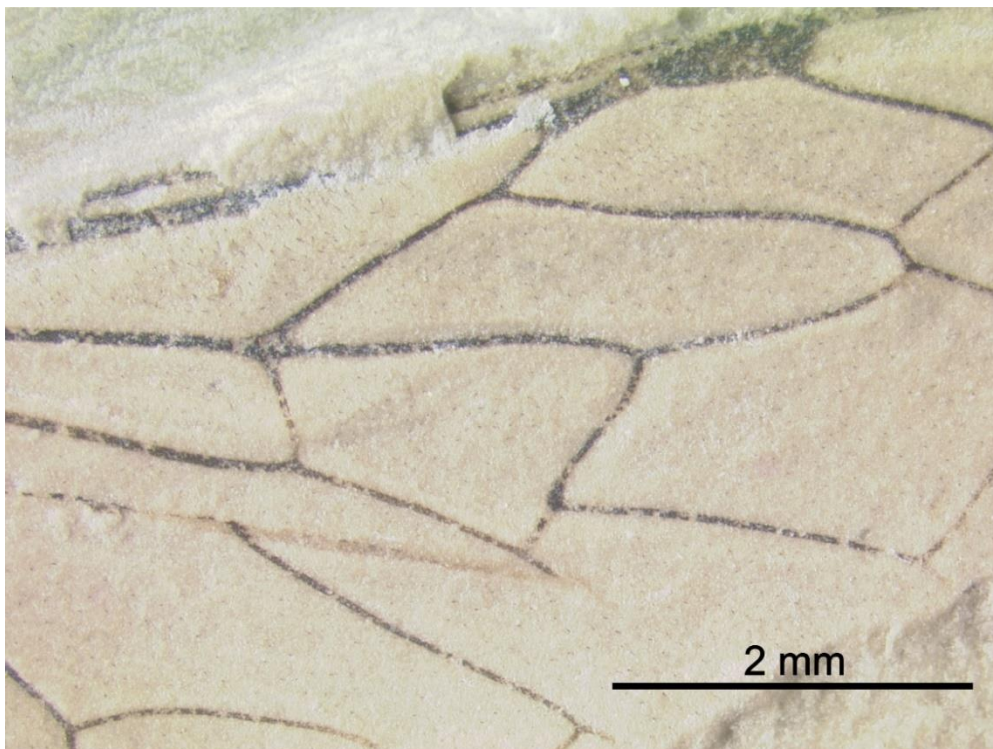
Source: Photography taken by author.

Figure 40 - *A 1* sp. nov., holotype specimen FPH-1969-I, forewing venation drawing. Scale 2 mm



Source: Drawing made by author.

Figure 41 - *A 1* sp. nov., holotype specimen FPH-1969-I, forewing venation photography showing details of preservation



Source: Photography taken by author.

Figure 42 - *A 1* sp. nov., holotype specimen FPH-1969-I, habitus photography



Source: Photography taken by author.

A 2 sp. nov.

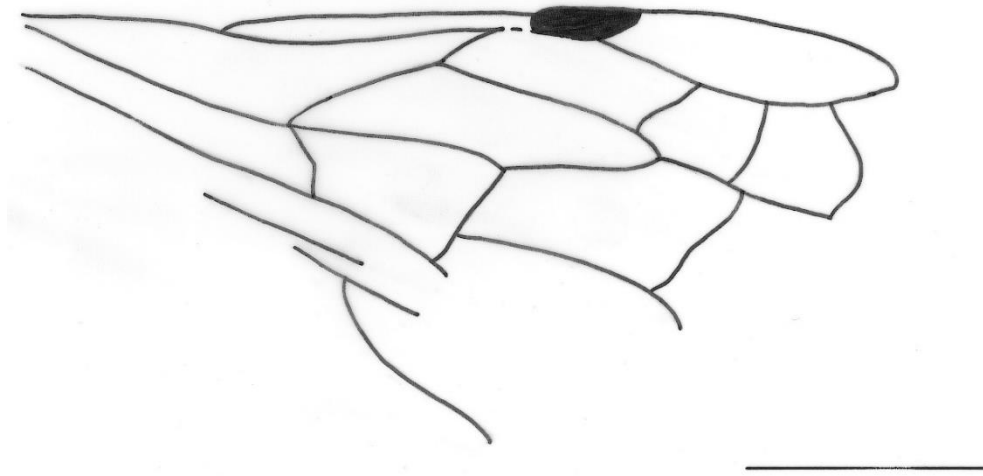
Figures 43-45.

Diagnosis: Rs long, 1m-cu reaching one third of 1+2Rs cell, 2m-cu reaching 3Rs right after 2r-m, cells 1+Rs and 3Rs with similar shape and size, 3r-m vein arched towards wing base, marginal cell apex not reaching the wing margin.

Material: Holotype FPH-1972-I (female? ventral aspect, body and wings in good condition of preservation) and it is deposited in the Fundação Paleontológica Phoenix, Aracaju city, Sergipe State, Brazil.

Description: Body robust, length 11mm, no evidence of distinct punctures. Mesosoma slender and petiolate. Metasoma egg shaped, robust, measuring 5mm, ending conical without pygidial plate. Coxa robust, tibia and tarsi slender with no tibial spur and tarsi spines. The main longitudinal veins (R1, M, Cu) not reaching the wing margin. Rs long, 1m-cu reaching one third of 1+2Rs cell, 2m-cu reaching 3Rs right after 2r-m, cells 1+Rs and 3Rs with similar shape and size, 3r-m vein arched towards wing base, marginal cell apex not reaching the wing margin.

Figure 43 - *A 2* sp. nov., holotype specimen FPH-1972-I, forewing venation photography



Source: Photography taken by author.

Figure 44 - *A 2* sp. nov., holotype specimen FPH-1972-I, forewing venation drawing.
Scale 2 mm



Source: Drawing made by author.

Figure 45 - *A 2* sp. nov., holotype specimen FPH-1972-I, habitus photography



Source: Photography taken by author.

Discussion: The features of the body and wing presented in the specimens place them in the Sapygidae family despite their similarities with Tiphiidae. The absent of pygidial plates, metasoma with ovoid shape and marginal cell truncate at the apex are some of the diagnostic features that placed it in this family. The genus *A* shows many characters that differentiate it from the *Cretofedtschenkia* Osten 20017 recorded in Crato Member that has only one specimen deposited in the Staatliches Museum für Naturkunde Stuttgart ,Germany. Another record was identified as *C. santanensis* and it is deposited in the Laboratório de Paleontologia na Coleção de Reserva Técnica da Universidade Federal do Ceará, Brazil.

The new genus assigned here differs from *Cretofedtschenkia* for showing 1m-cu reaching one third of 1+2Rs, 2m-cu straight, 2r-m arched towards wing margin and M+Rs straight. Species *A 1* shows RS short, 1m-cu reaching one fourth of 1+2Rs cell, 2m-cu reaching 3Rs in one third of the cell, cells 1+2Rs and 3Rs with different shape and sizes, 3r-m vein ends angled towards wing base, marginal cell apex reaches the wing margin and *A 2* shows Rs long, 1m-cu reaching one third of 1+2Rs cell, 2m-cu reaching 3Rs right after 2r-m, cells 1+Rs and 3Rs with similar

shape and size, 3r-m vein arched towards wing base, marginal cell apex not reaching the wing margin.

Two specimens of *Cretofedtschenkia santanensis* are known today, and this paper here identifies two more specimens, accounting then four specimens for this family, two genera, and three species. The family Sapygidae is known for being very rare (Spahr, 1987: Gattung Sapyga von Brischke, 1886; Handlirsch, 1925), therefore the presence of a new genus and two species make this discovery intriguing for showing a certain diversity in a record that is not very common during Cretaceous.

FPH-1968-I *Angarosphex 1 sp. nov.*

Superfamily: Apoidea Latreille 1802

Family: Sphecidae Latreille 1802

Family placement: Wing venation presents diagnostic features for the genus *Angarosphex* Rasnitsyn 1975 of the family Sphecidae.

Angarosphex Rasnitsyn 1975

Diagnosis: cells 1+2Rs and 1M touching each other for a short distance or not at all, 3Rs receives 2m-cu, short 1+2Rs and apex of 3r-m which is situated on the wing margin or very close to it, 3r much longer than 1+2Rs, upper side of cell 1M much longer than its lower side (Rasnitsyn, 1975).

Angarosphex 1 sp. nov.

Figures 46-48.

Diagnosis: 1r rudimentary, 2R1 apex rounded, 2m-cu slightly arched, 1cu-a straight, 3r-m arched towards wing margin.

Material: Holotype FPH-1968-I (female? ventral aspect, body not in very good condition of preservation, but wings well preserved), and it is deposited in the Fundação Paleontológica Phoenix, Aracaju city, Sergipe State, Brazil.

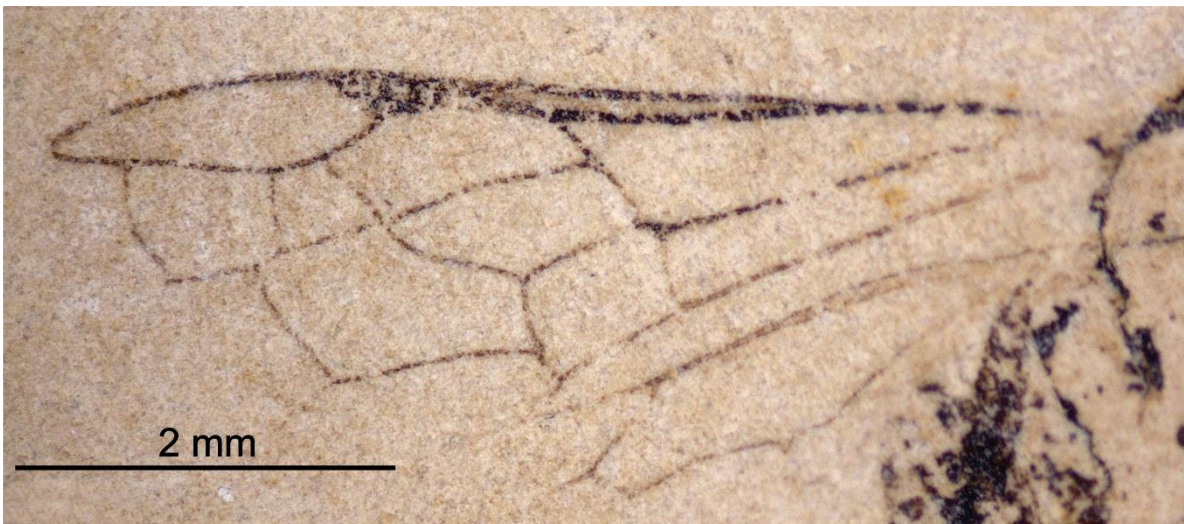
Description: Body robust, length 7mm. Mesosoma ovoid shaped, robust and petiolate. Metasoma egg shaped, robust. Tibia more robust than tarsi, no tibial spur and spines. Forewing length 5mm, main longitudinal veins (R1, M, Cu) not reaching the wing margin. 1r rudimentary, 2R1 apex rounded, 2m-cu slightly arched, 1cu-a straight, 3r-m arched towards wing margin.

Figure 46 - *AngarospheX 1* sp.nov., holotype specimen FPH-1968-I, habitus photography



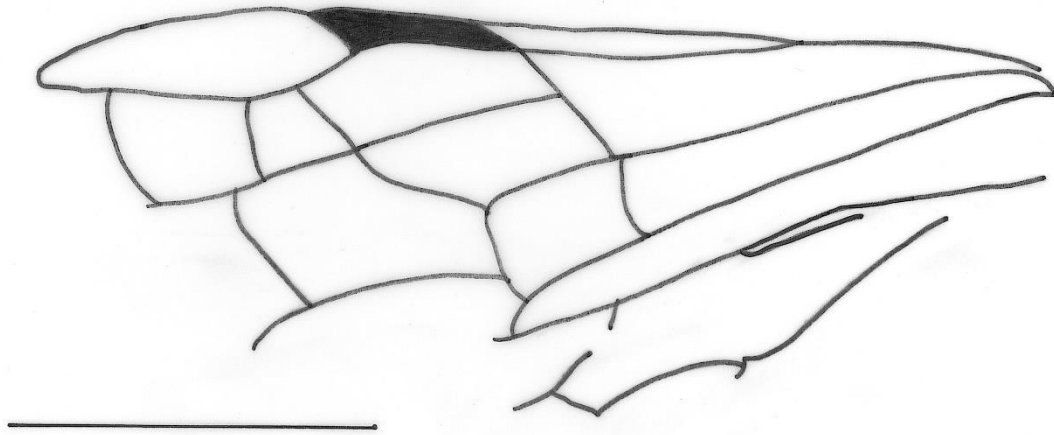
Source: Photography taken by author.

Figure 47 - *AngarospheX 1* sp.nov., holotype specimen FPH-1968-I, forewing venation photography



Source: Photography taken by author.

Figure 48 - *Angarosphex 1* sp.nov., holotype specimen FPH-1968-I, forewing venation drawing. Scale 2 mm



Source: Drawing made by author.

Discussion: There are eight species representing this genus; *A. niger* Rasnitsyn 1990, *A. pallidus* Rasnitsyn 1986, *A. bleachi* Rasnitsyn & Jarzembowski 1998, *A. consensus* Rasnitsyn & Jarzembowski 1998, *A. goldringi* Jarzembowski 1991, *A. myrmicopterus* Rasnitsyn 1975, *A. parvus* Darling (1990) e *A. magnus* Darling (1990). They are all recorded in the Early Cretaceous of Brazil, China, England, Mongolia and Russia. The genera *Angarosphex* and *Archisphex* are recorded in the Early Cretaceous and share many body and wing venation similarities. *Angarosphex* comprises 8 species and *Archisphex* 10. They are also recorded in the same localities, but Spain, and in the same ages, but Valanginian. In the Araripe basin there are two formal species for *Angarosphex*, *A. parvus* and *A. magnus*, but there are some questionings on the possibility of synonymy of *A. magnus* for sharing the same diagnostic wing venation features and differentiating only on size and some robust parts. The identification made in this work would make *Angarosphex* and *Archisphex* share the same number of species recorded in Crato Member, each one with two species.

Angarosphex magnus Darling (1990) - Body length about 13-17 mm, forewing length 7-10mm, wings densely hairy; marginal cell longer, length greater than 5 times maximum width; femora more robust and tarsi longer than in *C. parvus*. Brazil, Aptian.

A. parvus Darling (1990) - Body length 8-10 mm; forewing length 5-7mm, wings not densely hairy; marginal cell shorter, length less than 5 times maximum width; femora narrower and tarsi shorter than in *C. magnus*. Brazil, Aptian.

A. myrmicopterus Rasnitsyn 1975 - Body length 8mm, forewing length 6mm, 1r prominent, Russia, Aptian.

A. goldringi Jarzembowski 1991 - Forewing length 8mm, 1r prominent, 3r-m straight, 2R1 long and lanceolate, 2m-cu straight, 1m-cu do not reach RS, England, Barremian.

A. consensus Rasnitsyn & Jarzembowski 1998 - Forewing length 6mm, 3r-m sinuate, 2r-m arquate towards wing base, 2m-cu sinuate on lower side, England, Hauterivian.

A. bleachi Rasnitsyn & Jarzembowski 1998 - Forewing length 10mm, 2R1 lanceolate and alongate, pterostigma parallel-sided, England, Hauterivian.

A. pallidus Rasnitsyn 1986 - Forewing length 5 mm, pterostigma parallel-sided, issuing 2r-rs near its apical 1/4, 3r-m closer to apex of cell 3r. Mongolia, Berriasian..

A. niger Rasnitsyn 1990 - Forewing length 5-6 mm, RS base far from pterostigmal base, pterostigma issuing 2r-rs well beyond its midlength. Russia, Berriasian.

Dnpm 3604 B 1 gen. et. sp. nov.

Superfamily: Ephialtitoidea Handlirsch 1906

Family: †Ephialtitidae Handlirsch 1906

Family placement: Forewing venation is diagnostic for the genus *Trigonalopterus* Rasnitsyn 1975 which belongs to Ephialtitidae.

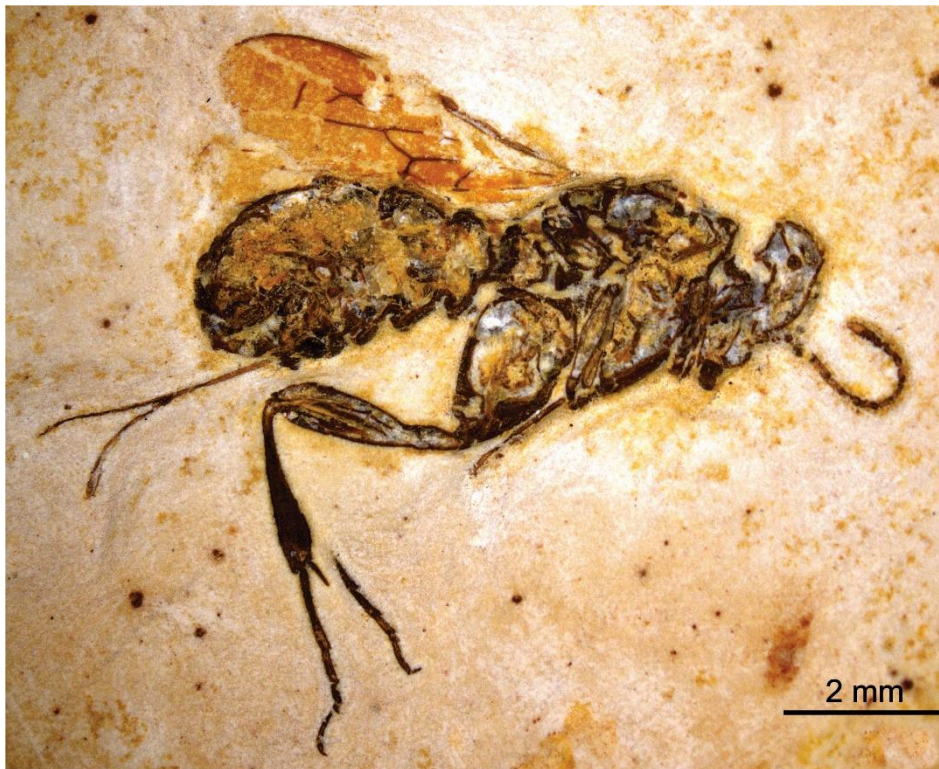
Trigonalopterus Rasnitsyn 1975

Diagnosis: Forewing with basal section of RS close to pterostigma and directed toward wing base, crossvein 1r-rs absent, crossvein 2r-m oblique, close to crossvein 2r-rs. Antennae with 12 segments, ovipositor short (CARPENTER, 1992).

Trigonalopterus 1 sp. nov.

Figures 49-52.

Figure 49 - *Trigonalopterus 1* sp. nov., holotype specimen DNPM-3604, habitus photography



Source: Photography taken by author.

Diagnosis: 3r-m straight, presence of one tibial spur, antennae with 12 segments and 3mm ovipositor.

Material: Holotype DNPM 3604 (female, lateral aspect, a complete body and very-well preserved forewings), Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), Crato, Brazil

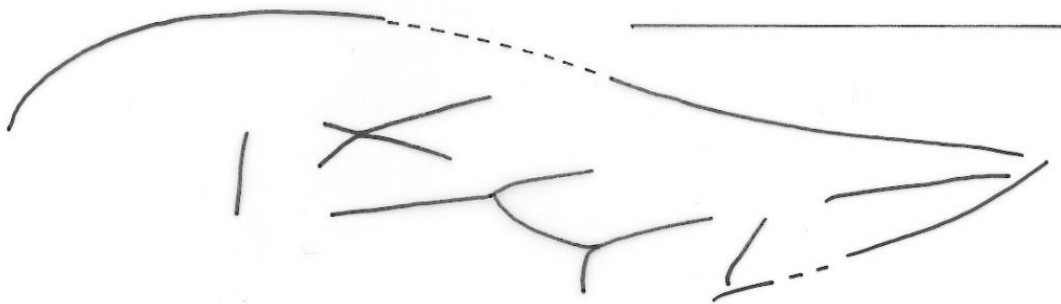
Description: Body small and robust, 7,5mm length. Head high and short. Antenna with 12 visible segments. Mesosoma shorter and slender than metasoma. Absent petiole. Coxa very robust, femora slim and tibial spur present. Costal cell (C) elongate and narrow, marginal cell (2R1) lanceolate, elongate and wide with straight apex, 1+2Rs triangle shaped, 2r-m bent toward the base of wing and 3r-m straight. Short ovipositor length 3mm.

Figure 50 - *Trigonalopterus 1* sp. nov., holotype specimen DNPM-3604, forewing venation photography



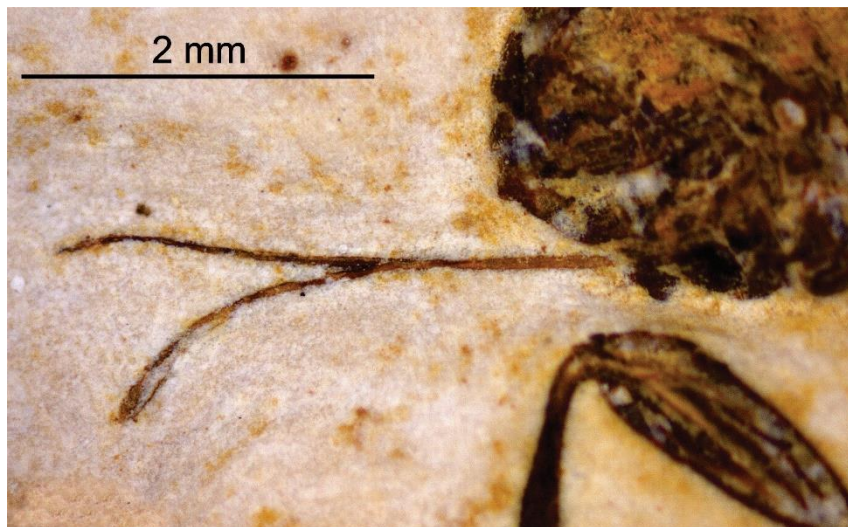
Source: Photography taken by author.

Figure 51 - *Trigonalopterus 1* sp. nov., holotype specimen DNPM-3604, forewing venation drawing. Scale 2 mm



Source: Drawing made by author.

Figure 52 - *Trigonalopterus 1* sp. nov., holotype specimen DNPM-3604, ovipositor photography



Source: Photography taken by author.

Discussion: This family comprises two subfamilies, Ephialtitinae and Symphyopterinae, and their main distinction is the ovipositor length. The specimen identified here belongs to Symphyopterinae for showing a short ovipositor. There are eight genera recorded for this subfamily, but only one in Early Cretaceous. *Brigittepterus* Rasnitsyn *et al.* 2003 (Early Jurassic), ?*Cephenopsis* Hong 1984 (Middle Cretaceous), *Karataus* Rasnitsyn 1977 (Jurassic and Early Cretaceous), *Karataviola* Rasnitsyn 1975 (Late Jurassic), *Micrephialtites* Rasnitsyn 1975 (Late Jurassic), *Symphyogaster* Rasnitsyn 1975 (Late Jurassic) and *Symphyopterus* Rasnitsyn 1975 (Early Jurassic and Late Jurassic). The genus *Trigonalopterus* Rasnitsyn 1975 is recorded in the Late Jurassic of Kazakhstan and shows similarities with the specimen identified in this paper. The shape of cell 1+2Rs is diagnostic for this family and this feature is shared with the species studied here, also body length, antennae segments number and 2R1 elongate and lanceolate. *Trigonalopterus 1* differs from the type species *T. brachycerus* for showing 3r-m straight and 2R1 with straight base vein.

LP UFC CRT 804 C 1 gen. et. sp. nov.

Superfamily: incertae

Family: incertae

Family placement: incertae

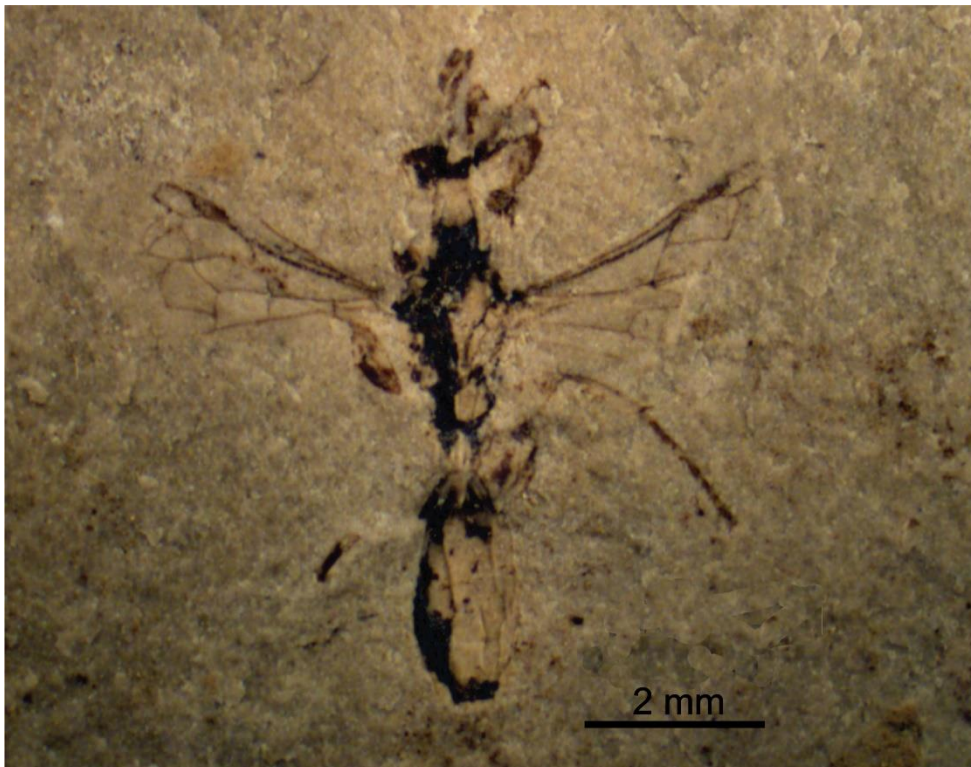
C gen. nov

Diagnosis: 1R very wide, pterostigma semi circular, triangular 1+2Rs, 1m-cu touching 2r-m, 1r-rs long, 2m-cu ver arched, 3r-m base close to 2r-m and arched, 2R1 apex truncate, 2R1 short and rectangular shaped, 3Rs short, Rs vein wider than M and Cu, 1cu-a touching RS+M, main veins not touching wing margin, RS touch R away from pterostigma.

C 1 sp.nov

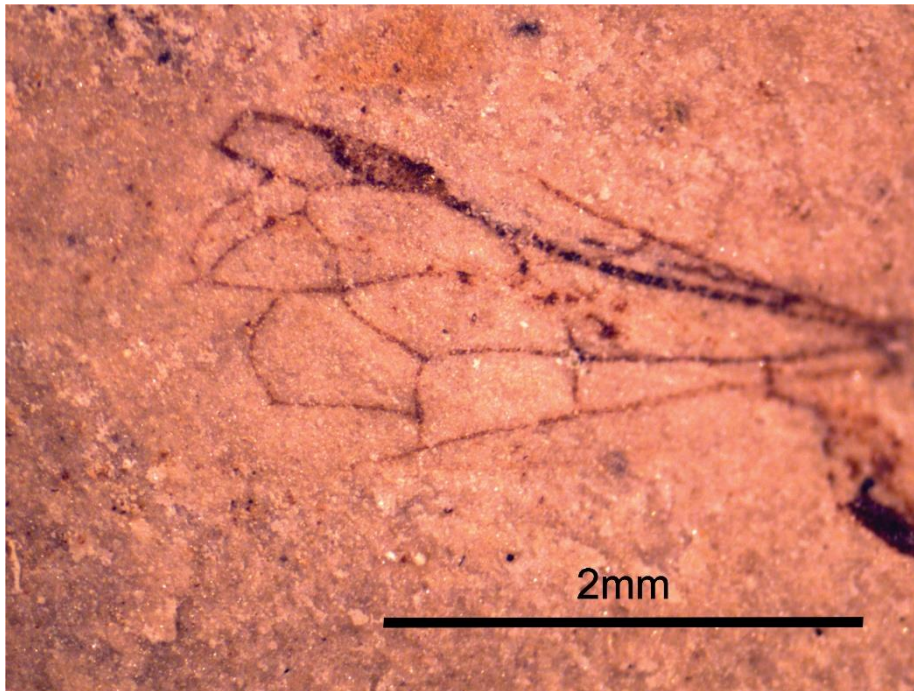
Figure 53-55.

Figure 53 - *C 1 sp. nov.*, holotype specimen LP UFC CRT 804, habitus photography



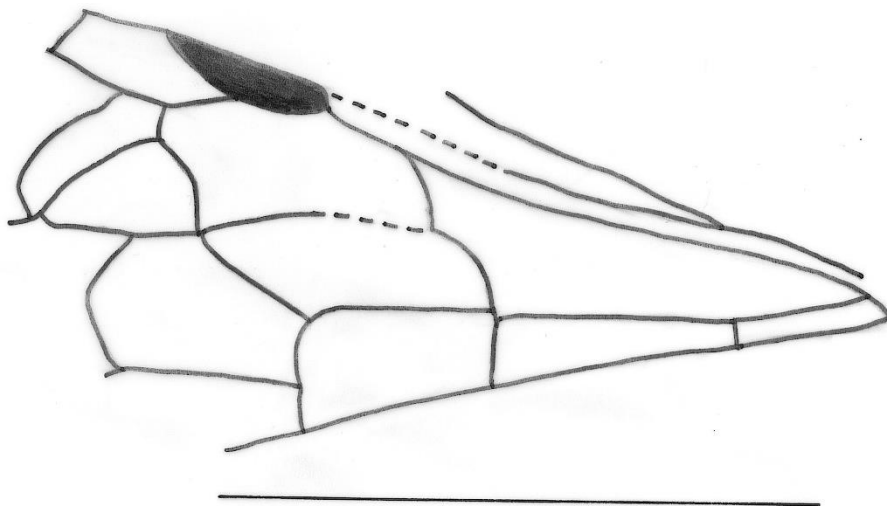
Source: Photography taken by author.

Figure 54 - *C 1* sp. nov., holotype specimen LP UFC CRT 804, forewing venation photography



Source: Photography taken by author.

Figure 55 - *C 1* sp. nov., holotype specimen LP UFC CRT 804, forewing venation drawing. Scale 2 mm



Source: Photography taken by author.

Diagnosis: 1R very wide, pterostigma semi circular, triangular 1+2Rs, 1m-cu touching 2r-m, 1r-rs long, 2m-cu ver arched, 3r-m base close to 2r-m and arched, 2R1 apex truncate, 2R1 short and rectangular shaped, 3Rs short, Rs vein wider than

M and Cu, 1cu-a touching RS+M, main veins not touching wing margin, RS touch R away from pterostigma, 1cu-a straight, costal cell not wider, 2m-cu touching half of 1+2Rs. Pterostigma very prominent, M apically arched in 1M.

Material: Holotype LP UFC CRT 804 (male?, dorsal aspect, a complete body and very-well preserved forewing). It is deposited in Laboratório de Paleontologia da Universidade Federal do Ceará-UFC, Coleção da Reserva Técnica, Fortaleza, Brazil.

Description: Body elongate and slender, 6 mm length. Head short and elongate. Mesosoma slender and longer than metasoma, and petiole present. 1R very wide, pterostigma semi circular, triangular 1+2Rs, 1m-cu touching 2r-m, 1r-rs long, 2m-cu very arched, 3r-m base close to 2r-m and arched, 2R1 apex truncate, 2R1 short and rectangular shaped, 3Rs short, Rs vein wider than M and Cu, 1cu-a touching RS+M, main veins not touching wing margin, RS touch R away from pterostigma, 1cu-a straight, costal cell not wider, 2m-cu touching half of 1+2Rs. Pterostigma very prominent, M apically arched in 1M.

Discussion: The forewing venation shows features that can place this specimen in two families, Maimetshidae or Crabronidae. But the lack of characteristics of the body and wing make its placement questionable. It shares similarities with the genus *Arossia* which belongs to Maimetshidae, for showing a large 1M cell, but it also shows a body shape that is similar to Crabronidae.

NOL 04-014 D 1 gen. et. sp. nov.

Superfamily: incertae

Family: incertae

Family placement: incertae

D gen. nov

Diagnosis: 1M very long, 2m-cu sinuate and long, 1cu-a touch RS+M, pterostigma short and parallel sided and linear, 2r-rs long, 2R1 lanceolate, not wide and apex not touching cell margin, 3R present, short and small, RS not touching pterostigma.

D 1 sp. nov.

Figures 56-58.

Diagnosis: 1M very long, 2m-cu sinuate and long, 1cu-a touch RS+M, pterostigma short and parallel sided and linear, 2r-rs long, 2R1 lanceolate, not wide and apex not touching cell margin, 3R present, short and small, RS not touching pterostigma, 2m-

cu touching 1+2Rs at the end and not touching 2r-m, 2r-m, 3r-m arched, main veins Rs, M, Cu do not reach cell margin, base of RS truncate, costal cell very narrow.

Material: Holotype NOL 04-014 (female?, dorsal aspect, a complete body, and very-well preserved forewings). It is deposited in the Fundação Paleontológica Phoenix, Aracaju city, Sergipe State, Brazil.

Description: Body elongate and robust, 20 mm length. Mesosoma and metasoma robust and elongate. Petiole present. Propodeum ovoid. Tibia robust. Body as long as forewings. 1M very long, 2m-cu sinuate and long, 1cu-a touch RS+M, pterostigma short and parallel sided and linear, 2r-rs long, 2R1 lanceolate, not wide and apex not touching cell margin, 3R present, short and small, RS not touching pterostigma, 2m-cu touching 1+2Rs at the end and not touching 2r-m, 2r-m, 3r-m arched, main veins Rs, M, Cu do not reach cell margin, base of RS truncate, costal cell very narrow.

Figure 56 - *D 1* sp. nov., holotype specimen NOL 04-014, forewing venation photography



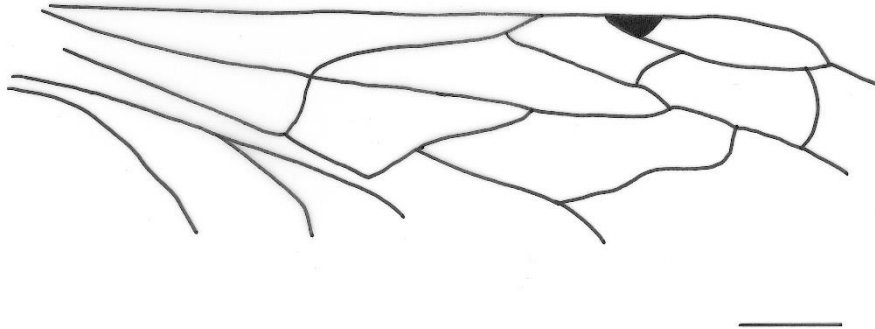
Source: Photography taken by author.

Figure 57 - *D 1* sp. nov., holotype specimen NOL 04-014, forewing photography



Source: Photography taken by author.

Figure 58 - *D 1* sp. nov., holotype specimen NOL 04-014, forewing drawing.
Scale 2 mm



Source: Drawing made by author.

Discussion: The presence of Vespidae was already mentioned by Menon and Martill *et al.* (2007) but no recorded has been published. Fossil of this family are very rare in the Lower Cretaceous (CARPENTER; RASNITSYN, 1990). This specimen shows similarities that can place it in Vespidae or Sphecidae. Cell 3R1 very short and a short pterostigma are features that can sign it in Vespidae. But the body shape,

robust metasoma and main crossveins reaching margin wing can position the fossil into a new genus for Sphecidae. The lack of features of head, antennae and legs makes its placement uncertain.

FPH-1967-I *E 1 gen. et. sp. nov.*

Superfamily: incertae

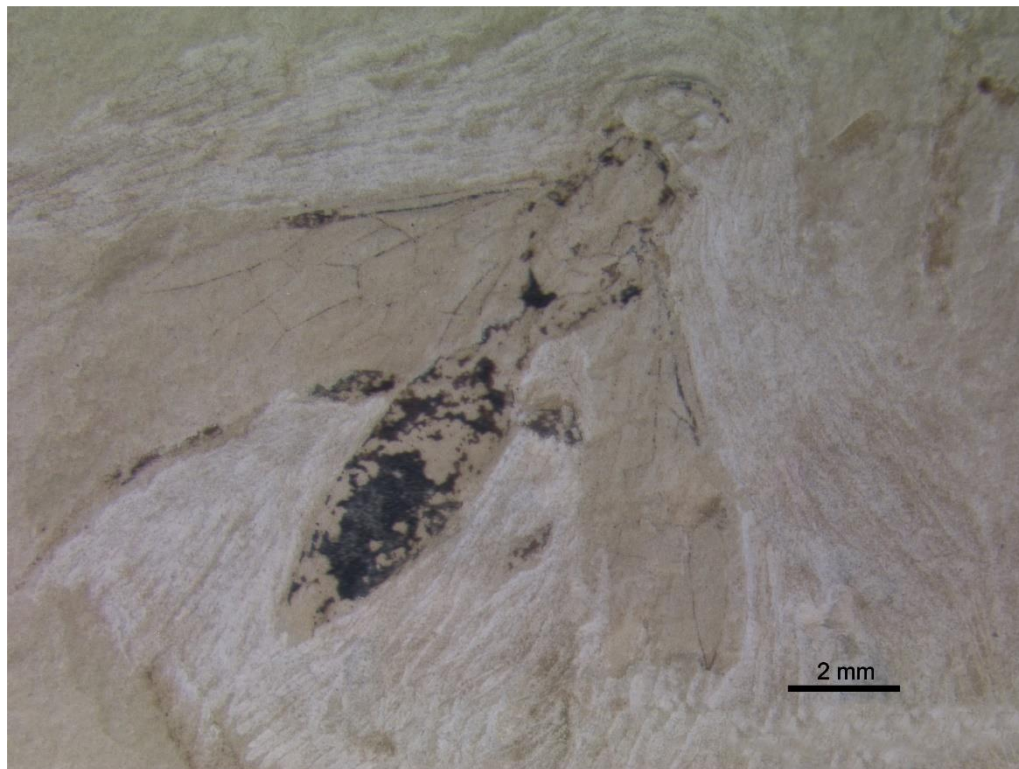
Family: incertae

Family placement: incertae

E gen. nov

Diagnosis: 2R1 lanceolate, alongate, costal cell wide, 2m-cu touching 2r-m, 3r-m straight, 1m-cu touching cell before Rs, 1R1 longer than 1M, Rs reaches R away from pterostigma.

Figure 59 - *E 1 sp. nov.*, holotype specimen FPH-1967-I, habitus photography



Source: Photography taken by author.

E 1 sp. nov.

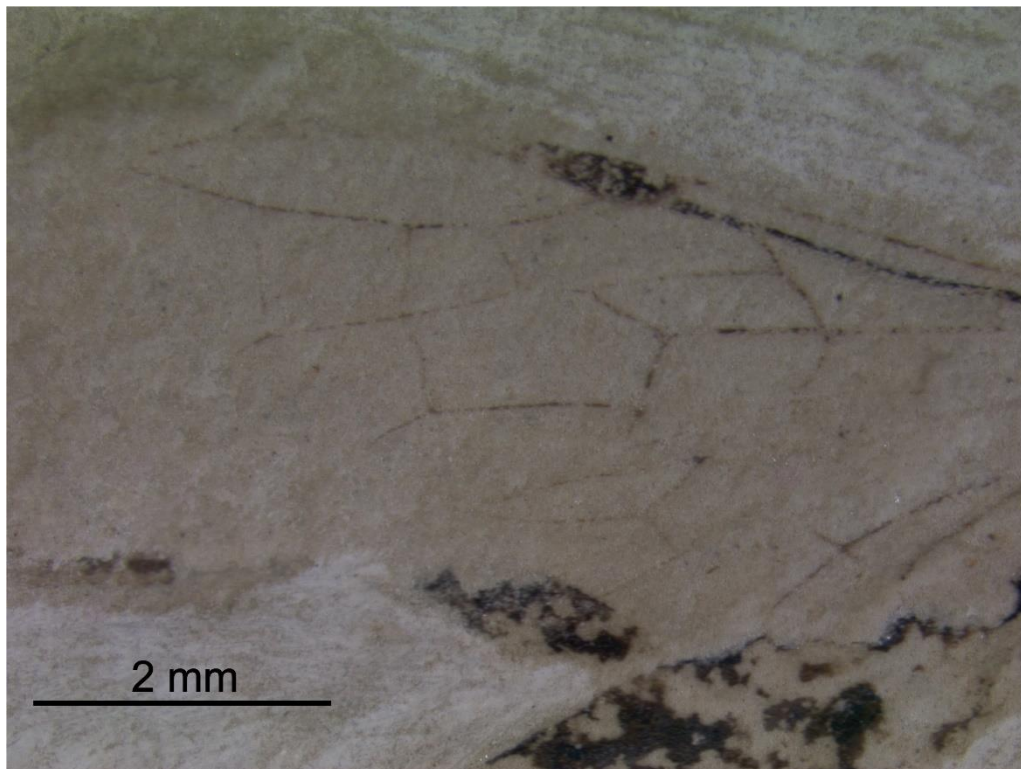
Figures 59-61.

Diagnosis: 2R1 lanceolate, alongate, costal cell wide, 2m-cu touching 2r-m, 3r-m straight, 1m-cu touching cell before Rs, 1R1 longer than 1M, Rs reaches R away from pterostigma, cells 1M and 2Cu showing similar shape and size, RS+M arched.

Material: Holotype FPH-1967-I (male?, dorsal aspect, a complete body and very-well preserved forewings) and it is deposited in the Fundação Paleontológica Phoenix, Aracaju city, Sergipe State, Brazil.

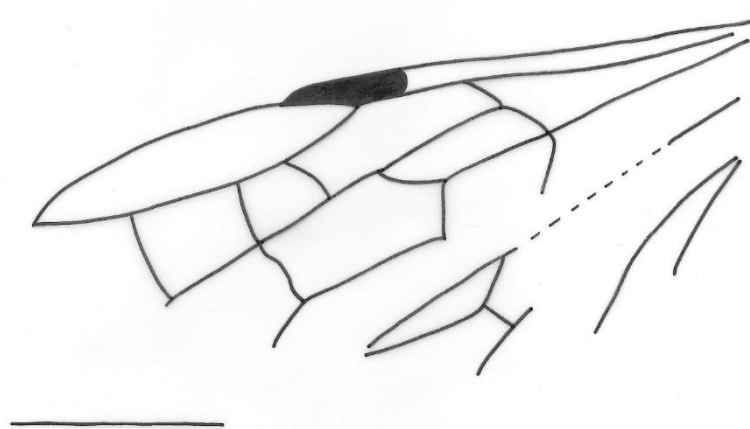
Description: Body elongate. Petiole present. Mesosoma shorter than metasoma. Tibia slender. 2R1 lanceolate, alongate, costal cell wide, 2m-cu touching 2r-m, 3r-m straight, 1m-cu touching cell before Rs, 1R1 longer than 1M, Rs reaches R away from pterostigma, cells 1M and 2Cu showing similar shape and size, RS+M arched.

Figure 60 - *E 1* sp. nov., holotype specimen FPH-1967-I, forewing venation photography



Source: Photography taken by author.

Figure 61 - *E 1* sp. nov., holotype specimen FPH-1967-I, forewing venation drawing. Scale 2 mm



Source: Drawing made by author.

Discussion: This specimen shows features that can place it in Pompilidae, Rhopalossomatidae or Sphecidae. The lack of edge of the wing not showing whether main crossveins are reaching the margin and for having antennae, head and legs diagnostic features makes its position questionable.

8 CONCLUSÃO

Após o trabalho com Hymenoptera do Membro Crato chega-se as seguintes conclusões:

a) O estudo de 47 exemplares de Hymenoptera das coleções revelou a ocorrência de onze famílias e 21 espécies. Dentre esses, foram descritos um espécime de Siricidae, com gênero e espécie nova, um gênero novo e duas novas espécies de Sapygidae, e a presença de dois gêneros já descritos, um de Ephialtitidae, com uma espécie nova, e outro para Sphecidae, com três novas espécies.

b) Na Bacia do Araripe a subordem Symphyta está representada pelas famílias Sepulcidae e Siricidae, as demais estão reunidas em Apocrita.

c) A família Sepulcidae é representada por *Prosyntexis gouleti* com sete exemplares conhecidos. Um novo táxon de Siricidae é descrita através da análise de dois exemplares.

d) A presença de †Ephialtitidae está representada por *Cratephialtites kourios* e um novo táxon é proposto do gênero *Trigonalopterus*. Há sete exemplares dessa família. Há um táxon de Proctotrupidae (*Protoprocto asodes*). Um táxon de Pteromalidae é descrita a partir de um exemplar.

e) A presença de Formicidae (*Cariridris bipetiolata*) é questionada, mas a impossibilidade de analisar o holótipo não permite a transferência de família. São conhecidos cinco exemplares dessa espécie. A espécie *Mesorhopalosoma cearae* representa a família Rhopalosomatidae e foi descrita a partir de dois exemplares. A família Sapygidae é registrada com a espécie *Cretofedtschenkia santanensis* e um novo gênero com duas espécies novas são propostos, contabilizando assim quatro táxons. A família Scoliidae está representada por três espécies, *Cretaproscolia josai*, *Cretoscolia brasiliensis* e *Araripescolia magnifica*, e há seis exemplares dessa família.

f) Os Sphecidae constituem a maioria dos himenópteros no Membro Crato, compreendendo *Angarosphex magnus*, *Angarosphex parvus* e *Cretobestiola* sp. Há um novo táxon proposto nova espécie de *Angarosphex* e duas espécies de *Archisphex* e eles somam 35 exemplares. A família Tiphidae possui uma espécie, *Architiphia rasnitsyni* e apresenta onze exemplares.

g) As famílias com mais representantes no Membro Crato são Sphecidae (35), Tiphidae (11), Sepulcidae (7), Ephialtitidae (7) e Scoliidae (6).

h) Das onze famílias encontradas no registro fóssil (sendo 1 delas proposta no trabalho), nove delas possuem representantes atuais; Siricidae, Proctotrupidae, Tiphidae, Sapygidae, Scoliidae, Sphecidae, Pteromalidae, Formicidae e Rhopalossomatidae.

i) Cinco famílias de Hymenoptera do Eocretáceo são registradas apenas no Araripe (Pteromalidae, Rhopalossomatidae, Sapygidae, Tiphidae e Formicidae).

j) Os Siricidae se encontram em áreas onde há coníferas e angiospermas, que são plantas já registradas no Membro Crato. A presença de poucos exemplares de Siricidae pode ser justificada por viverem poucos dias, ou por serem de clima úmido, o que fazia a temperatura quente do Araripe um problema para sua sobrevivência. Apesar de terem alimentos suficientes da sua dieta. Os da família Proctotrupidae apresentavam essas mesmas características quanto ao clima e alimentação e também apresentam poucos exemplares.

l) As famílias Tiphidae, Sphecidae, Formicidae são predominantemente de área tropical, e Scoliidae, que também ocorre em áreas mais quentes. Essas famílias têm suas larvas se alimentando de insetos como coleópteros, e aranhas que estavam presentes no paleoambiente do Araripe. A família Pteromalidae por apresentar formas bem pequenas apresentam dificuldades para estudar o material fóssil. As larvas de Sapygidae se alimentam de abelhas, e essas não são encontradas no registro fóssil, o que pode justificar a presença de poucos sapigídeos no Araripe.

m) Nas questões tafonômicas há a possibilidade das vespas terem caído no paleolago do Araripe ainda vivas, com as asas abertas, pois são encontradas no registro fóssil em posição de voo.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, A. P.; DEANS, A.R.; ENGEL, M.S.; FORSHAGE, M.; HUBER, J.T., JENNINGS, J.T.; JOHNSON, N.F.; LELEJ, A.S.; LONGINO J.T.; LOHRMANN, V.; MIKÓ, I.; OHL, M.; RASMUSSEN, C.; TAEGER, A.; YU, D.S. Order Hymenoptera. **Zootaxa**, [Auckland], v. 3703, n. 1, p. 51-62, 2013.

ALEXANDER, B. A. An exploratory analysis of cladistic relationships within the superfamily Apoidea, with special reference to sphecid wasps (Hymenoptera). **Journal of Hymenoptera Research**, [s.l.], v. 1: 25–61, 1992.

ALLISON, P.A. Phosphatized soft-bodied squids from the Jurassic Oxford Clay. **Lethaia**, [s.l.], v. 21, n.4, p. 403-410. 1988.

ANSORGE, J. Bemerkenswerte Lebenspuren und ?Cretosphex catalunucus n. sp. (Insecta; Hymenoptera) aus den unterkretazischen Plattenkalken del Sierra del Montsec (Provinz Lerida, NE-Spanien). **Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Monatshefte**, [s.l.], v. 190, p. 19-35, 1993.

ARAI, M.; COIMBRA, J.C.; TELLES JUNIOR, A.C.S. Síntese bioestratigráfica da Bacia do Araripe (nordeste do Brasil). In: SIMPÓSIO SOBRE A BACIA DO ARARIPE E BACIAS INTERIORES DO NORDESTE, 1., 1990, Crato. **Comunicações, DNPM/URCA/SBP**. Crato: [s.n.], 2001. p. 109-117 / 122-124.

ARAI, M., CARVALHO, I.S., CASSAB, R.C.T. Bacias Sedimentares Brasileiras: Bacia do Araripe. **Informativo da Fundação Paleontológica Phoenix**, [s.l.], v. 72, p. 1-6, 2004.

ASSINE, M.L. 2007. Bacia do Araripe. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 371-389, 2007.

ASSINE, M. L. **Sedimentação e Tectônica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil**. 1990. Dissertação (Mestrado em Geologia Regional) – Universidade de São Paulo, Rio Claro, SP., 1990.

BACHMANN, A.O. Hexapoda. In: CAMACHO, H.H. (ed.). **Los invertebrados fósiles**. Buenos Aires: Vazquez Mazzini, 2008. p. 655-680.

BARLING N.; MARTILL, D.M.; HEADS, S.W.; GALLIEN, F. High fidelity preservation of fossil insects from the Crato Formation (lower Cretaceous) of Brazil. **Cretaceous Research**, [s.l.], v. 52, n.B, p. 605-622. 2015.

BARLING, N.; HEADS, S. W.; MARTILL, D. M. A new parasitoid wasp (Hymenoptera: Chalcidoidea) from the Lower Cretaceous Crato Formation of Brazil: The first Mesozoic Pteromalidae. **Cretaceous Research**, [s.l.], v.1-7. 2013.

BECHLY. G. New fossil dragonflies from the Lower Cretaceous Crato Formation of north-east Brazil (Insecta: Odonata). **Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde**, Serie B264, p. 1–66. 1998.

BENNETT, D.J.; ENGEL, M,S. A primitive sapygid wasp in Burmese amber

(Hymenoptera: Sapygidae). **Actazoológica cracoviensia**, [s.l.], v. 48, p.1-9. 2005.

BENSON, R.B. Studies in Siricidae, especially of Europe and Southern Asia (Hymenoptera, Symphyta). **Bulletin of Entomological Research**, [s.l.], v. 34, p. 27-51, 1943.

BRANDÃO, C.R.F.; MARTINS NETO, R.G.; VULCANO, M.A. The earliest known fossil ant (first Southern Hemisphere Mesozoic record) (Hymenoptera, Formicidae, Myrmeciinae). **Psyche**, Cambridge, v. 96, n.3/4, p. 195-208. 1989.

BRIGGS D. The role of decay and mineralization in the preservation of soft-bodied fossils. **Annual Review of Earth and Planetary Sciences**, [s.l.], v. 31, p. 275-301. 2003.

BRITO-NEVES, B.B. 1990. A Bacia do Araripe no contexto geotectônico regional. *In*: SIMPÓSIO SOBRE A BACIA DO ARARIPE E BACIAS INTERIORES DO NORDESTE, 1., 1990, [s.l.]. Anais [...]. [S.l.]: Atlas, p. 21-33, 1990.

BROTHERS, D. J. Phylogeny and evolution of wasps, ants and bees (Hymenoptera, Chrysidoidea, Vespoidea and Apoidea). **Zoologica Scripta**, [s.l.], v. 28, p. 233-49, 1999.

BROWN, F.M. *Lithosirex williamsi* (Siricidae: Hymenoptera) a newly recognized fossil horntail from Florissant, Colorado. **Insecta Mundi**, [Florida], v. 1, p. 119-120, 1986.

BRUES, C.T. A species of *Urocerus* from Baltic amber. **Psyche**, [Chaoyang District], v. 33, p. 168-169, 1926.

BRUNO, A.P.; HESSEL, M.H. Registros paleontológicos do Cretáceo marinho na Bacia do Araripe. **Estudos Geológicos**, Recife, v. 16, n.1, p. 30-49. 2006.

CARPENTER, F. M. Arthropoda 4, Superclass Hexapoda, **Treatise on Invertebrate Paleontology, Part R**. Boulder: The Geological Society of America, 1992.

CARPENTER, F. M; RASNITSYN, A. P. Mesozoic Vespidae. **Psyche**, [s.l.], v. 97, n.1-2, p.1-20. 1990.

CARPENTER, F.M. Superclass Hexapoda. **Treatise on Invertebrate Paleontology, Part R, Volume 3, Arthropoda 4**. Boulder: Geological Society of America, 1992.

CARVALHO, G. K. R; HESSEL, M. H. A Presença de Crabronidae (Hymenoptera) no Membro Crato, Formação Santana, Bacia do Araripe. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PALEOINVERTEBRADOS, I. 2012, Bauru. **Anais [...]**. Bauru: [s.n.], 2012.

CHRYSAL, R.N. The Sirex woodwasps and their importance in forestry. **Bulletin of Entomological Research**, [s.l.], v. 19, p. 219-247, 1928.

- DARLING, D.C. A new species of Spalangiopelta (Hymenoptera; Pteromalidae; Ceinae) from Dominican amber: phylogenetic and biogeographic implications. **Journal of the Kansas Entomological Society**, [s.l.], suppl. 69 p. 248-259, 1996.
- DARLING, D.C.; SHARKEY, M.J. Hymenoptera. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, New York, v. 195, p. 123-153, 1990.
- DLUSSKY, G. M.; A. P. RASNITSYN. Two new species of aculeate hymenopterans (Vespida 5 Hymenoptera) from the middle Eocene of the United States. **Paleontological Journal**, [s.l.], v. 33, n. 5, p. 546–549. 1999.
- DOYLE, J.A., JARDINÉ, S.; DOERENKAMP, A. *Afropollis*, a new genus of early angiosperm pollen, with notes on the Cretaceous palynostratigraphy and palaeoenvironments of northern Gondwana. **Bulletin des Centres de Recherches Exploration-Production Elf-Aquitaine**, v. 6, p. 39-117, 1982.
- ENGEL, M. S. The Wasp Family Rhopalosomatidae in Mid-Cretaceous Amber from Myanmar (Hymenoptera: Vespoidea). **Journal of the Kansas Entomological Society**, [s.l.], v. 81, n. 3, p. 168–174. 2008.
- ENGEL, M.S. The first fossil leptofoenine wasp (Hymenoptera: Pteromalidae): a new species of Leptofoenus in Miocene amber from the Dominican Republic. **Zookeys**, [s.l.], v. 13, p. 57-66, 2009.
- EVANS, H. E. Three new Cretaceous wasps (Hymenoptera). **Psyche**, [s.l.], v. 76, 251-261, 1969.
- FIDALGO, P.; SMITH, D.R.. A fossil Siricidae (Hymenoptera) from Argentina. **Entomological News**, [s.l.], v. 98, p. 63-66. 1987.
- GASTON, K.J. The magnitude of global insect species richness. **Conservation Biology**, [s.l.], v. 5, p. 283-296, 1991.
- GAULD, I.; BOLTON, B. **The Hymenoptera**. New York: Oxford University, 1988.
- GEHLING, J. G. Microbial mats in terminal Proterozoic siliciclastics: Ediacaran death masks. **Palaios Res. Rep.**, [s.l.], v. 14, p. 40–57, 1999.
- GRIMALDI, D. ; ENGEL, M.S. Hymenoptera: ants, bees, and other wasps. *In*: GRIMALDI, D.; ENGEL, M.S. (ed.) **Evolution of the insects**. New York: Cambridge University, p. 407-467, 2005.
- GRISSEL, E. E. Hymenopteran diversity: some alien notions. **American Entomologist**, [s.l.], v. 45, p. 235–244, 1999.
- GROMOV, V.V., DMITRIEV, V.Y., ZHERIKHIN, V.V., PONOMARENKO A.G., RASNITSYN A.P.; SUKATSHEVA I.D. Cretaceous insects from Ul'ya River basin (western Okhotsk region). **Trudy Paleontologicheskogo Instituta**, [s.l.], v. 252: 5-60, 1993.

HANSON, P.E. ; GAULD, I. **The Hymenoptera of Costa Rica**. Oxford: Oxford University, 1995.

HEIMHOFER, U., ARIZTEGUI, D., LENNIGER, M., HESSELBO, S.P.; MARTILL, D.M. Deciphering the depositional environment of the laminated Crato fossil beds (Early Cretaceous, Araripe Basin, Northeastern Brazil). **Sedimentology**, [s.l.], v. 57, p. 677-694, 2010.

HONG, Y. New fossil insects of the Laiyang Group from Laiyang Basin, Shandong Province. **Professional Papers in Stratigraphy and Paleontology**, [s.l.], v. 11, p. 31-41. 1984.

HUBER, J.T.; SHARKEY, M.J.; FERNÁNDEZ, F. Estructura y glosario. *In*: FERNÁNDEZ, F.; SHARKEY, M. J. (ed). **Introducción a los Hymenoptera de la región neotropical**. Bogotá, Colombia: Sociedad Colombiana de Entomología & Universidad Nacional de Colombia, 2006. p. 114 – 135.

HUBER, J.T.; SHARKEY, M.J. Structure. *In*: GOULET, H.; HUBER, J.T. (ed.). **Hymenoptera of the world**: an identification guide to families. Ottawa, Agriculture Canada, p. 13-58. 1993.

JARZEMBOWSKI, E. A. New insects from the Weald Clay of the Weald. **Proceedings of the Geologists' Association**, [s.l.], v. 102, p. 93-108. 1991.

JATTIOT, R.; KROGMANN, L.; NEL, A. Revision of Prosyntexis from the Lower Cretaceous Crato Formation of Brazil (Hymenoptera, Sepulcidae, Trematothoracinae). **Zootaxa**, Melbourne, v. 3058, p. 55-62, 2011.

JELL, P. A. ; DUCAN, P. M. Invertebrates, mainly insects, from the freshwater, Lower Cretaceous, Koonwarra Fossil Bed (Korumburra Group), South Gippsland, Victoria. *In*. JELL, P. A. ; ROBERTS, J. (ed.). **Plants and Invertebrates from the Lower Cretaceous Koonwarra Fossil Bed, South Gippsland, Victoria**. Sydney: Association of Australasian Palaeontologists, p. 111-205, 1986.

JURINE, L. **Nouvelle méthode de classer les Hyménoptères et les Diptères**. Genève: Pasehoud, 1807.

KOLYADA, V. A.; MOSTOVSKI, M. B. Revision of Proctotrupidae (Insecta: Hymenoptera) described by Ch. T. Brues from Baltic amber. **Zootaxa**, [s.l.], v. 1661, p. 29–38, 2007.

KÖNIGSMANN, E. Das phylogenetische System der Hymenoptera. Teil 2: "Symphyta". **Deutsche Entomologische Zeitschrift**, [s.l.], v. 24, p. 1-40, 1977.

KOPYLOV, D.S.; RASNITSYN, A.P. 2014. New Trematothoracinae (Hymenoptera: Sepulcidae) from the Lower Cretaceous of Transbaikalia. **Proceedings of the Russian Entomological Society**, St Petersburg, v. 85, n. 1, p. 199-206, 2014.

KROGMANN, L., ENGEL, M., BECHLY, G., NEL, A. Lower Cretaceous origin of

long-distance mate finding behaviour in Hymenoptera (Insecta). **Journal of Systematic Palaeontology**, [s.l.], v. 11, p. 83-89, 2013.

KROGMANN, L., First fossil record of cercocephaline wasps with a description of a new genus and species from Dominican amber (Hymenoptera: Chalcidoidea: Pteromalidae: Cercocephalinae). **Historical Biology**, [s.l.], v. 25, p. 43-49. 2013.

KROGMANN, L; NEL, A. On the edge of parasitoidism: a new Lower Cretaceous woodwasp forming the putative sister group of Xiphydriidae + Euhymenoptera. **Systematic Entomology**, [s.l.], v. 37, p. 215–222, 2012.

LAPOLLA, J.S.; DLUSSKY, G.M.; PERRICHOT, V. Ants and the fossil record. **Ann. Rev. Entomol**, [s.l.], v. 58, p. 609-630, 2013.

LABANDEIRA, C.C. **A compendium of fossil insect families**. Washington: Milwaukee Public Museum. 1994.

LI, L., SHIH, C., RASNITSYN, A. P.; REN, D. New fossil ephialtitids elucidating the origin and transformation of the propodeal-metasomal articulation in Apocrita (Hymenoptera). **BMC Evolutionary Biology**, [s.l.], v. 15, n. 45, p. 1-17, 2015.

LOMHOLDT, O. On the origin of the bees (Hymenoptera: Apidae, Sphecidae). **Entomologica Scandinavica**, [s.l.], v. 13, p. 185–90. 1982.

MAA, T. A synopsis of Asiatic Siricoidea with notes on certain exotic and fossil forms (Hymenoptera, Symphyta). **Notes d'Entomologie Chinoise**, [s.l.], v.13, p. 11-189, 1949.

MASON, W.R.M.; HUBER, J.T. Order Hymenoptera. *In*: GOULET, H.; HUBER, J.T. (ed). Hymenoptera of the world: An identification guide to families. **Agriculture Canada**, Ottawa, p. 4-12, 1993.

MANSON, W.R.M.; HUBER, J.T. Order Hymenoptera. *In*: GOULET, H.; HUBER, J.T. (ed.). **Hymenoptera of the World**: an identification guide to families. Ottawa: Agriculture Canada, p. 4-12, 1993.

MARTÍNEZ-DELCLÒS, X.; BRIGGS. D., PEÑALVER. E. Taphonomy of insects in carbonates and amber. Palaeogeography, Palaeoclimatology, **Palaeoecology**, [s.l.], v. 203, p. 19-64, 2004.

MARTINS NETO, R.G. Estágio atual da paleoartropodologia brasileira: hexápodes, miriápodes, crustáceos (Isopoda, Decapoda, Eucrustacea e Copepoda) e quelicerados. **Arquivos do Museu Nacional**, Rio de Janeiro, v.63, n.3, p. 471-494, 2005.

MELO, G. A. R. Phylogenetic relationships and classification of the major lineages of Apoidea (Hymenoptera), with emphasis on the crabronid wasps. **Scientific Papers, Natural History Museum**, Kansas, v. 14, p. 1–55, 1999.

MENDES, M. An attempt at taphonomic simulation in blattopteras from Araripe

(Lower Cretaceous) from the NE of Brasil. **Proceedings of the First International Paleontological Conference**, Moscow, p. 99-101. 1999.

MENDES, M. **Taxonomia e Tafonomia de Blattodeas do Membro Crato, Formação Santana, Bacia do Araripe, Cretáceo Inferior, Nordeste do Brasil**. 2002. Tese (Doutorado em Geociência) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul. 2002.

MENON, F.; MARTILL, D.M. Taphonomy and preservation of Crato Formation arthropods. *In*: MARTILL, D.M.; BECHLY, G.; LOVERIDGE, R.F. (ed). **The Crato fossil beds of Brazil**. New York: Cambridge University, p. 70-77, 2007.

NEL, A. Descriptions et révisions de trois "Siricidae" fossiles du Cénozoïque (Hymenoptera). **Bulletin de la Société de Entomologie de France**, Paris, n. 96, p. 247-253, 1991.

NEL, A. Redescription de *Eosirex ligniticus* Piton, 1940 (Hymenoptera, Symphyta, Siricidae). **Entomologiste**, [Oxford], v. 44, p. 287-292, 1988.

NEL, A.; ESCUILLIE, F.; GARROUSTE, R. A new Scoliid wasp in the Early Cretaceous Crato Formation in Brazil (Hymenoptera:Scoliidae). **Zootaxa**, Melbourne, v.3717, p. 395-400, 2013.

NOYES, J. S. The diversity of Hymenoptera in the tropics with special reference to Parasitica in Sulawesi. **Ecological Entomology**, [s.l.], v. 14, p.197-207, 1989.

OHL, M. The first fossil representative of the wasp genus *Dolichurus*, with a review of fossil Ampulicidae (Hymenoptera: Apoidea). **Journal of the Kansas Entomological Society**, v. 77, n.4, p. 332-342, 2004.

OSÉS, G. L.; PETRI, S.; BECKER-KERBER, B.; RAFFAELI ROMERO, G.; RIZZUTTO, M. A.; RODRIGUES, F.; GALANTE, D.; SILVA, TIAGO FIORINI.; CURADO, J.F., RANGEL, E. C.; RIBEIRO, R. P.; PACHECO, M. L. A. F. Deciphering the preservation of fossil insects: a case study from the Crato Member, Early Cretaceous of Brazil. **PeerJ**, [s.l.], v. 4, n. 5, p.1-28. 2016.

OSTEN, T. Hymenoptera: Bees, wasps and ants. *In*: MARTILL, D.M.; BECHLY, G.; LOVERIDGE, R.F. (ed.). **The Crato fossil beds of Brazil**. New York: Cambridge University, p. 350-364. 2007.

PERKOVSKY, E.E. ; ZOSIMOVICH, V.Y. ; VLASKIN, A.Y. Rovno amber fauna: a preliminary report. **Acta Zoologica Cracoviensia**, [s.l.], v. 46, p. 423-430, 2003.

PITON, L.E. **Paléontologie du gisement eocene de Menat (Puy-de-Dome)**. Paris : Paul Lechevalier, 1940.

PRENTICE, M. **The Comparative Morphology and Phylogeny of Apoid Wasps (Hymenoptera: Apoidea)**. 1998. Tese (Doutorado) – University of California, Berkeley, 1998.

RASNITSYN A. P. Hymenoptera. In late Mesozoic insects of eastern transbaikalia (ed. Rasnitsyn, a. P.). **Transac Paleontol Institute Acad Sci USSR**, Russia, v. 239, p. 177–205, 1990.

RASNITSYN A.P. New Hymenoptera from the Jurassic and Cretaceous of Asia. **Paleontologicheskii Zhurnal**, Russia, v. 3, p. 98–108, 1977.

RASNITSYN, A. P. Hymenoptera Apocrita of the Mesozoic. **Transactions of the Paleontological Institute, Academy of Sciences of the USSR**. Russia: [s.n.], 1975.

RASNITSYN, A. P.; JARZEMBOWSKI, E. A.; ROSS, A.J. Wasps (Insecta: Vespida=Hymenoptera) from the Purbeck and Wealden (Lower Cretaceous) of southern England and their biostratigraphical and palaeoenvironmental significance. **Cretaceous Research**, [s.l.], v. 19, 329-391. 1998.

RASNITSYN, A.P, MARTÍNEZ-DELCLÒS, X. 2000. Wasps (insecta: vespida = hymenoptera) from the early cretaceous of Spain. **Acta Geol Hisp**, [s.l.], v. 35, p. 65–95, 2000.

RASNITSYN, A.P. An outline of evolution of hymenopterous insects (order Vespida). **Oriental Insects**, Philadelphia, v. 22, p. 115-145, 1988.

RASNITSYN, A.P. Cratophialtites gen. nov. (Vespida = Hymenoptera: Ephialtitidae), a new genus for *Karataus koiurus* Sharkey, 1990, from the lower cretaceous of Brazil. **Russian Entomol J.**, [s.l.], v.8, p.135–6, 1999.

RASNITSYN, A.P. New Mesozoic sawflies (Hymenoptera, Symphyta). *In*: ROHDENDORF, B.B. (ed.). **Jurassic insects of Karatau**. Moscow: Nauka, p. 190-236, 1968.

RASNITSYN, A.P. **Proiskhozhdenie i evolyutsiya nizshikh pereponchatokrylykh = Trudy Paleontologicheskogo Instituta Akademii a Nauk SSSR**. Moscow: [s.l.], 1969.

RASNITSYN, A.P. Proiskhozhdenie i evolyutsiya pereponchatokrylykh nasekomykh (Origin and Evolution of Hymenoptera. **Trudy Paleontologicheskogo Instituta Akademii a Nauk SSSR**, [Russia], v. 174, p. 1-192, 1980.

RASNITSYN, A.P. Sepulcids and the origin of Cephidae (Hymenoptera: Cephidae, Sepulcidae). *In*: TOBIAS, V. I. (Ed.), Systematics of insects and mites. **Proceedings of All-Union Entomological Society**, Russia, v. 70, p. 68–73, 1988.

RASNITSYN, A.P.; QUICKE, D.L.J. (ed). **History of insects**. Dordrecht: Kluwer Academic, 2002.

RASNITSYN, A.P.; ANSORGE J. Two new Lower Cretaceous hymenopterous insects (Insecta: Hymenoptera) from Sierra del Montsec, Spain. **Acta Geol Hisp**, [s.l.], v. 35, p. 59–64, 2000.

RASNITSYN, A.P.; QUICKE, D.L.J. (ed). **History of insects**. Dordrecht: Kluwer Academic, 2002.

SCHIFF, N. M.; GOULET, H.; SMITH, D. R.; BOUDREAU, C.; WILSON, A. D.; SCHEFFL, B. E. Siricidae (Hymenoptera: Symphyta: Siricoidea) of the Western Hemisphere. **Canadian Journal of Arthropod Identification**, [Canadá], v. 21, p. 1-306, 2012.

SCOTESE, C.R. **Atlas of Earth History**. Arlington: Paleomap Project, 2001.

SPRADBERY, J.P.; KIRK, A. Aspects of ecology of siricid woodwasps (Hymenoptera; Siricidae) in Europe, North Africa and Turkey with special reference to the biological control of *Sirex noctilio* F. in Australia. **Bulletin of Entomological Research**, [s.l.], v. 68, p. 341-359, 1978.

SPRADBERY, J.P. A comparative study of the phytotoxic effects of siricid woodwasps on conifers. **Annals of Applied Biology**, [s.l.], v. 75, p. 309-320, 1973.

STORK, N.E. The composition of the arthropod fauna of Bornean lowland rain forest trees. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 7, p. 161-180. 1991.

SUCERQUIA, P.; BERNARDES, O.M.E.C.; MOHR, B. Preservação de finos detalhes epidérmicos e estruturas anatômicas em macrofitofósseis da Formação Crato. In: SIMPÓSIO DE PALEOBOTÂNICOS E PALINÓLOGOS, 12, 2008, Florianópolis. **Boletim de Resumos [...]**. Florianópolis: ALPP, 2008. p.213.

VILHELMSSEN, L. The phylogeny of lower Hymenoptera (Insecta), with a summary of the early evolutionary history of the order. **Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research**, London, v. 35, p. 49-70, 1997.

WANG B.; ZHAO, F.; ZHANG, H.; FANG, Y.; ZHENG, D. Widespread pyritization of insects in the early Cretaceous Jehol biota. **PALAIOS**, [s.l.], v. 27, p. 707-711. 2012.

WEDMANN, S.. Insects from the Oligocene deposits of Enspel (Germany). **The First Paleaentomological Conference 1998**, Moscow, v. 46. 1998

WESTWOOD, J.O. Contributions to fossil entomology. **Quarterly Journal of the Geological Society of London**, Londres, v. 10, p. 378-396, 1854.

ZHANG, J. New data on the Mesozoic fossil insects from Laiyang in Shandong. **Geology of Shandong**, [s.l.], v. 1, 23-39, 1985.

ZHANG, Q.; ZHANG H. C.; RASNITSYN, A. P.; WANG, H.; DING, M. New Ephialtitidae (Insecta: Hymenoptera) from the Jurassic Daohugou Beds of Inner Mongolia, China. **Palaeoworld**, [s.l.], v. 23, p. 1-9, 2014.

ZIEGLER, A.M., ESHEL, G., MCALLISTER REES, P., ROTHFUS, T.A., ROWLEY, D.B. & SUNDERLIN, D. Tracing the tropics across land and sea: Permian to present. **Lethaia**, [s.l.], v. 36, p. 227-254, 2003.