Talitha Rochanne Alves Abreu da Costa

Esfingídeos (Lepidoptera: Sphingidae) da Chapada do Araripe, Ceará, Brasil: abundância, riqueza, acarofauna associada (Acari: Erythraeidae e Otopheidomenidae) e uso de recursos florais

Hawkmoths (Lepidoptera: Sphingidae) from Chapada do Araripe, Brazil: abundance, richness, associated acarofauna (Acari: Erythraeidae and Otopheidomenidae) and use of floral resources

São Paulo

2020

Talitha Rochanne Alves Abreu da Costa

Esfingídeos (Lepidoptera: Sphingidae) da Chapada do Araripe, Ceará, Brasil: abundância, riqueza, acarofauna associada (Acari: Erythraeidae e Otopheidomenidae) e uso de recursos florais

Hawkmoths (Lepidoptera: Sphingidae) from Chapada do Araripe, Brazil: abundance, richness, associated acarofauna (Acari: Erythraeidae and Otopheidomenidae) and use of floral resources

Tese apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, para a obtenção de Título de Doutora em Ciências Biológicas, na Área de Zoologia.

Orientador: Marcelo Duarte da Silva
Coorientadora: Imeuda Peixoto Furtado

São Paulo

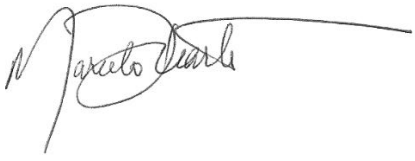
2020

Costa, Talitha Rochanne Alves Abreu da
Esfingídeos (Lepidoptera: Sphingidae) da Chapada do Araripe, Ceará, Brasil: abundância, riqueza, acarofauna associada (Acari: Otopheidomenidae) e uso de recursos florais.
Número de páginas 217.

Tese (Doutorado) - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Zoologia.

1. Ectoparasitíssimo 2. Pólen 3. Sphingidae I. Universidade de São Paulo. Instituto de Biociências. Departamento de Zoologia.

Comissão Julgadora:



Prof. Dr. Marcelo Duarte da Silva
Orientador

Dr. Amabílio José Aires de Camargo
2º membro

Dr. Simeão de Souza Moraes
3º membro

Profa. Dra. Lívia Rodrigues Pinheiro
4º membro

Dedico à minha Mãe, Teresinha Alves da Silva, pelo amor, incentivos diários, paciência e exemplo.

“Desistir... eu já pensei seriamente nisso, mas nunca me levei realmente a sério; é que tem mais chão nos meus olhos do que o cansaço nas minhas pernas, mais esperança nos meus passos, do que tristeza nos meus ombros, mais estrada no meu coração do que medo na minha cabeça. ”

Cora Coralina

“Há uma força motriz mais poderosa que o vapor, a eletricidade e a energia atômica: a vontade.”

Albert Einstein

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pelo apoio financeiro através da concessão de bolsa de Doutorado e auxílio individual CAPES - PROEX/2017.

Ao ICMBIO, por autorizar as atividades de coletas e transporte dos espécimes através da licença para fins científicos (Número: 53836-3).

À Universidade de São Paulo - USP, por sua estrutura, professores que dedicaram seu tempo para ampliar meu conhecimento no fascinante mundo da Zoologia e aos funcionários do Departamento de Pós-graduação de Zoologia. De forma especial, a Lilian Parpinelli e a Erika Takamoto, por toda a dedicação e eficiência.

Ao Museu de Zoologia de São Paulo - MZUSP pelos incríveis momentos acadêmicos e a todos os seus funcionários por tornarem o ambiente um local de trabalho excepcional.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela infraestrutura do Laboratório de Lepidoptera do Museu de Zoologia da USP (processos 2002/13898-0, 2016/50384-8).

À Universidade Regional do Cariri - URCA, pelo apoio logístico e ao Museu de Paleontologia de Santana do Cariri pelas acomodações durante todo o período de coleta.

Ao orientador, Prof. Dr. Marcelo Duarte da Silva, que desde o primeiro e-mail foi atencioso e durante todo o desenvolvimento de pesquisa sempre esteve atento aos prazos, auxílios e solícito para me ajudar nas intempéries da vida. Quero um dia ter um terço da sua eficiência.

À coorientadora, Profa. Dra. Imeuda Peixoto Furtado, minha tutora da vida acadêmica, por ser essa pessoa ética e por não medir esforços para as realizações das coletas e identificação dos ácaros amostrados.

Ao Renato de Oliveira e Silva pelos ensinamentos das técnicas de montagem e de campo, por ser esse técnico exemplar, dedicado e por ter trabalhado incessantemente para que todos os espécimes fossem montados e organizados na coleção de Lepidoptera do MZUSP.

À Ângela Corrêa por todas as horas de esforço na identificação dos pólens e toda atenção dedicada a mim nas visitas ao Instituto de Botânica - SMA/SP;

Ao Carlos Alberto Rodrigues Filho pela colaboração com os dados estatísticos e amizade.

Aos amigos do laboratório de Lepidoptera do MZUSP, Anderson Quintero, Higor Duarte, Joel Lastra, Lucas Cardoso, Rafael Dell'Erba e Simeão Moraes, por dividir o conhecimento e momentos de conversas. Em especial à Lívia Rodrigues e Elias da Costa, que vão ficar no meu coração para sempre pelos ensinamentos e por tentarem me mostrar que existe vida além da ansiedade. E à Paola Alcalde por toda a disponibilidade, amor e o socorro como "técnica de informática".

Aos meus amigos do MZUSP: Caroline Yamaghui, Diego Polizello e Mônica Ulysséa pelas conversas e ajudas que não foram poucas.

Aos amigos do laboratório de Entomologia e Acarologia da URCA, Franciel Dias e Fernanda Santos pela convivência, conversas e em especial por todas as horas de campo realizadas com sucesso. Muito amor envolvido.

Aos meus amigos do laboratório de Ecologia de Mamíferos da URCA, Raquel Soares, Jéssica Santos, Walison Machi, Adriano Pereira por todo carinho e a todos que dispuseram do seu tempo para participar do meu campo.

Ao meu marido Charles de Sousa Silva por toda a paciência e compreensão da distância e das horas gastas com leituras de artigos. Todo o amor dedicado. Eu te amo imensamente.

De forma especial aos amigos: Sarah Ribeiro, Nádia Andrade, Joseph Diniz, Raimundo Nonato, Vanessa Nepomuceno, Raul Azevedo, Mariana Andrade, João de Abreu, Marisa Ribeiro, Pedro Teixeira, por estarem sempre ao meu lado em todos os momentos, compartilharem suas vidas comigo e escutarem minhas lamúrias.

À minha família por todo amor, preocupação e orações para que essa tese fosse concluída com sucesso. E por entender minha ausência durante tanto tempo.

À Maria Luciane Charapa Alves por ter me acolhido em São Paulo e pela torcida incondicional.

Ao Senhor Brito pelas longas conversas e contos de “causos” ao longo da estrada para os campos.

À comunidade de Santana do Cariri e às meninas do restaurante do Pontal, por toda a compaixão e caridade envolvidas.

À Prefeitura de Santana do Cariri pela permissão de coleta.

À Emanuela Nóbrega pelo acompanhamento psicológico.

À Ana Carolina Negrão Berlini de Andrade por ser tão maravilhosa e amiga.

A todos que direta ou indiretamente torceram por essa conquista e tiveram sua parcela de contribuição.

Gratidão.

Lista de Figuras

Figura 1 Esboço da região barlavento, dos rebordos e o funcionamento dos sistemas aquíferos da Chapada do Araripe 17

Figura 2 Mapa de localização do ponto de coleta dos esfingídeos no município de Santana do Cariri, CE 18

Figura 3 Ponto de coleta no munícipio de Santana do Cariri, CE, mostrando a vegetação nos períodos seco (junho a novembro) e chuvoso (dezembro a maio) 19

Figura 4 Armadilha luminosa no município de Santana do Cariri, CE 19

Figura 5 Esfingídeos montados para secagem na estufa com suas etiquetas de numeração referentes a cada espécime 21

Figura 6 Total espécies e abundância absoluta de esfingídeos por meses amostrados no município de Santana do Cariri, CE 26

Figura 7 Abundância absoluta, relativa (a) e (b) riqueza dos gêneros coletados no município de Santana do Cariri, CE 30

Figura 8 Abundância total, abundância absoluta e porcentagem somente das fêmeas por meses amostrados no município de Santana do Cariri, CE 31

Figura 9 Curva do coletor com desvio padrão no método de "Coleman" com marcação da assíntota pela linha tracejada referente ao período de coleta de 08/2016 a 07/2018 para o município de Santana do Cariri, CE 32

Figura 10 Flutuação da riqueza (a) e abundância relativa (b) das subfamílias no período de 08/2016 a 07/2018 no município de Santana do Cariri, CE 33

Figura 11 Índice de Shannon para o período de 08/2016 e 07/2018 do município de Santana do Cariri, CE 34

Figura 12 Equitabilidade de Pielou para o período de 08/2016 e 07/2018 do município de Santana do Cariri, CE 34

Figura 13 Representação da Análise de Redundância para taxocenose do município de Santana do Cariri, CE, o período de 08/2017 a 07/2018, frente as variáveis independentes de Temperatura (Temp.), Pluviosidade (Pluvios.) e Umidade 37

Figura 14 Análise de correspondência das associações de riqueza de espécies por mês pelo horário de amostragem no município de Santana do Cariri, CE 38
Figura 15 Análise de correspondência das associações de abundância total por mês pelo horário de amostragem no município de Santana do Cariri, CE 39
Figura 16 Flutuação da (a) abundância e (b) riqueza dentre os horários de coleta no município de Santana do Cariri, CE 40
Figura 17 Sítios de infestação de ácaros nos esfingídeos (a) vista dorsal (b) vista ventral 84
Figura 18 Interações das espécies de esfingídeos com as famílias dos tipos polínicos amostrados nas probóscides, representadas no gráfico Bipartido referente ao período de 08/2016 a 07/2018 no município de Santana do Cariri, CE 137

Lista de Pranchas

Prancha 1 Espécies de Sphingidae (Lepidoptera) amostradas no município de Santana do Cariri, CE, no período de 08/2016 a 07/2018 43

Prancha 2 Espécies de Sphingidae (Lepidoptera) amostradas no município de Santana do Cariri, CE, no período de 08/2016 a 07/2018 44

Prancha 3 Espécies de Sphingidae (Lepidoptera) amostradas no município de Santana do Cariri, CE, no período de 08/2016 a 07/2018 45

Prancha 4 Tipos polínicos amostrados nos esfingídeos de Santana do Cariri, CE .. 152

Prancha 5 Tipos polínicos amostrados nos esfingídeos de Santana do Cariri, CE .. 153

Prancha 6 Tipos polínicos amostrados nos esfingídeos de Santana do Cariri, CE .. 154

Prancha 7 Tipos polínicos amostrados nos esfingídeos de Santana do Cariri, CE .. 155

Prancha 8 Tipos polínicos amostrados nos esfingídeos de Santana do Cariri, CE .. 156

Prancha 9 Tipos polínicos amostrados nos esfingídeos de Santana do Cariri, CE .. 157

Lista de Tabelas

Tabela 1 Espécies de Sphingidae (Lepidoptera) amostradas no município de Santana do Cariri, CE, separadas por subfamília e tribo, com o número total de espécimes coletados e total de ocorrência por mês e por espécie/mês 27

Tabela 2 Resultados estatísticos do modelo linear generalizado Weibull global para a variável resposta "Riqueza de espécies" e variáveis independentes (Temperatura, Pluviosidade e Umidade) no município de Santana do Cariri, CE 36

Tabela 3 Resultados estatísticos do modelo linear generalizado Weibull global para a variável resposta "Abundância total" e variáveis independentes (Temperatura, Pluviosidade e Umidade) no município de Santana do Cariri, CE 36

Tabela 4 Horários de nascer e pôr do sol referentes as médias dos três dias de coletas no Município de Santana do Cariri, CE 42

Tabela 5 Espécies de esfingídeos (Lepidoptera Sphingidae) e seus ácaros ectoparasitos (Acari: Otopheidomenidae, Erythraeidae), coletados em uma área da Chapada do Araripe, no município de Santana do Cariri, CE, de dezembro de 2016 a julho de 2018 87

Tabela 6 Prevalência (%) de infestação de ácaros ectoparasitos em espécies de esfingídeos (Lepidoptera Sphingidae) em uma área da Chapada do Araripe, no município de Santana do Cariri, CE: de dezembro de 2016 a julho de 2018. 88

Tabela 7 Descritores de Parasitismo (DP) de ácaros (Acari: Otopheidomenidae, Erythraeidae) em esfingídeos (Lepidoptera: Sphingidae) em uma área da Chapada do Araripe, no município de Santana do Cariri, CE: de dezembro de 2016 a julho de 2018. 91

Tabela 8 Descritores de Parasitismo (DP) mensais de ácaros (Acari: Otopheidomenidae, Erythraeidae) em esfingídeos (Lepidoptera: Sphingidae) em uma área da Chapada do Araripe, no município de Santana do Cariri, CE: de dezembro de 2016 a julho de 2018. 93

Tabela 9 Distribuição das espécies de otofeidomenídeos (Acari: Otopheidomenidae) em seus hospedeiros esfingídeos (Insecta: Sphingidae), em uma área da Chapada do Araripe, no município de Santana do Cariri, CE: de dezembro de 2016 a julho de 2018..... 94

Tabela 10 Distribuição das espécies de eritreídeos (Acari: Erythraeidae) em seus hospedeiros esfingídeos (Insecta: Sphingidae), em uma área da Chapada do Araripe, no município de Santana do Cariri, CE: de dezembro de 2016 a julho de 2018 95

Tabela 11 Análise de variância-ANOVA, dos dados da tabela 10, para verificar a preferência de sítios de infestação no corpo dos esfingídeos por ácaros otofeidomenídeos em uma área da Chapada do Araripe no município de Santana do Cariri, CE..... 96

Tabela 12 Análise de variância -ANOVA, dos dados da tabela 11, para verificar a preferência de sítios de infestação no corpo dos esfingídeos por ácaros eritreídeos em uma área da Chapada do Araripe no município de Santana do Cariri, CE..... 96

Tabela 13 Tipos polínicos com dados de proporcionalidade e valor de importância referentes as interações com os esfingídeos no período de 08/2016 a 07/2017 no município de Santana do Cariri, CE 124

Tabela 14 Tipos polínicos com dados de proporcionalidade e valor de importância referentes as interações com os esfingídeos no período de 08/2017 a 07/2018 no município de Santana do Cariri, CE 131

Tabela 15 Associação entre os tipos polínicos e as espécies de esfingídeos (fêmea e macho) no período de 08/2016 a 07/2018 no município de Santana do Cariri, CE 141

Tabela 16 Associação entre os tipos polínicos e as espécies de esfingídeos (fêmea e macho) no período de 08/2016 a 07/2018 no município de Santana do Cariri, CE 146

Tabela 17 Associação entre os tipos polínicos e as espécies de esfingídeos (fêmea e macho) no período de 08/2016 a 07/2018 no município de Santana do Cariri, CE 149

Índice

Introdução Geral 1

Capítulo 1. Esfingídeos (Lepidoptera: Sphingidae) de Santana do Cariri, Ceará, Brasil: abundância, riqueza e sazonalidade 12

Capítulo 2. Acarofauna (Acari: Erythraeidae e Otopheidomenidae) associada aos esfingídeos (Lepidoptera: Sphingidae) de Santana do Cariri, Ceará, Brasil 76

Capítulo 3. Esfingídeos (Lepidoptera: Sphingidae) e o uso dos recursos florais de Santana do Cariri, Ceará, Brasil 113

Discussão Geral e Conclusões 179

Resumo (Geral) 186

Abstract 187

Anexos e Apêndices 188

Introdução Geral

Os lepidópteros compreendem as mariposas e borboletas e são o segundo maior grupo de metazoários em número de espécies, reunindo pouco mais de 157 mil espécies distribuídas em 43 superfamílias e 133 famílias (Mitter *et al*., 2017). Existem quase 45 mil espécies descritas na região Neotropical. Deste total, 26 mil ocorrem no Brasil (sendo que estimativas chegam a até 60 mil espécies) (Aguiar *et al.,* 2009) o qual está entre os três países mais ricos em Lepidoptera do mundo (Brown & Freitas, 1999).

Por serem mais coloridas e de hábito diurno, as borboletas sempre atraem mais atenção e são, de certa forma, mais estudadas e conhecidas do que as mariposas. Essas possuem atividades predominantemente noturnas, embora possamos encontrar com facilidade espécies com atividades diurnas ou crepusculares.

Dentre as mariposas, Bombycoidea é uma das linhagens de mariposas mais carismáticas e bem estudadas. Essa superfamília é mais diversificada na região intertropical do globo e atualmente cerca de 6.100 espécies encontram-se classificadas em 10 famílias e 520 gêneros (Kitching *et al*., 2018). Essas mariposas são economicamente importantes, podendo ser, por exemplo, pragas da sericicultura (Clemente, 1995). São frequentemente incluídas em projetos educacionais devido ao seu grande tamanho corporal, atratividade para crianças e adultos e facilidade de criação em cativeiro.

Das dez famílias reconhecidas em Bombycoidea – Anthelidae, Apatelodidae, Bombycidae, Brahmaeidae, Carthaeidae, Endromidae, Eupterotidae, Phiditiidae, Saturniidae e Sphingidae – destacamos os esfingídeos, foco do presente estudo, porque possuem ampla distribuição (Kitching & Cadiou, 2000), com 205 gêneros e 1.602 espécies descritas, das quais cerca 400 possuem registros para a região Neotropical e 210 para o Brasil (Duarte *et al*., 2008; Kitching *et al*., 2018).

O ciclo de vida dos esfingídeos é típico de Lepidoptera (Darrault & Schlindwein, 2002). Os ovos são depositados nas folhas de suas plantas hospedeiras e, após a eclosão, as larvas se alimentam de três a quatro semanas, se limitando a uma ou poucas espécies de plantas. Possuem considerável importância nos ecossistemas devido ao seu hábito herbívoro e ao seu papel na conversão da biomassa (New, 2013).

As larvas são eruciformes, de tegumento glabro, enrugado ou granulado, com cores crípticas uniformes, ou manchas ocelares ou coloridas, sendo que nos últimos instares mudam para uma cor parda escura (Varela-Freire, 2004). As larvas normalmente deixam as plantas

hospedeiras em busca de um local para empupar isoladamente (Janzen, 1983), sem tecer casulo, enterrando-se no solo onde forma uma célula, ou na superfície do solo ou de folhas, formando um abrigo com folhas presas umas às outras por fios de seda.. Pupas lisas, cilindro-cônicas, em alguns gêneros, a espirotromba fica em bainha própria, acentuadamente destacada do resto da pupa.

O tamanho do adulto varia de médio a grande, corpo robusto, fusiforme; asas anteriores estreitas; antenas relativamente curtas e rígidas, sendo o extremo distal recurvado em gancho; olhos grandes; espirotromba podendo ser longa, curta ou obsoleta; palpos labiais moderados; pernas robustas, providas de esporões tibiais e tarsos espinhoso; frênulo presente na maioria das espécies e órgão timpânico ausente (Darrault & Schlindwein, 2002).

Os esfingídeos são utilizados como indicadores biológicos em avaliações da qualidade ambiental em ecossistemas (Hilty & Merenlender, 2000; Highland *et al*., 2013) e são agentes polinizadores de inúmeras espécies vegetais em regiões tropicais, responsáveis por polinizar plantas com antese noturna, tendo importante função na composição e dinâmica das formações da vegetação (Oliveira *et al*., 2004). Estas plantas são denominadas de esfingófilas, possuem, além de abertura crepuscular a noturna, geralmente flores tubulares ou em pincel, com cores brancas ou pálidas, emissão de odores adocicados e produção de néctar com predominância de sacarose (Amorim, 2012).

Além de constituírem uma das principais fontes de alimento para lagartos, aves e pequenos mamíferos, bem como para outros invertebrados predadores e parasitas (Hilty & Merenlender, 2000). Há espécies de esfingídeos emblemáticas para campanhas de conservação (New, 2013), e seu conhecimento é importante para entender a complexidade da biodiversidade tropical e sua manutenção (Balvanera *et al*., 2002; Novotny *et al*., 2010).

Pesquisas com interações mutualísticas entre esfingídeos e plantas esfingófilas vêm crescendo, mas, segundo Ávila Jr. (2010), devido às observações noturnas serem restritas, estas são baseadas na sua maioria em taxas de sucesso reprodutivo nas espécies que apresentam atributos de esfingofilia. Para a confirmação de possíveis interações não registradas pelas dificuldades da observação noturna, medidas como a pesquisa do conteúdo polínico dos corpos dos visitantes florais vem sendo desenvolvidas para ajudar a trazer evidências diretas de interação, tornando a associação da ecologia da polinização com técnicas de palinologia de extrema importância para esse tipo de pesquisa (Darrault & Schlindwein, 2002; Ávila Jr., 2010).

Outra relação de interação ecológica existente nos esfingídeos, assim como em vários outros animais, é o parasitismo. Destacamos, por exemplo, a interação com os ácaros ectoparasitos da família Otopheidomenidae. Essa família, considerada monofilética, está

dividida em duas subfamílias: Otopheidomeninae e Prasadiseiinae, sendo as duas associadas com os lepidópteros (Prasad, 2019). Oito espécies de ácaros dessa subfamília têm sido relatadas sobre esfingídeos para ecozonas neotropicais (Silva *et al*., 2011). A espécie *Prasadiseius cocytes* (Prasad, 1970) tem sido citada como especializada em infestações de esfingídeos e geralmente é encontrada na superfície dorsal das asas, incluindo a área timpânica (metatórax) e primeiro segmento abdominal (Prasad, 2013a).

O interesse científico tem aumentado nos últimos anos sobre os otofeidomenídeos devido à escassez de conhecimento sobre sua biologia, levando a várias publicações recentes (Prasad, 2011a, 2011b, 2013a, 2013b, 2015; Prasad & Walker, 2011). Porém, Silva *et al*. (2011) ainda apontam estudos básicos como levantamento das espécies de ácaros parasitos em espécie de esfingídeos, padrões de infestação, prevalência e intensidade como imprescindíveis. No estado do Ceará, não existe informações sobre a ocorrência de otofeidomenídeos em esfingídeos .

Em relação aos inventários de Lepidoptera, o Distrito Federal, Rio Grande do Sul e São Paulo são as unidades da federação possuem as maiores quantidades de inventários para esse táxon, o Rio de Janeiro, Santa Catarina e Alagoas possuem uma quantidade de inventários razoáveis (Santos *et al*., 2008). Nos demais estados, as informações são escassas e as poucas listagens são limitadas e com poucos grupos amostrados de Lepidoptera (Freitas & Marini-Filho, 2011).

Dentre alguns artigos de levantamentos para esfingídeos, pode-se destacar cujo objeto é a região Norte os de Moss (1920), Rothschild & Jordan (1910), Motta & Andreazze (2001), Motta & Xavier-Filho (2005), Camargo *et al.* (2016); para as regiões Sul e Sudeste, os trabalhos de Biezanko (1984), Laroca & Mielke (1975), Laroca *et al*. (1989), Marinoni *et al*. (1999), Brown & Freitas (2000), Duarte *et al.* (2008), Vieira *et al*. (2015), e para o Nordeste, as contribuições de Darrault & Schlindwein (2002), Gusmão & Creão-Duarte (2004) e Duarte Jr. & Schlindwein, (2005a, b).

No estado do Ceará, até o presente momento, existem os levantamentos realizados por Rocha (1954) e Silva (1967) a partir de coletas em Fortaleza, além de dois resumos de congresso – um tratando sobre a esfingofauna do Parque Nacional de Ubajara (Lima *et al*., 2014) e o outro sobre a fauna de mariposas do Parque Botânico do Ceará, no município de Caucaia (Silva *et al*., 2015). Mais recentemente, foi publicado um capítulo de livro com pesquisa desenvolvida no Parque de Ubajara, com informações atualizadas sobre sua esfingofauna (Câmara *et al*., 2017).

A esfingofauna do Nordeste brasileiro ainda não foi estudada sistematicamente (Darrault & Schlindwein, 2002; Haxaire & Mielke, 2019). Segundo Brandão & Yamamoto (2004), a representação de lepidópteros da Caatinga nas coleções entomológicas é muito fraca. Essa carência ocorre mesmo existindo nesse bioma importantes áreas de estudos, como os brejos de altitude, que apresentam uma diversidade de organismos geneticamente diferenciados de outros que ocorrem no bioma Mata Atlântica e que, sabidamente, encontram-se em crescente degradação pela ação humana (Miyaki, 2009).

As paisagens das Caatingas ocupavam cerca de 70% do Nordeste e perto de 11% do território nacional, se estendendo por oito estados (PI, CE, RN, PB, PE, BA, AL e SE) e parte do norte de Minas Gerais (Castelletti *et al.*, 2004). Sua extensa área (cerca de 800.000 km^2) abriga uma grande diversidade de paisagens dominadas por ambientes de baixa pluviosidade e muito sazonais (Prado, 2005). Foram identificadas no território nacional 82 áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade da Caatinga, sendo 27 dessas classificadas como áreas de extrema importância biológica, 12 como áreas de muito alta importância, 18 como áreas de alta importância e 25 áreas insuficientemente conhecidas, mas de provável importância (MMA, 2002).

O alto número de áreas insuficientemente conhecidas enfatiza a urgente necessidade de um programa especial de fomento para o inventário biológico da Caatinga (MMA, 2002), com destaque para as seguintes áreas/localidades: 1. Bacia do Rio Preguiça, 2. Complexo de Campo Maior, 3. Médio Poti, 4. Serra das Flores, 5. Planalto da Ibiapaba do Norte/Jaburuna, 6. Reserva da Serra das Almas, 7. Serra da Joaninha/Serra da Pipoca, 8. Serra de Baturité, 9. Quixadá, 10. Aiuaba, 11. Picos e 12. Chapada do Araripe.

A Chapada do Araripe é uma “ilha” de mata úmida inserida na Caatinga e na zona de transição agreste. Esse tipo de ilha costuma ser caracterizado como mais elevadas, mantidas úmidas em função de seu relevo, ocasionando chuva orográfica (Tabarelli & Santos, 2004). Em função do clima mais ameno e precipitação mais elevada, as ilhas de hábitat ou “brejos” de altitude, como são também conhecidas, atraíram inclusive as populações humanas. Segundo Lins (1989), a maioria das principais cidades do semiárido encontra-se nas áreas de brejo.

A existência de serras que modificam o perfil pluviométrico, dando origem aos chamados brejos nordestinos e de cânions, que retém umidade e modificam o microclima, podem reservar boas surpresas, não somente do ponto de vista de presença de espécies, mas também por serem potenciais refúgios úmidos para a fauna em épocas secas. De fato, Santos *et al*. (2008) apontam a necessidade de se priorizar os estudos dessa região. É de se esperar que a fauna ali encontrada revele espécies adaptadas às flutuantes condições ambientais do semiárido

nordestino. Para o estado do Ceará as unidades fitoecológicas descritas são: Caatinga arbórea, Caatinga arbustiva, Carrasco, Cerradão, Complexo Litorâneo, Mata Seca e Mata Úmida. Entretanto, nas Serras e Chapadas (brejos de altitude) desenvolvem-se formações florestais densas, como o Cerradão, o Carrasco, a Mata Úmida e a Mata Seca (Figueiredo, 1997).

No estado do Ceará são encontradas cinco áreas de brejos de altitudes: Planalto da Ibiapaba, Serra do Maranguape, Serra da Aratanha, Maciço de Baturité e Chapada do Araripe. A Área de Preservação Ambiental Chapada do Araripe, com 972.590,45 hectares (Decreto de Lei s/n de 04 de 1997), posicionada entre os estados do Piauí, Pernambuco e Ceará, é considerada como brejo de encosta, enquanto os demais citados como brejos de cimeira. Isso ocorre por causa da formação Santana, com a disposição das camadas orientadas para leste, favorecendo uma perenidade das nascentes e mata úmida na encosta ao invés de no platô (Borges-Leite *et al*., 2006).

A APA/Araripe também abriga a Floresta Nacional do Araripe, com 38.919,47 hectares, que se encontrada posicionada sobre o platô, abrangendo os municípios de Barbalha, Crato, Jardim, Missão Velha, Nova Olinda, Santana do Cariri. A floresta é composta pelos biomas Cerradão e Cerrado, além de alguns trechos de Mata Úmida que ascendem do sopé (IBGE, 2008). Dentro desse contexto, das 13 famílias de plantas selvagens e cultivadas citadas por Duarte *et al*. (2012) como utilizadas para uso de recurso floral pelos esfingídeos, sete foram citadas por Costa *et al*. (2004) como ocorrentes em um enclave de Cerrado na Chapada do Araripe, são elas: Rubiaceae, Solanaceae, Malvaceae, Orchidaceae, Bignoniaceae, Fabaceae e Apocynaceae.

No caso das plantas de Mata Atlântica, das 27 famílias que foram registradas como fonte de recursos florais de esfingídeos através de estudo dos tipos polínicos (Ávila *et al*., 2010), 21 também ocorrem na Chapada do Araripe, e além das sete famílias citadas por Costa *et al*. (2004), com exceção de Orchidaceae e Bignoniaceae, acrescentamos a essa lista: Asteraceae, Convolvulaceae, Bromeliaceae, Arecaceae, Celastraceae, Combretaceae, Cyperaceae, Erythroxylaceae, Moraceae, Melastomataceae, Piperaceae, Poaceae, Polygonaceae, Sapotaceae, Ulmaceae e Verbenaceae.

A partir desse contexto, foi escolhido o município de Santana do Cariri, como área prioritária para o presente estudo, já que a região faz parte do bioma Caatinga e possui brejo de altitude com heterogeneidade de vegetação, além de não haver pesquisas desenvolvidas com Sphingidae e sua interação com as angiospermas nessa área. A família Sphingidae foi escolhida como objeto de estudo por ser um grupo com taxonomia relativamente bem resolvida (Minet,

1994; Kitching & Cadiou, 2000), além de possuir importante papel na polinização e representar um grupo funcional.

Pelo fato de esses insetos apresentarem comportamento quase exclusivamente noturno, o que torna restrita a observação das visitas florais por parte do polinizador/visitante, optou-se por obter essas informações por meio do estudo dos tipos polínicos encontrados nos corpos dos esfingídeos amostrados (Nattero *et al*., 2003; Marques-Souza *et al.*, 2007).

Em relação à associação parasitária, a maior parte das pesquisas foram desenvolvidas com mariposas de coleções e observado que países neotropicais podem abrigar mais ácaros da família Otopheidomenidae do que outros países (Prasad, 2013a). De acordo com Prasad (2011a), o estudo em campo torna-se atualmente indispensável para tentarmos compreender melhor as relações entre esses ácaros e os esfingídeos.

O objetivo da pesquisa foi coletar dados da fauna de esfingídeos atraídos por fonte luminosa artificial e seus otofeidomenídeos, analisar a composição de espécies de plantas utilizadas como recurso floral pela taxocenose de esfingídeos em um brejo de encosta, no município de Santana do Cariri, pertencente à Chapada do Araripe, CE.

O presente estudo foi dividido em três capítulos, nos quais foram analisados os seguintes aspectos: riqueza, composição, abundância relativa, Equitabilidade das espécies da fauna de esfingídeos e otofeidomenídeos associada às espécies de esfingídeos; padrões de riqueza e abundância registrados por intervalo de horário durante as noites de amostragem; efeitos das variáveis climáticas sobre a estrutura da taxocenose de esfingídeos e a riqueza de tipos polínicos presentes em Sphingidae sobre as características de uso do recurso floral. Foram analisados dados de dois anos de amostragens no munícipio de Santana do Cariri, seguem os títulos dos capítulos:

Capítulo 1. Esfingídeos (Lepidoptera: Sphingidae) de Santana do Cariri, Ceará, Brasil: abundância, riqueza e sazonalidade; **Capítulo 2** Acarofauna (Acari: Erythraeidae e Otopheidomenidae) associada aos esfingídeos (Lepidoptera: Sphingidae) de Santana do Cariri, Ceará, Brasil; **Capítulo 3** Esfingídeos (Lepidoptera: Sphingidae) e o uso dos recursos florais de Santana do Cariri, Ceará, Brasil.

Referências bibliográficas

Aguiar, A. P.; Santos, B. F. dos; Couri, M. C.; Rafael, J. A.; Costa, C.; Ide, S.; Duarte, M; Grazia, J; Schwertner, C. F.; Freitas, A. V. L.; Azevedo, C. O. 2009. Insecta. 166-181. Capítulo 8. *In* Estado da Arte e Perspectivas para a Zoologia no Brasil. Rocha, R. M. & Borger, W. A. P (Eds.). Editora UFPR. Curitiba. 296p.

Amorim, F. W. 2012. A flora esfingófila de uma floresta ombrófila densa montana no sudeste brasileiro e relações mutualísticas com a fauna de Sphingidae. Tese (Doutorado) da Universidade Estadual de Campinas, SP, 175 p.

Ávila JR, R. S.; Cruz-Barros, M. A.; Corrêa, A. M. & Sazima, M. 2010. Tipos polínicos encontrados em esfingídeos (Lepidoptera, Sphingidae) em área de floresta atlântica do Sudeste do Brasil: uso da palinologia no estudo de interações ecológicas. Revista Brasileira de Botânica (Impresso) 33: 415-424.

Balvanera, P.; Uriarte, M.; Almeida-Lenero, L.; Altesor, A.; Declerck, F., Gardner, T. *et al*. 2012. Ecosystem services research in Latin America: the state of the art. *Ecosystem Services*, 2, 56-70.

Biezanko, C. M. 1948. Sphingidae de Pelotas e seus arredores. Contribuição ao conhecimento da fisiografia do Rio Grande do SuI. Pelotas, Edição do Autor, 8p.

Borges-Leite, D. M. 2006. Diversidade de anfíbios e répteis da Serra de Baturité, Ceará. *In:* Oliveira, T.S. & Araújo, F.S. (Eds.), Diversidade e conservação da biota na Serra de Baturité, Ceará. Edições UFC, Fortaleza, 226–247.

Brandão, C. R. F. & Yamamoto, C. I. 2004. Invertebrados da Caatinga, 135 - 140. *In*: Cardoso, J. M. (Ed.). Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação. Brasília, 382.

BRASIL. Decreto s/n, de 4 de agosto de 1997. Dispõe sobre a criação da Área de Proteção Ambiental da chapada do Araripe, nos Estados do Ceará, Pernambuco e Piauí, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/DNN/Anterior%20a%202000/1997/Dnn5587.htm> Acesso:1/10/2018

Brown, J.R., Freitas, K.S. & A.V.L. 1999. Lepidoptera, p. 227-243. *In*: C.R.F. Brandão & E.M. Cancello (Eds). Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil. Invertebrados terrestres. São Paulo, FAPESP, XVI+279p.

Brown JR., K. S. & Freitas, A.V. L. 2000. Diversidade de Lepidoptera em Santa Teresa, Espírito Santo. Bol. Mus. Biol. 11 (12): 71-116.

Câmara, J. T; Mielke, O. H. M.; Mielke, C.G.C; Caneiro, E.; Dolibaina, D. R. *et al.* 2017. Lepidoptera: Hesperiidae, Papilionidae, Pieridae, Nymphalidae, Lycaenidae, Riodinidae, Saturniidae e Sphingidae. *In:* Pesquisas em unidades de conservação no domínio da caatinga: subsídios à gestão/ Waldir Mantovani, Ricardo Ferreira Monteiro, Luiz dos Anjos, Mariana Otero Cariello (Orgs.) – Fortaleza: Edições UFC, 2017.

Camargo, J.A. de; Camargo, N.F. de; Corrêa, D.C.V.; Camargo, W.R.F. de; Vieira, E.K.M.; Marini-Filho, O.; Amorim, F.W. 2016a. Diversity patterns and chronobiology of hawkmoths (Lepidoptera, Sphingidae) in the Brazilian Amazon rainforest. Journal of Insect Conservation, 20: 629–641.

Castelletti, C. H.M.; Silva, J. M. C.; Tabarelli, M. & Santos, A. M. M. 2003. Quanto ainda resta da Caatinga? Uma estimativa preliminar. *In:* J.M.C. Silva, M. Tabarelli, M.T. Fonseca & L.V. Lins (orgs.). Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação. 91-100. Ministério do Meio Ambiente, Brasília.

Clemente, A. T. C. 1995. Análise de populações de Lepidoptera em comunidades florestais de Araucária angustifólia, *Eucalyptus grandis* e *Pinus taeda*. Mestrado (Dissertação) na Universidade Federal do Paraná, Paraná, PR, 75p.

Costa, I. R.; Araújo, F. S. & Lima-Verde, L. W. 2004 Flora e aspectos auto-ecológicos de um encrave de cerrado na Chapada do Araripe, Nordeste do Brasil. Acta bot. bras., 18 (4): 759-770.

Darrault, R. O. & Schlindwein, C. 2002. Esfingídeos (Lepidoptera, Sphingidae) no Tabuleiro Paraibano, nordeste do Brasil: abundância, riqueza e relação com plantas esfingófilas. Revista Brasileira de Zoologia 19: 429-443.

Duarte Jr., J. A. & Schlindwein, C. 2005a. The highly seasonal hawkmoth fauna (Lepidoptera Sphingidae:) of the Caatinga of northeast Brazil: a case study in the state of Rio Grande do Norte. Journal of the Lepidopterists' Society, 59 (4): 212-218.

Duarte Jr., J. A. & Schlindwein, C. 2005b. Riqueza, abundância e sazonalidade de Sphingidae (Lepidoptera) num fragmento de Mata Atlântica de Pernambuco, Brasil. Revista Brasileira de Zoologia, 22: 662–666.

Duarte, M; Carlin, L. F & Marconato, G. 2008. Light-attracted hawkmoths (Lepidoptera: Sphingidae) of Boracéia, municipality of Salesópolis, state of São Paulo, Brazil. Check List, 4 (2): 123-136.

Duarte, M., Marconato, G., Specht, A. & Casagrande, M.M. 2012. Lepidoptera, 625-682. *In:* Rafael, J.A., Melo, G.A.R., Carvalho C.J.B., Casari, S. A., Constantino, R. (Eds.). Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia. Holos Editora, Ribeirão Preto, SP. 796 p.

Figueiredo, M. A. 1997. A cobertura vegetal do Ceará (Unidades Fitoecológicas) *In*: Ceará (Ed.). Atlas do Ceará. Fortaleza, IPLANCE.

Freitas, A. V. L. & Marini-Filho, O. J. 2011. Plano de Ação Nacional para Conservação dos Lepidópteros Ameaçados de Extinção. ICMBio, Brasília, 124p.

Gusmão, M. A. B. & Creão-Duarte, A. J. 2004. Diversidade e Análise Faunística de Sphingidae (Lepidoptera) em área de brejo e Caatinga no Estado da Paraíba, Brasil. Revista Brasileira de Zoologia, Curitiba, 21 (3): 491-498.

Haxaire, J. & Mielke, C.G.C. 2019. A revised and annotated checklist of the Brazilian Sphingidae. European Entomologist, 11 (3,4): 101-187.

Hilty, J. & Merenlender, A. M. 2000. Faunal indicator taxa selection for monitoring ecosystem health. Biological Conservation, 92: 185-197.

Highland, S. A.; Miller, J. C. & Jones, J.A. 2013. Determinants of moth diversity and community in a temperate mountain: vegetation, topography, and seasonality. Ecosphere 4(10):1-22.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Mapa da Área de Aplicação da Lei n° 11.428 de 2006. Decreto n° 6.660, de 21 de novembro de 2008. Publicado no Diário Oficial da União de 24 de novembro de 2008.

Janzen, D. H. 1983. Seed and pollen dispersal by animals: converge in the ecology of contamination and sloppy harvest. Biological Journal of the Linnean Society, 20: 103-113.

Kitching, I. J.; J. M. Cadiou. 2000. Hawkmoths of the world: an annotated and illustrated revisionary checklist (Lepidoptera: Sphingidae). Cornell University Press, Ithaca. 227 p.

Kitching, I. J.; Rougerie, R; Zwick, A; Hamilton, C. A; St Laurent, R. A.; Naumann, S; Mejia, L. B; Kawahara, A. Y. 2018. A global checklist of the Bombycoidea (Insecta: Lepidoptera). Biodiversity Data Journal 6.

Laroca, S. & Mielke, O. H. H. 1975. Ensaio sobre ecologia de assembleia em Sphingidae na Serra do Mar, Paraná-BR, (Lepidoptera). Revista Brasileira de Biologia, 35 (l): 1-19.

Laroca, S.; Becker, V. O. & Zanella, F. C. V. 1989. Diversidade, abundância relativa e fenologia em Sphingidae (Lepidoptera) na Serra do Mar (Quatro Barras, PR), Sul do Brasil. Acta Biol. Par., Curitiba, 18 (1,2,3,4): 13-53.

Lima, T. M. A.; Conceição, L. D. S.; Silva, K. M. O.; Câmara J. T. 2014. Sphingidae (Insecta, Lepidoptera) do Parque Nacional de Ubajara, Ceará, Brasil. XXV Congresso Brasileiro de Entomologia.

Lins, R. C. 1989. As áreas de exceção do Agreste de Pernambuco. Recife: SUDENE.

Marinoni, R. C., Dutra, R. R. C. & Mielke, O. H. H., 1999. Levantamento da fauna entomológica no Estado do Paraná. IV. Sphingidae (Lepidoptera): diversidade alfa e estrutura de comunidade. Rev. Bras. Zool. 16: 223–240.

Marques-Souza, A. C.; Absy, M. L. & Keer, W. E. 2007. Pollen harvest features of the Central Amazonian bee Scaptotrigona fuvicutis Moure 1964 (Apidae: Meliponinae), in Brazil. Acta Botanica Brasilica, 21: 11-20.

Minet, J. 1994. The Bombycoidea: phylogeny and higher classification (Lepidoptera, Glossata). Entomologic Scandinavica, 25: 63-88.

Mitter, C.; Davis, D. R.; Cummings, M. P. 2017. Phylogeny and Evolution of Lepidoptera. Annual Review of Entomology. Volume 62: 265-283.

Miyaki, C. Y. 2009. Filogeografia e a descrição da diversidade genética da fauna brasileira. Megadiversidade 5 (1-2): 96-100.

Mo, C. F. 1996. A new genus and new species of the Otopheidomenidae (Acari: Mesostigmata) from longhorned grasshoppers. Syst. Appl. Acarology, 1: 199-204.

Moss, A.M. 1920. Sphingidae of Para. Brasil. Early stages, food plants, habits, etc. Novit. Zool., 27:333-415, 11 pi.

Motta, C. S. & Andreazze, R. 2001. Esfingofauna (Lepidoptera: Sphingidae) do Parque Nacional do Jaú e arredores, Amazonas, Brasil. Acta Amazônica, 31 (4): 643-654.

Motta, C. & Xavier-Filho, F. 2005. Esfingídeos (Lepidoptera, Sphingidae) do município de Beruri, Amazonas, Brasil. Acta Amazonica, 35: 457-462.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. 2002. Biodiversidade Brasileira: Avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da

biodiversidade nos biomas brasileiros. Caatinga. José Maria Cardoso da Silva. Brasília: MMA/SBF, 2002. 404 p.

Nattero, J.; Moré, M.; Sérsic, A.N. & Cocucci, A. A. 2003. Possible tobacco progenitors share long-tongued hawkmoths as pollen vectors. Plant Systematics and Evolution, 241: 47-54.

New, T. R (Ed). 2013. Lepidoptera and invertebrate conservation. In: NEW TR. Lepidoptera and conservation. Oxford: J Wiley & Sons, Ltd, p. 1-15.

Novotny, V., Miller, S.E., Baje, L., Balagawi, S., Basset, Y., Cizek, L. *et al*. 2010. Guild-specific patterns of species richness and host specialization in plant-herbivore food webs from a tropical forest. J. Anim. Ecol., 79, 1193–1203.

Oliveira, P. E.; Gibbs, P. E.; Barbosa, A. A. 2004. Moth pollination of woody species in the Cerrados of Central Brazil: a case of so much owed to so few? Plant Syst. Evol. 245: 41-54.

Prado, D. E. 2005. As caatingas da América do Sul. In: I. L. Leal, M. Tabarelli e J.M. C. Silva (Eds.), Ecologia e conservação da Caatinga (3-74): Editora Universitária UFPE.

Prasad, V. 1970 - Two new species of Otopheidomenis mites from South America (Acarina: Phytoseiidae) - Acarologia, 12(1): 28-33.

Prasad, V. 2011a. An unusual case of very heavy infestation of Prasadiseius cocytes (Prasad, 1970) (Acari: Otopheidomenidae) in Manduca rustica (Fab.) (Lepidoptera: Sphingidae) collected in Ecuador. International Journal of Acarology, 37: 31-41.

Prasad, V. 2011b. Rediscovery of *Prasadiseius cocytes* (Prasad, 1970) (Acari: Otopheidomenidae) in the neotropical countries. International Journal of Acarology. 37: 347-354.

Prasad, V. 2013a. The infestation by otopheidomenid mites of Sphingidae (Lepidoptera) in intertropical continental zones and observation of a case of heavy infestation by *Prasadiseius kayosiekeri* (Acari: Otopheidomenidae) 53 (3): 323-345.

Prasad, V. 2013b. Survey results of Manduca species (Lepidoptera: Sphingidae) with first record of *Prasadiseius* species (Acari: Otopheidomenidae) in Colombia, Cuba and USA: significance of their findings International Journal of Acarology, 39 (5): 377-392.

Prasad, V. & Walker G. 2011. Scanning electron microscopic studies on *Prasadiseius kayosiekeri* (Prasad, 1970) (Acari: Mesostigmata: Otopheidomenidae): Idiossoma. International Journal of Acarology, 37: 43–52.

Prasad, V. 2015. Sigilla in four species of *Paraphytoseius* (Acari: Phytoseiidae): comments and voucher. Persian Journal of Acarology, 4 (3): 249-276.

Rocha, F.D. 1954. Subsídios para o Estudo da Fauna Cearense. Revista do Instituto do Ceará, 68: 185 - 204.

Rothschild, W. & Jordan, K. 1910. List of the Sphingidae collected by the late W. Hoffmanns at Allianca, Rio Madeira, Amazonas. Novit. Zool., 17(3):447-455.

Santos, E. C.; Mielke, O. H. H. & Casagrande, M. M. 2008. Inventários de borboletas no Brasil: estado da arte e modelo de áreas prioritárias para pesquisa com vistas à conservação. Natureza & Conservação, 6: 68-90.

Silva, A.G. 1967. Catálogo dos Lepidoptera Cearenses. Revista do Instituto do Ceará: 91 - 112.

Silva, R. V.; Moraes, G. J. & Prasad, V. 2011. Ocorrência de ácaros Otopheidomenidae (Mesostigmata) em mariposas da família Sphingidae no Brasil. (Apresentação de Trabalho/Simpósio).

Silva, D. Z.; Nunes, F. A.; Nogueira, A. R. P.; Lima, M. G. A. & Gusmão, M. A. B. 2015. Levantamento da fauna de lepidópteras noturnos do parque botânico do Ceará, município de Caucaia, Ceará. XXI Congresso Brasileiro de Entomologia. Recife-PE. (Apresentação de Trabalho/Congresso).

Tabarelli, M. & Santos, A.M.M. 2004. Uma breve descrição sobre a história natural dos brejos nordestinos. 99-110. *In:* Pôrto, K.C.; Cabral, J.J.P. & Tabarelli, M. (orgs.): Brejos de Altitude em Pernambuco e Paraíba: História Natural, ecologia e conservação. Brasília, Ministério do Meio Ambiente.

Treat, A. E. 1975. Mites of moths and butterflies. Cornell University Press, Ithaca.

Varela-Freire, A. A. 2004. Atividade de voo de esfingídeos (Lepidoptera: Bombycoidea Sphingidae) em área protegida de Caatinga, Estação Ecológica do Seridó, Serra Negra do Norte/RN. Mestrado (Dissertação) na Universidade do Amazonas – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM, 85p.

Vieira, K. C. R; Moraes, S. S; Chiquetto-Machado, P. I. & Duarte, M. 2015. Crepuscular and nocturnal hawkmoths (Lepidoptera: Sphingidae) from a fragment of Atlantic rainforest in the state of São Paulo, southeastern Brazil. Florida Entomologist, 98 (1): 342-348.

Capítulo 1. Esfingídeos (Lepidoptera: Sphingidae) de Santana do Cariri, Ceará, Brasil: abundância, riqueza e sazonalidade

1.1 ***Abstract***

Brazil is a megadiverse country, but it is estimated that more than half of its territory is still devoid of faunal inventories. For the northeast region, a high number of insufficiently known areas was found, some of which are considered extremely important for the conservation of the Caatinga biodiversity, including Chapada do Araripe. There are knowledge gaps for several groups of fauna, including the moths and butterflies with weak representation of this region in scientific collections. Given this scenario, surveys of hawkmoths were carried out between 5:30 pm and 5:30 am, 3 days of new moon per month, for two years (August 2016 to July 2018) in the Environmental Protection Area of Chapada do Araripe in the municipality of Santana do Cariri, CE. The hawkmoths were attracted by a light trap using a 250-watt mixed lamp, captured manually and killed with ammonia injection in the metatorax. A total of 3690 specimens were sampled from 37 species and 18 genera sampled. *Erinnyis ello ello*, *Xylophanes tersa* and *Hyles euphorbiarum* were the most abundant species, comprising 74% of all collected specimens. Nine species (*Adhemarius gannascus*, *Callionima guiarti*, *Cocytius duponchel*, *Erinnyis impunctata*, *Eumorpha fasciatus*, *Madoryx oiclus*, *Manduca florestan*, *Pachylioides resumens* and *Xylophanes pluto*) were registered for the first time in Ceará. There was a well-marked seasonality with a decrease in species richness and abundance in the dry period in both years.

Keywords: Phenology, *Erinnyis ello ello*, Chapada do Araripe, moths, Northeast, new records.

1.2 Resumo

Brasil é um país megadiverso, entretanto, estima-se que mais da metade do seu território ainda seja desprovido de inventários da fauna. Para a região Nordeste foi constatado um alto número de áreas insuficientemente conhecidas, sendo algumas consideradas de extrema importância para a conservação da biodiversidade da Caatinga, dentre elas a Chapada do Araripe. Existindo lacunas de conhecimento para vários grupos de animais, incluindo os lepidópteros que possuem fraca representação em coleções dessa região. Diante desse cenário, foram realizadas coletas de mariposas pertencentes a família Sphingidae entre 17:30 e 05:30, em três dias de lua nova por mês, durante dois anos (agosto de 2016 a julho de 2018) na Área de Proteção Ambiental da Chapada do Araripe no município de Santana do Cariri, CE. Estas foram atraídas por armadilha luminosa utilizando lâmpada mista de 250 watts, capturadas manualmente e sacrificadas com

injeção de amônia no metatórax. Um total de 3690 espécimes foram amostrados pertencentes a 37 espécies e 18 gêneros amostrados. As espécies *Erinnyis ello ello, Xylophanes tersa* e *Hyles euphorbiarum* foram as espécies mais abundantes, compreendendo juntas 74% de todos os espécimes coletados. Nove espécies (*Adhemarius gannascus, Callionima guiarti, Cocytius duponchel, Erinnyis impunctata, Eumorpha fasciatus, Madoryx oiclus, Manduca florestan, Pachylioides resumens* e *Xylophanes pluto)* foram registradas pela primeira vez no Ceará. Houve uma sazonalidade bem marcada com decréscimo de riqueza e abundância dos esfingídeos no período seco nos dois anos.

Palavras-chave: Fenologia**,** *Erinnyis ello ello*, Chapada do Araripe, mariposas, Nordeste, novos registros.

1.3 Introdução

Bombycoidea é uma superfamília de Lepidoptera ecologicamente diversa, com algumas espécies relativamente bem conhecidas e comumente utilizadas como modelos em estudos de genética, fisiologia e desenvolvimento, como é o caso, por exemplo, do bicho-da-seda *Bombyx mori* (Linnaeus, 1758) (Bombycidae). Essa superfamília comprende atualmente as famílias Anthelidae, Apatelodidae, Bombycidae, Brahmaeidae, Carthaeidae, Endromidae, Eupterotidae, Phiditiidae, Saturniidae e Sphingidae (Zwick, 2008; Zwick *et al.*, 2011; Kitching *et al*., 2018). As duas últimas, Saturniidae e Sphingidae, reúnem cerca de 83% das 6.092 espécies da superfamília (Kitching *et al*. 2018).

Sphingidae encontra-se atualmente dividida em quatro subfamílias: Langiinae, Smerinthinae, Macroglossinae e Sphinginae (Kitching, 2018). Com as três últimas ocorrendo no Brasil, distribuídas em 18 tribos e 12 subtribos, sendo que, dessas, quatro tribos (Ambulycini, Dilophonotini, Macroglossini, Sphingini) e seis subtribos (Acherontiina, Choerocampina, Cocytiina, Dilophonotina, Philampelina, Sphingina) ocorrem no Brasil (Kitching, 2018). Foram descritas no mundo 1.608 espécies de esfingídeos em 213 gêneros; na América do Sul são reconhecidas 302 espécies de esfingídeos (Kitching, 2018), sendo pelo menos 210 espécies tem ocorrência confirmada no Brasil (Duarte *et al*., 2008).

Muitas espécies de esfingídeos são utilizados como indicadores biológicos em avaliações da qualidade ambiental em ecossistemas (Hilty & Merenlender, 2000; Highland *et al*., 2013), possuem importância econômica devido à herbívora em cultivos agrícolas (Camargo,

2004; Fanzolin *et al*., 2007) e também são importantes do ponto de vista ecológico, atuando como agentes polinizadores de inúmeras espécies vegetais em regiões tropicais tendo importante função na composição e dinâmica das formações da vegetação (Oliveira *et al*., 2004).

O que ustificaria a necessidade de ampliar os conhecimentos sobre sua taxonomia, estrutura populacional, genética, distribuição de espécies e interações biológicas, a fim de incentivar o desenvolvimento de estratégias eficazes de manejo e proteção dos ecossistemas (Amorim, 2008), principalmente dos biomas tropicais e de suas espécies perante uma rápida degradação e iminentes extinções (Primack & Rodrigues, 2001).

No Brasil, mais da metade do território ainda é desprovido de inventários de fauna (Myers *et al.*, 2000; Santos *et al.*, 2008). De acordo com Freitas (2011), inventários de fauna, principalmente em áreas pouco conhecidas, revisões taxonômicas, descrição de novas espécies, estudo da história natural e ciclos de vida da fauna devem ser prioritários. Isso porque estudos de fauna desenvolvidos de forma sistemática e comparativa podem responder questões fundamentais à ecologia sobre composição de espécies, seus padrões de distribuição espacial e temporal, além de fornecer informações que permitam reconhecer mudanças ambientais a longo prazo, entendendo a resiliência de organismos e sua persistência em pequenos habitats, que são isolados e/ou têm um longo histórico de perturbação, de moda a criar suportes para conservação, preservação, educação ambiental e estratégias de gestão (Magurran, 2004; Rubinoff & Powell, 2004; Santos *et al*., 2008).

Dentre alguns artigos de levantamentos para esfingídeos, pode-se destacar cujo objeto é a região Norte os de Moss (1920), Rothschild & Jordan (1910), Motta & Andreazze (2001), Motta & Xavier-Filho (2005), Camargo *et al.* (2016); para as regiões Sul e Sudeste, os trabalhos de Biezanko (1984), Laroca & Mielke (1975), Laroca *et al*. (1989), Marinoni *et al*. (1999), Brown & Freitas (2000), Duarte *et al.* (2008), Vieira *et al*. (2015), e para o Nordeste, as contribuições de Darrault & Schlindwein (2002), Gusmão & Creão-Duarte (2004) e Duarte Jr. & Schlindwein, (2005a, b).

No estado do Ceará, até o presente momento, existem os levantamentos realizados por Rocha (1954) e Silva (1967) a partir de coletas em Fortaleza, além de dois resumos de congresso – um tratando sobre a esfingofauna do Parque Nacional de Ubajara (Lima *et al*., 2014) e o outro sobre a fauna de mariposas do Parque Botânico do Ceará, no município de Caucaia (Silva *et al*., 2015). Mais recentemente, foi publicado um capítulo de livro com pesquisa desenvolvida no Parque de Ubajara, com informações atualizadas sobre sua esfingofauna (Câmara *et al*., 2017).

Desse modo, a baixa amostragem deste grupo para o estado do Ceará, a ausência de informações biológicas e ecológicas para as espécies de esfíngideos e a diversidade subamostrada para o estado, levaram a realizar um levantamento acerca das espécies de esfingídeos na região da Chapada do Araripe, sul do estado do Ceará, em uma área de grande interesse de preservação. Alguns estudos com outros grupos taxonômicos de fosséis, fauna e flora apontam uma grande diversidade de conhecimento a ser explorado.

1.4 Materiais e Métodos

1.4.1 Área de estudo

A Chapada do Araripe (7°10’ -7°50’ S/39°00’ -39°50’ W) está localizada entre o sul do Ceará, a 520 km da capital Fortaleza, o noroeste do Pernambuco e o sudeste do Piauí. Com 190 km de extensão, atingindo até 70 km de largura (Reis *et. al.*, 2012), é desenvolvida nas rochas cretáceas do grupo Araripe, com níveis altimétricos variando entre 600 - 1000m, exercendo uma barreira para as nuvens e projetando uma área de barlavento ao norte e nordeste e outra de sotavento no sul e sudeste (Magalhães, 2006).

As médias pluviométricas anuais variam de 600 a 800 mm na região sotavento (Pernambuco) e na região barlavento têm uma variação aproximada de 900 mm a 1100 mm (Ceará) (APAC, 2012; Reis *et al*., 2012). O período de precipitação inicia-se com a estação conhecida como pré-chuvosa, a partir do mês de dezembro, com chuvas de forma esparsas e irregulares, que se concentram nos meses de janeiro a março e começam a diminuir a partir de maio (FUNCEME, 2006).

Além disso, os rebordos da chapada têm à disposição das camadas orientadas para leste, favorecendo a ocorrência de ressurgências responsáveis pela perenidade das nascentes e rios, de modo a propiciar condições de morfogênese química que ocorrem apenas na encosta, não existindo no topo (Figura 1). Dessa forma, a Chapada do Araripe configura um formato contrário dos brejos-decimeira, onde a mata úmida (Floresta Subperenifólia Tropical Plúvio-Nebular) e a mata seca (Floresta Estacional Semidecidual) que caracterizam os brejos-de-altitude ocorrem no topo. Assim, na Chapada do Araripe as matas úmidas e secas estão na encosta (brejo-de-encosta). No topo da chapada, a vegetação é composta pelo Cerradão (Floresta Subcaducifólia Tropical Xeromorfa), seguida pelo Carrasco (Borges-Nojosa, 1999).

A região conta com proteção federal através da Área de Proteção Ambiental da Chapada do Araripe - APA/Araripe criada pelo Decreto s/n de 04 de agosto de 1997 com 972.605,18 hectares, que engloba a Floresta Nacional do Araripe-Apodi – FLONA com 38.919,47 hectares, criada com base no Decreto-Lei nº 9.226 de 02 de maio de 1946/ Decreto s/nº, de 05 de junho de 2012.

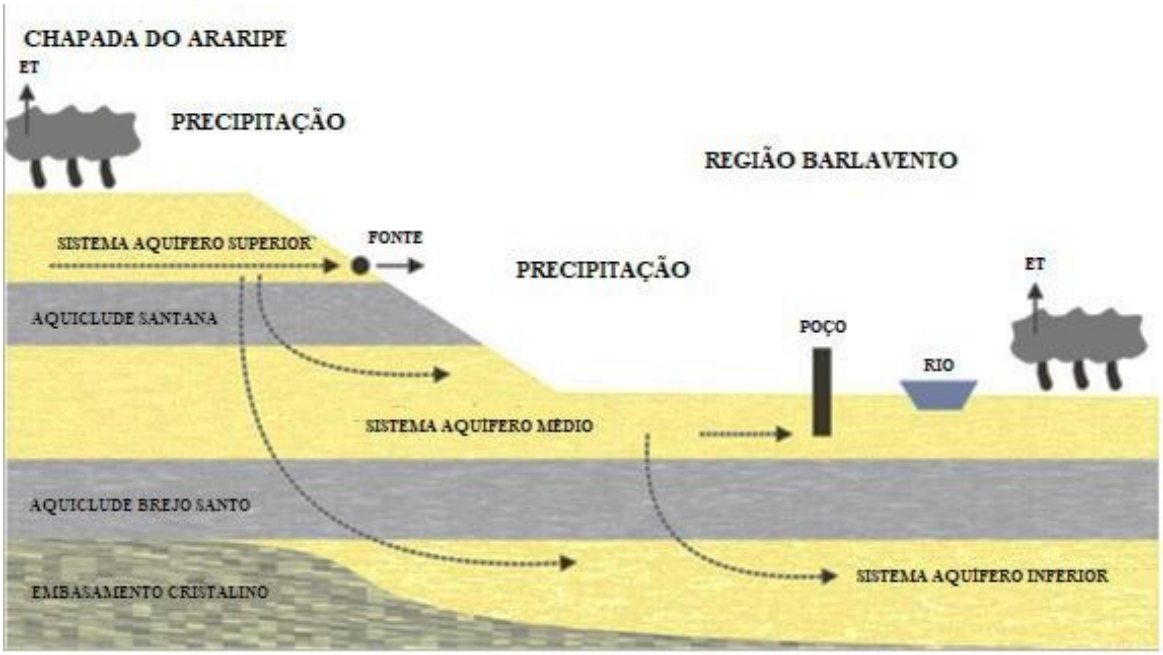


Figura 1. Esboço da região barlavento, dos rebordos e o funcionamento dos sistemas aquíferos da Chapada do Araripe. Fonte: Adaptado de PIBID/Geografia/URCA.

1.4.2 Coletas

As coletas dos esfingídeos foram realizadas na Área de Proteção Ambiental da Chapada do Araripe - APA/Araripe no município de Santana do Cariri, no estado do Ceará, na localidade Pontal da Santa Cruz (7°12'33"S, 39°43'22"W) com 750 m de altitude (Figura 2). A média de precipitação das chuvas para o município é de 800 mm anuais e as temperaturas variam em média, de 23 ºC a 29 ºC (Plano Estadual dos Recursos Hídricos, 1992). De acordo com o IBGE (2010), a população rural do município é formada por 8.357 habitantes, sendo o povoado mais próximo distante 800 metros do ponto de coleta, conhecido como “Cancão Velho” ou “Vila do Pontal”.

A produção agrícola é considerada como lavoura temporária por causa do longo período de estiagem que é característico da região. Nessa região, há plantio de abacaxi, amendoim, arroz, fava, feijão, fumo, mandioca, milho e tomate, sendo que os cultivos de milho (2000 ha), feijão (750 ha), mandioca (321 ha) e fumo (54 ha) compreendem a maior parte da área plantada (IBGE, 2017).

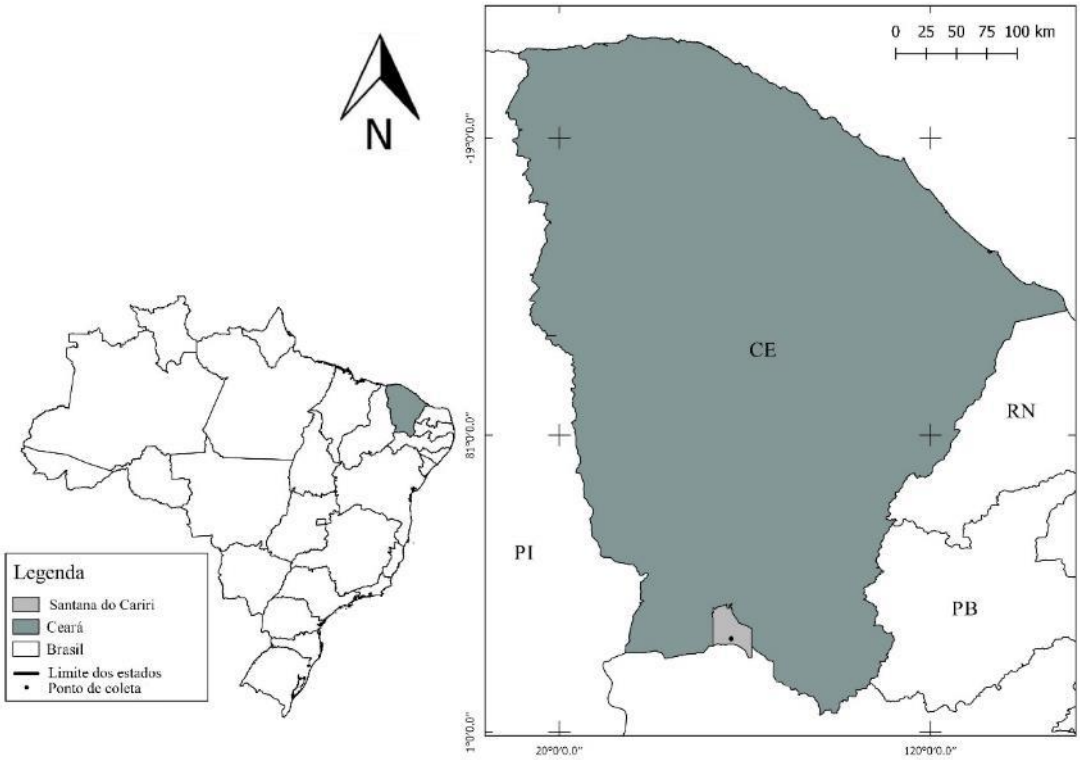


Figura 2. Mapa de localização do local de coleta dos esfingídeos no município de Santana do Cariri, CE.

No município de Santana do Cariri podem ser encontradas fitofisionomias de Mata Úmida (floresta subperenifólia tropical plúvio-nebular), de Mata Seca (floresta estacional semidecidual), Cerrado, Cerradão, Carrasco e também Caatinga arbórea (floresta caducifólia espinhosa) próximo à divisa com o estado do Pernambuco (Feitosa, 1998; MMA, 2005). As coletas do presente estudo foram realizadas no platô onde há predominância do Cerradão e Carrasco (Figura 3), por ser considerado o ponto mais elevado, e onde a iluminação artificial poderia ter maior dispersão para atrair indivíduos de distâncias consideráveis (Chase *et al*., 1996).

Os esfingídeos foram coletados mensalmente, entre agosto de 2016 a julho de 2018, durante 12 horas por noite, no intervalo de 17:30 às 05:30, em três noites consecutivas, em período de lua nova, que aumenta a eficiência e atratividade da armadilha luminosa (Camargo & Cavalcanti, 1999). Apenas as coletas relativas ao mês de março de 2017 não puderam ser concluídas porque ocorreu um aumento populacional de *Paederus* sp. (Coleoptera: Staphylinidae), o qual, pode também ser atraído pela armadilha luminosa, ocasionando dermatite de contato e alergia aguda na face e nas pálpebras da pesquisadora.

Foi utilizada uma armadilha luminosa, composta pela parede branca da Capela, iluminada por uma lâmpada de luz mista de HWL 250 watts, a qual foi mantida a dois metros do solo e alimentada por energia disponível no local (Figura 4). Vistorias continuas também

foram realizadas em um raio de dois metros, objetivando a coleta de exemplares que pousavam no solo próximo à luz.

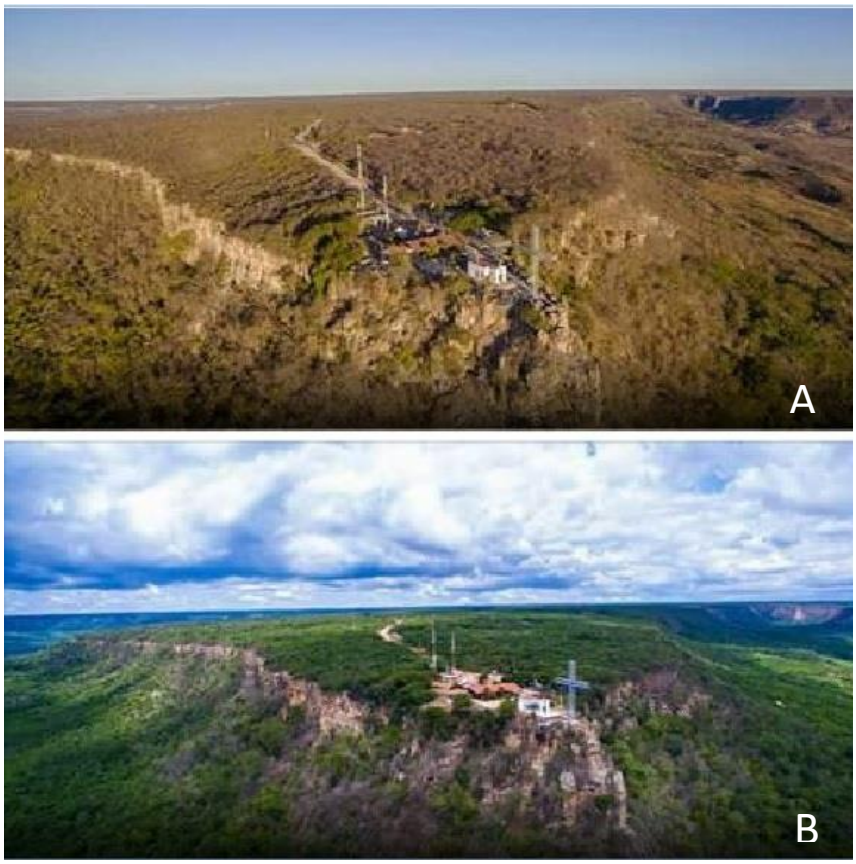


Figura 3. Ponto de coleta no munícipio de Santana do Cariri, CE, mostrando a vegetação (A) no período seco (junho a novembro) e (B) no período chuvoso (dezembro a maio). Fonte: Google imagens.

Figura 4. Armadilha luminosa no município de Santana do Cariri, CE.

Os exemplares foram coletados manualmente e diretamente da parede ou do solo com auxílio de uma pinça. Os espécimes foram sacrificados com injeção de amônia 10% na porção ventral do tórax entre o meso e metatórax (Duarte *et al*., 2008), individualizados em envelopes entomológicos e separados em lotes por hora/dia para posterior montagem e identificação dos esfingídeos.

As coletas foram autorizadas pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade-ICMBio/IBAMA (licença número 53836-2). Todos os esfingídeos atraídos pela armadilha luminosa foram coletados para subsidiar os estudos sobre os hábitos alimentares e associação com os ácaros da família Otopheidomenidae. O material encontra-se depositado na Coleção de Lepidoptera do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (MZUSP).

Os dados meteorológicos (temperatura e umidade relativa do ar) referentes às noites de coleta foram medidos através do Termo-higrômetro (Incoterm 7666). Em relação à precipitação, foram utilizados os dados disponibilizados no site da Fundação Cearense de Meteorologia – FUNCEME, com foco nas estações pluviométricas instaladas no município de Santana do Cariri.

A metodologia de coleta utilizada nesse capítulo foi a mesma para os capítulos 2 e 3.

1.4.3 Montagem

Os esfingídeos coletados foram transportados para o Laboratório de Entomologia e Acarologia (LEA) da Universidade Regional do Cariri (URCA) e mantidos nos envelopes entomológicos no freezer, sendo posteriormente transferidos em caixas de poliestireno para a Coleção de Lepidoptera do MZUSP. Na sequência, foram montados em blocos de distensão de asas devidamente etiquetados (Figura 5), secos em estufa, tombados e depositados na coleção.

A identificação foi realizada com auxílio de literatura especializada, consultas à coleção do MZUSP e auxílio de especialistas. A classificação adotada para os esfingídeos segue a proposta por Kitching (2018), sendo também observados os relacionamentos de parentesco supragênericos propostos por Kawahara *et al*. (2009).

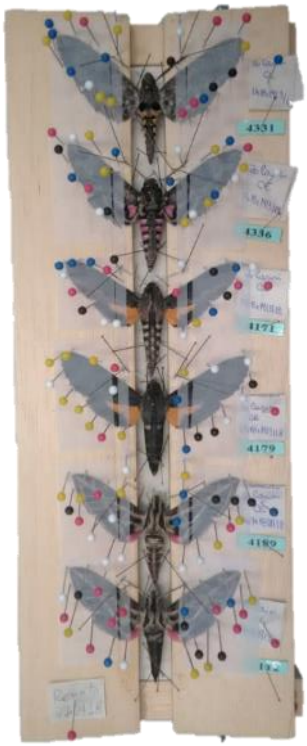


Figura 5. Esfingídeos montados para secagem na estufa com suas etiquetas de numeração referentes a cada espécime.

1.4.4 Análise dos dados ecológicos

A partir das identificações dos espécimes foi feita uma planilha com o local, as espécies, os horários de coleta, o número total de indivíduos para família, subfamília e espécie, as datas de coleta e as estações anuais. Além de planilhas para cada teste a ser realizado, as espécies de esfingídeos coletadas tiveram suas abundâncias (absolutas) e riqueza expostas em tabela, e os gêneros e subfamílias foram analisados mês a mês para verificar a existência de possíveis padrões ao longo do ano. A abundância relativa de cada gênero e subfamília foi expressa em porcentagem, calculada a partir da abundância total de esfingídeos.

A estimativa da riqueza de espécies foi estimada através da curva acumulação de espécies ou curva do coletor (Schilling & Batista, 2008), na qual o número de novas espécies observadas é uma função do esforço amostral, medido em número de indivíduos. Essa estimativa, através do ponto de estabilização da curva de acumulação de espécies, nos permite observar características importantes da comunidade, como o número máximo de espécies e o padrão de acumulação da curva (Magurran, 2004). A curva do coletor tem sido usada para indicar se a amostragem realizada foi suficiente para atingir o número de espécies total da comunidade. Mesmo com suas limitações, o uso da curva de acumulação de espécies (ou curva do coletor) continua sendo uma prática bastante comum (Schilling *et al*., 2012).

A curva de acumulação de espécies ou o número de espécies para um determinado número de amostras foi projetada por meio do método do coletor, utilizando pesos (w) que fornecem o esforço de amostragem para cada réplica. Os pesos não influenciam a ordem em que os espécimes são acumulados, somente o valor do esforço de amostragem, de modo que nem todas as réplicas sejam iguais e seu desvio padrão com a riqueza esperada. Como proposto pelo método de *coleman* (Coleman *et al*., 1982), a estimativa de assíntota ("estabilização" da curva do coletor) foi calculada através de um modelo logístico n-paramétrico. Foram utilizados os pacotes computacionais-estatísticos *vegan* e *rtk* e *nplr* do software R (curva do coletor, Jari Oksanen *et al*., 2017; Saari *et al*., 2017; estimativa de assíntota) (Commo & Bot, 2006).

Foram ainda calculados os índices de Shannon e Equitabilidade de Pielou correspondentes aos meses de coletas a partir do R (*diversity*, na biblioteca *vegan*) para função e cálculo de HeJ. O índice de Shannon (H') e a Equitabilidade de Pielou (J') são muito utilizados para a avaliar a diversidade e a dominância ecológica de comunidades. Quanto maior o valor de H, maior é a diversidade de esfingídeos da população em estudo, geralmente com valores entre 1,5 e 3,5, sendo que dificilmente atinge-se valores acima de 5. Este índice pode expressar riqueza e uniformidade e atribuí igual peso entre as espécies raras e abundantes (Magurran, 1988, 2004).

O índice da Equitabilidade de Pielou (J') é derivado do índice de Shannon e permite representar a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies existentes (Pielou, 1966). O J' apresenta amplitude de 0 a 1, sendo que valor máximo indica uma situação onde todas as espécies teriam o mesmo número de indivíduos, o que significaria ausência de dominância ecológica. Caso todas espécies tenham a mesma representatividade, a Equitabilidade será máxima (Peet, 1974).

Previamente à realização das análises estatísticas, os dados foram avaliados quanto à presença de *outliers*, à normalidade univariada e à autocorrelação seguindo os procedimentos e tomadas de decisão descritos em Zuur *et al.* (2010). Para avaliar a presença de *outliers* nas respostas variáveis (riqueza de espécies e abundância total) e explanatórias (temperatura, pluviosidade e umidade relativa do ar) para cada modelo, cada variável foi inspecionada através do gráfico de Cleveland (Cleveland, 1993). Em seguida, a variável resposta foi testada quanto à sua normalidade univariada pelo teste de Shapiro-Wilk (Shapiro & Wilk, 1965).

A independência das amostras da variável resposta foi avaliada através da função de autocorrelação e, por fim, pelo Teste Aumentado de Dickey-Fuller (Dickey & Fuller, 1979) considerando a hipótese alternativa ($p > 0,05$), ou seja, a variável segue variações randômicas. As variáveis resposta foram ainda testadas quanto à sua distribuição de probabilidade de erro

para a distribuição através de um teste de adequação (Goodness-of-fit test), assim sendo verificada uma distribuição do tipo 'Weibull'.

Análises de Modelos Lineares Generalizados (GLM) foram empregadas para verificar as relações entre as variáveis respostas (riqueza de espécies e abundância total) entre as réplicas mensais e explanatórias (temperatura, pluviosidade e umidade relativa do ar), resultando em dois modelos. As variáveis explanatórias foram transformadas através da padronização em Z-score que normaliza e centraliza os dados, assim apresentando média 0 e variância 1, exceto variáveis categóricas.

Esta padronização remove as distintas tendências de escala e dimensão das variáveis analisadas nos modelos. Para todos os modelos GLM foram gerados os modelos globais e reduzidos, com avaliação dos critérios de log-verossimilhança para Weibull e para seleção das variáveis explicativas mais representativas dos modelos.

Para a visualização da taxocenose frente às variáveis ambientais foram utilizadas Análises de Redundância (RDA). Para os dados de composição da taxocenose (abundância de cada espécie) foi utilizada a padronização de 'Hellinger', com a finalidade de diminuir a escala entre a abundância entre espécies dominantes e raras (Zuur *et al*., 2010).

Assim, na RDA foi extraída e resumida à variação em um conjunto de variáveis de resposta (taxocenose), que pode ser "explicada" por um conjunto de variáveis abióticas (temperatura, pluviosidade e umidade relativa do ar), com relações lineares entre as componentes de variáveis de resposta que são explicadas pela variação de um conjunto de variáveis explicativas em um plano cartesiano gráfico.

As premissas de tratamento dos dados e dos modelos lineares foram definidas separadamente para evitar possíveis conflitos computacionais. Em todas as análises realizadas, o nível de significância adotado foi de 5% (Zar, 2010) e, para a seleção do modelo reduzido, foi utilizado o menor valor de AIC e maior valor de log-verossimilhança. Para a RDA foram utilizados os pacotes *vegan* e *ggord* (Oksanen *et al*., 2017; Beck, 2019).

Também foi analisada a relação entre o horário de coleta, a riqueza e abundância de esfingídeos. Para esta análise, todos os indivíduos amostrados em um mesmo mês foram separados por horário de coleta, desconsiderando-se o dia, e classificados em faixas de uma hora de duração. Foi realizada uma Análise de Correspondência (AC) para identificar e avaliar os padrões sazonais (dois anos de amostragens) de riqueza de espécies e abundância total entre os intervalos horários (17:30h – 18:29h; 18:30h – 19:29h; 19:30h - 20:29h; 20:30h – 21:29h; 21:30 – 22:29h; 22:30h – 23:29h; 23:30h – 00:29h; 00:30h – 01:29h; 01:30h – 02:29h; 02:30h – 03:29h; 03:30h – 04:29h; 04:30h – 05:29h).

Para isso, a riqueza de espécies e a abundância total foram constituindo uma tabela de contingência de dois fatores por intervalo horário. Na AC, as associações observadas entre os dois fatores são sumarizadas pela frequência de cada célula da tabela e, em seguida, posicionados em um espaço dimensional geométrico, de maneira que as posições de cada linha e coluna são consistentes com as associações da tabela (Grenacre, 1993). As informações de variação de explicação dos eixos das AC foram expressas em porcentagens para cada eixo.

Um teste de Qui-quadrado de Pearson com valor de probabilidade (significância) simulado por permutações do tipo Monte Carlo (n = 10.000; Hope, 1968) utilizando o algoritmo de Patefield (1981) foi realizado para validar as associações observadas na AC. Em adição, os pontos gráficos relacionados aos grupos relacionados foram dispostos proporcionalmente à sua grandeza na tabela de contingência, gerando uma visualização da associação/número de citações.

Todas essas análises estatísticas foram realizadas utilizando o *software* R (R Development Core Team, 2012), adotando o nível de significância de 5% (Zar, 2010). Os seguintes pacotes computacionais-estatísticos foram utilizados: *vgam* para a distribuição Weibull (Yee *et al*., 2015), *vegan* (para transformação de dados em *Hellinger*) (Jari Oksanen *et al*. 2017), *ca* (AC, Nenadic & Greenacre, 2007). Testes das outras premissas mencionadas anteriormente foram realizados de acordo com Zuur *et al.* (2010), utilizando os pacotes *tseries* (Trapletti & Hornik, 2013), *lattice* (Depayan, 2008), *grid* (R Development Core Team 2012) e *stats*. Cada análise estatística foi realizada separadamente para evitar possíveis conflitos computacionais.

Os horários de atividades dos esfingídeos anteriormente citados com intervalos entre 17:30 e 05:29 foram categorizados e utilizados para avaliar a sobreposição e amplitude de nicho temporal da taxocenose, a partir da frequência de encontros de cada espécie em cada categoria de horário. A sobreposição e a amplitude de nicho temporal foram calculadas através do programa R com o pacote *spaa* e a estrutura foi testada com o pacote *EcoSimR* utilizando o algoritmo Ra2 (algoritmo de randomização 2). Esse algoritmo mantém os zeros retidos e reformula a amplitude de nicho observada por um valor uniforme e aleatório (0,1) (Pianka, 1973; Gotelli *et al*., 2015).

1.5 Resultados

Ao todo foram coletados 3.690 espécimes de esfingídeos (1.703 fêmeas e 1.987 machos) em 69 noites e 770 horas de esforço amostral, sendo registradas 75% das espécies catalogadas com ocorrência no Ceará e cerca de 19% da riqueza de esfingídeos que ocorrem no Brasil (Haxaire & Mielke, 2019). Não foi verificado nenhum endemismo, e, dessas espécies registradas para Santana do Cariri, 78% também ocorrem em outras localidades da região neotropical. Apenas uma espécie, *Neogene dynaeus* (Hübner, [1831]), foi mencionada somente para o Brasil e seis para a América do Sul: *Callionima grisescens* (Rothschild, 1894), *Callionima guiarti* (Debauche, 1934), *Eumorpha analis* (Rothschild & Jordan, 1903), *Erinnyis impunctata* Rothschild & Jordan, 1903, *Hyles euphorbiarum* (Guérin-Méneville & Percheron, 1835) e, *Isognathus allamandae* (Clark, 1920) (Kitching, 2019).

O material amostrado pertence a três subfamílias e quatro tribos, distribuídas em 18 gêneros e 37 espécies (Tabela 1), das quais nove espécies são novos registros para o estado do Ceará: *Adhemarius gannascus* (Stoll, 1790), *C. guiarti*, *Cocytius duponchel* (Poey, 1832), *E. impunctata, Eumorpha fasciatus* (Sulzer, 1776), *Madoryx oiclus* (Cramer, 1780), *Manduca florestan* (Cramer, 1782), *Pachylioides resumens* (Walker, 1856) e *Xylophanes pluto* (Fabricius, 1777) (Apêndice 1.1).

A espécie *E. analis* (Prancha 2) é um novo registro também para o Nordeste, já que até o momento havia registro de *E. analis* no Brasil apenas para Cerrado, Mata atlântica e Pampas (Haxaire & Mielke, 2019). Apesar de o encrave onde ocorreram as coletas apresentar uma vegetação heterogênea, está localizado dentro do domínio Caatinga, o que sugere uma melhor investigação sobre sua distribuição dentro deste. Todas as espécies aqui coletadas não são exclusivas de apenas um bioma e já haviam sido amostradas em outras áreas do Cerrado, com exceção de *Perigonia ilus* Boisduval, 1870 com registros somente para Amazônia e Mata Atlântica (Haxaire & Mielke, 2019).

A distribuição das espécies durante os dois anos foi bem marcada e sazonal, refletindo maior riqueza e abundância dos esfingídeos no período chuvoso. No total, 3.395 espécimes foram coletados no período chuvoso e apenas 295 no período seco, representando 92% e 8%, respectivamente. As 37 espécies coletadas foram amostradas no período chuvoso, sendo que 14 delas foram obtidas apenas neste e nenhuma espécie ocorreu apenas no período seco nos dois anos de amostragem.

Para o primeiro ano foram coletados 2.141 espécimes e 32 espécies, sendo que 93% dos espécimes e de todas as espécies ocorreram no período chuvoso e apenas 7% de espécimes e 17 das espécies também ocorreram no período seco. As espécies *Perigonia lusca* (Fabricius, 1777), *P. tetrio* (Linnaeus, 1771) e *Pachylia ficus* (Linnaeus, 1758) ocorreram unicamente nesse ano, no período com maior precipitação. No segundo ano, foram coletados 1549 espécimes, número menor do que no ano anterior, e 33 espécies, sendo uma a mais do que no primeiro ano. Porém, a porcentagem dos períodos chuvoso (90%) e seco (10%) e a quantidade de espécies, 33 e 16, nessa ordem, foram praticamente as mesmas em relação ao primeiro ano.

Desta forma, cinco espécies (*A. gannascus*, *M. oiclus*, *P. resumens*, *P. ilus*, *X. pluto*) referiram-se apenas ao segundo ano de amostragem no período chuvoso. Foi registrado também seis espécies (*C. guiarti*, *Erinnyis oenotrus* (Cramer, 1782), *E. analis*, *E. fasciatus*, *M. florestan* e *N. dynaeus*) que nos dois anos de amostragem ocorreram apenas nos meses do período chuvoso, tendo a última espécie ocorrido apenas nos meses de fevereiro.

O mês com maior abundância e riqueza de esfingídeos foi abril de 2017, com 757 espécimes coletados e 25 espécies. Os meses de fevereiro de 2017 (631) e maio de 2017 (399) também se destacaram em relação à abundância. No mês de março de 2018 também foram registradas 25 espécies. No mês de setembro de 2017 apresentou a menor riqueza e abundância, com apenas um indivíduo coletado (Figura 6).

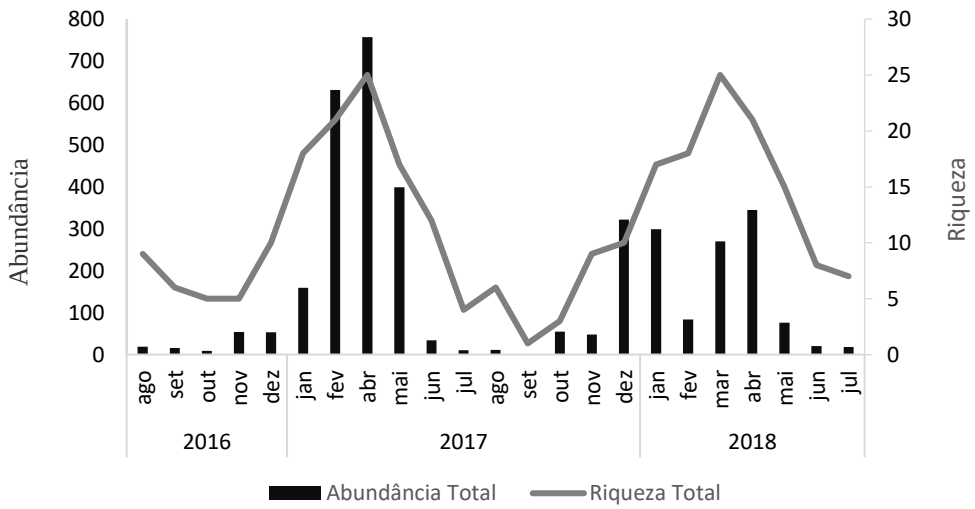


Figura 6. Total espécies e abundância absoluta de esfingídeos por meses amostrados no município de Santana do Cariri, CE.

Tabela 1. Espécies de Sphingidae (Lepidoptera) amostradas no município de Santana do Cariri, CE, separadas por subfamília e tribo, com o número total de espécimes coletados e total de ocorrência por mês e por espécie/mês. *Novo registro para o Ceará.

Espécie	Nº espécimes		2016						2017										2018							**Total**
			Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	
Macroglossinae:Dilophonotini	**M/F**	**Total**																								
Callionima grisescens	102/129	231	X	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	-	-	**16**
*Callionima guiarti**	52/19	71	-	-	-	-	-	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	-	-	-	**8**
Enyo lugubris	14/25	39	X	-	-	-	-	X	X	X	X	X	-	X	-	X	-	-	X	X	X	X	X	-	-	**13**
Enyo ocypete	11/1	12	X	-	-	-	-	-	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	**6**
Erinnyis alope	73/83	156	-	-	-	-	-	X	X	X	X	-	-	-	-	-	X	-	X	X	X	X	X	X	X	**12**
Erinnyis crameri	2/3	5	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	**4**
Erinnyis ello ello	849/827	1.676	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	**22**
*Erinnyis impunctata**	13/13	26	X	-	-	-	X	X	-	X	X	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	-	-	-	X	**10**
Erinnyis obscura obscura	13/24	37	X	-	-	-	-	X	-	X	X	X	-	-	-	-	X	X	X	X	X	-	-	X	X	**12**
Erinnyis oenotrus	5/3	8	-	-	-	-	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	**5**
*Eumorpha analis**	8/2	10	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X	X	X	-	-	-	**5**
*Eumorpha fasciatus**	2/0	2	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	**2**
Eumorpha labruscae	35/30	65	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	-	-	**9**
Eumorpha vitis	60/20	80	-	X	X	-	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	-	-	**13**
Isognathus allamandae	38/16	54	-	X	X	-	-	X	X	X	X	X	-	X	-	-	X	-	X	X	-	X	X	X	X	**15**
Isognathus caricae	3/8	11	-	-	-	-	-	-	X	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	**4**
Isognathus menechus	2/0	2	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	**2**
*Madoryx oiclus**	1/0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	**1**
Pachylia ficus	3/3	6	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**3**
*Pachylioides resumens**	1/0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	**1**
*Perigonia ilus**	1/0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	**1**
Perigonia lusca	1/0	1	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**1**
Perigonia pallida	54/4	58	-	-	-	-	-	X	X	X	X	-	-	X	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	-	**12**
Pseudosphinx tetrio	11/4	15	-	-	-	-	X	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**3**

Tabela 1. Continuação.

Espécie	Nº espécimes		2016						2017										2018							**Total**
	M/F	**Total**	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	
Macroglossinae:Macroglossini																										
Hyles euphorbiarum	161/171	332	-	X	-	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	-	-	**14**
*Xylophanes pluto**	0/1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	**1**
Xylophanes tersa	300/198	498	X	X	X	-	X	-	X	X	X	X	X	-	-	X	X	-	-	X	X	X	X	X	X	**17**
Smerinthinae: Ambulycini																										
*Adhemarius gannascus**	1/0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	**1**
Protambulyx strigilis	14/8	22	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	-	-	**7**
Sphinginae: Sphingini																										
Agrius cingulata	93/71	164	X	X	X	-	-	X	X	X	X	X	-	X	X	-	-	-	X	X	X	X	X	-	X	**16**
Cocytius antaeus	6/8	14	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	-	**6**
*Cocytius duponchel**	5/5	10	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	-	**6**
Manduca diffissa tropicalis	2/1	3	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	**3**
*Manduca florestan**	4/1	5	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	**3**
Manduca paphus	34/14	48	-	-	-	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-	-	X	-	X	-	X	X	-	-	-	**9**
Manduca rustica	13/1	14	-	-	-	X	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	X	X	-	-	**7**
Neogene dynaeus	0/10	10	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	**2**
Total 37 espécies	**1987/1703**	**3690**	**9**	**6**	**5**	**5**	**10**	**18**	**21**	**25**	**17**	**12**	**4**	**6**	**1**	**3**	**9**	**10**	**17**	**18**	**25**	**21**	**15**	**8**	**7**	

Durante o mês de fevereiro de 2018, houve uma redução em relação à abundância quando comparado aos meses do período chuvoso do mesmo ano, essa diferença foi atribuída às fortes chuvas durante toda a noite do primeiro dia e, em alguns horários, durante os dois últimos dias de coleta.

Somente seis espécies tiveram abundância acima de 100 espécimes, e juntas representaram 91% da abundância relativa. Nesse sentido, sendo o gênero *Erinnyis* é sozinho responsável por 51,7% da abundância relativa e 18% da riqueza com sete espécies, destacando *Erinnyis ello ello* (Linnaeus, 1758) (Prancha 1), com registro de 1.676 espécimes nos dois anos de coleta (Figura 7). *Erinnyis ello ello* também foi a espécie mais constante, estando presente em 22 meses de coleta, seguindo por *Xylophanes tersa* (Linnaeus, 1771) presente em 17 meses e *C. grisescens* e *Agrius cingulata* (Fabricius, 1775), com 16 meses.

Um total de seis espécies (*Adhemarius gannascus, Madoryx oiclus, Pachylioides resumens, Perigonia ilus, Perigonia lusca e Xylophanes pluto*) estiveram presentes apenas em um mês com apenas um único espécime, representando 16% das espécies coletadas. Porém, além dessas já citadas, mais duas espécies, *E. fasciatus* e *Isognathus menechus* (Boisduval, 1875), que ocorreram em mais de um mês, foram consideradas raras por terem apresentado menos de três espécimes durante os dois anos de amostragem. Elas totalizaram apenas 0,3% de todos os espécimes coletados. Assim como todas as espécies, *E. ello ello* teve diminuição no período seco, não ocorreu apenas no mês de setembro 2017, suas maiores abundâncias foram registradas em fevereiro, abril e dezembro de 2017 e janeiro de 2018.

Um fato que ocorreu nos períodos seco e chuvoso foi a amostragem de espécimes que apresentaram uma abertura lateral no abdômen com saída de “material esverdeado”. Isso ocorreu com *E. ello ello* nos meses de novembro (2016 e 2017), um espécime em cada mês; nos meses de março, outubro e dezembro (2017), com um, três e dois espécimes, respectivamente, e em março (2018) com um espécime referente a *Eumorpha labruscae* (Linnaeus, 1758) e *Enyo lugubris* (Linnaeus, 1771).

Apenas em seis meses, dos 23 meses de coleta, houve uma maior abundância de fêmeas do que machos: três referentes ao período seco (agosto de 2016, julho e setembro de 2017) e três ao chuvoso (fevereiro de 2017, janeiro e fevereiro de 2018), entretanto, nesses meses, a maior diferença que ocorreu foi em janeiro de 2018 com 35 espécimes a mais de fêmeas. Esses dados não possuem correspondência com os mesmo meses nos ano anteriores ou seguintes, com exceção de fevereiro, apesar de não ter havido diferenças expressivas entre as variáveis ambientais avaliadas entre os meses.

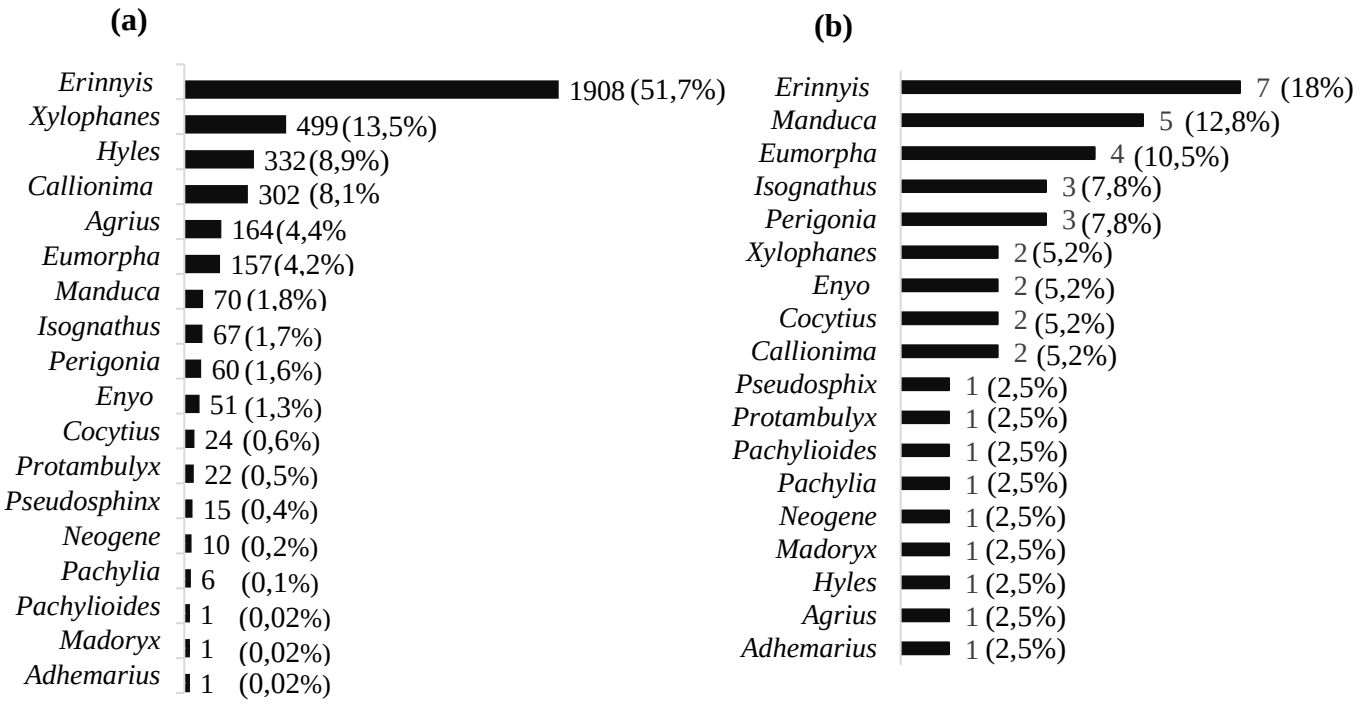


Figura 7. Abundância absoluta, relativa (a) e (b) riqueza dos gêneros coletados.

Na medida que *X. tersa* teve a presença de maior quantidade de machos em 11 meses e de fêmeas em seis meses, abrangendo os períodos seco e chuvoso dos dois anos de amostragem. As maiores abundâncias foram registradas em abril e maio de 2017 e 2018, sendo o mês de maio de 2017 o que também registrou a maior diferença entre os sexos, com a discrepância de 43 machos. Quando ocorreu mais fêmeas do que machos, essa diferença não foi maior que três espécimes no mês de maio de 2018. Quando analisados todos os meses em que houve registro para a espécie, a diferença foi de 102 machos a mais, a maior diferença entre os sexos de todas as espécies coletadas.

Em setembro houve um pico atípico ocasionado pela coleta de um único espécime fêmea de *A. cingulata*, o que não deve ser considerado como o padrão para o mês, pois houve, durante as três noites de coleta, uma maior intensidade dos ventos, com rajadas a partir das 19h até às 4h do dia seguinte (Figura 8). No restante dos meses em que a presença de machos foi maior que as de fêmeas, a maior diferença ocorreu no mês de maio de 2017, com oito machos a mais para *A. cingulata*, apresentando as maiores abundâncias em abril e maio do mesmo ano.

Para as espécies *A. cingulata* e *E. ello ello* não houve uma grande diferença no total entre machos e fêmeas, com 22 espécimes a mais de machos nos meses em que foram amostrados. No caso de *E. ello ello*, os machos estiveram em maior quantidade durante 10 meses, porém, em oito deles as fêmeas estiveram em maior quantidade que os machos, e em

três estiveram com o número igual. Não houve discriminação entre os períodos seco e chuvoso, para as duas espécies anteriormente citadas. Os meses defevereiro e abril de 2017 foram os mais abundantes para *E. ello ello*.

Outra espécie constante foi *C. grisescens*, tendo fevereiro e abril de 2017 como os meses de maior abundância. Em 10 meses houve mais fêmeas e em quatro meses mais machos, sendo que em agosto de 2016 e maio de 2017 ocorreram a mesma quantidade de fêmeas e machos. A maior diferença entre os sexos ocorreu em fevereiro de 2017, com 15 espécimes de fêmeas a mais. No entanto, a soma da diferença entre todos os meses em que os esfingídeos estiveram presentes foi 27 espécimes a mais de fêmeas.

Outras espécies em que a totalidade de fêmeas foi maior que a de machos incluem *E. lugubris*, *Cocytius antaeus* (Drury, 1773), *Erinnyis alope* (Drury, 1770), *Erinnyis obscura obscura* (Fabricius, 1775), *H. euphorbiarum*, *Isognathus caricae* (Linnaeus, 1758). Das espécies que ocorreram em apenas um mês, todos os espécimes, com exceção de *X. pluto*, foram machos. A única espécie que ocorreu em mais de um mês e apresentou somente fêmeas durante todo o período de coleta foi a *N. dynaeus* (Tabela 1).

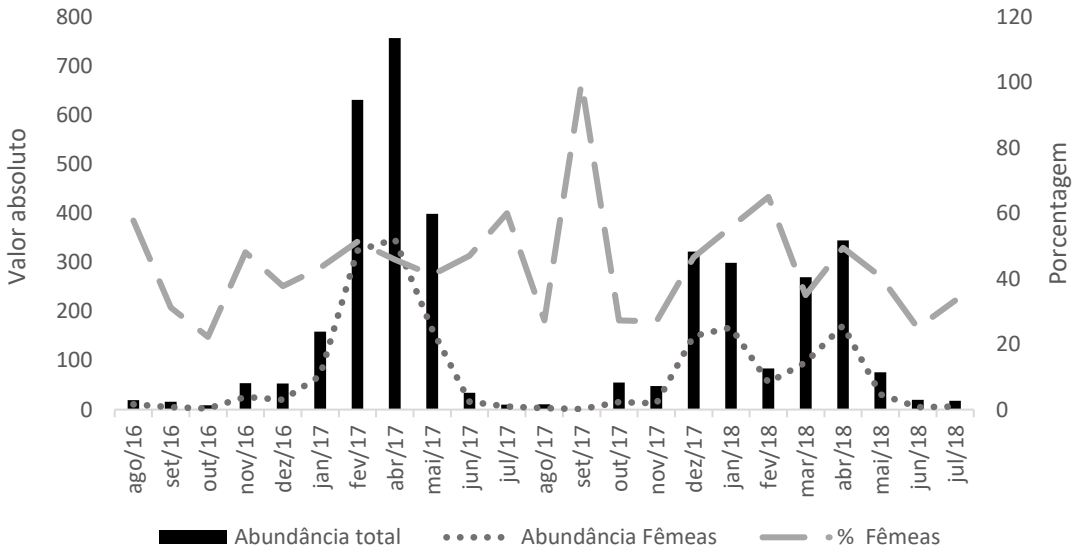


Figura 8. Abundância total, abundância absoluta e porcentagem somente das fêmeas por meses amostrados no município de Santana do Cariri, CE.

A curva do coletor começou a estabilizar depois de 18 meses de coleta, porém atingiu o seu patamar somente a partir do 20º mês, e isso pode indicar que as amostragens foram bem amplas e chegaram a um número expressivo de espécies para o município de Santana do Cariri (Figura 9). A assíntota foi estimada em 20 espécies para a estabilização da riqueza de espécies.

A subfamília Macroglossinae foi bem representada, principalmente a tribo Dilophonotini, com 24 espécies e dez gêneros. Em relação às flutuações das subfamílias, todas as flutuações máximas de riqueza ocorreram entre fevereiro e maio (período chuvoso) e mínimas entre agosto e novembro (período seco). Porém, Macroglossinae teve uma queda acentuada no mês de setembro de 2017, no qual só ocorreu um espécime de *A. cingulata* (Sphinginae), de modo que é perceptível no gráfico uma inversão dos picos entre as duas subfamílias.

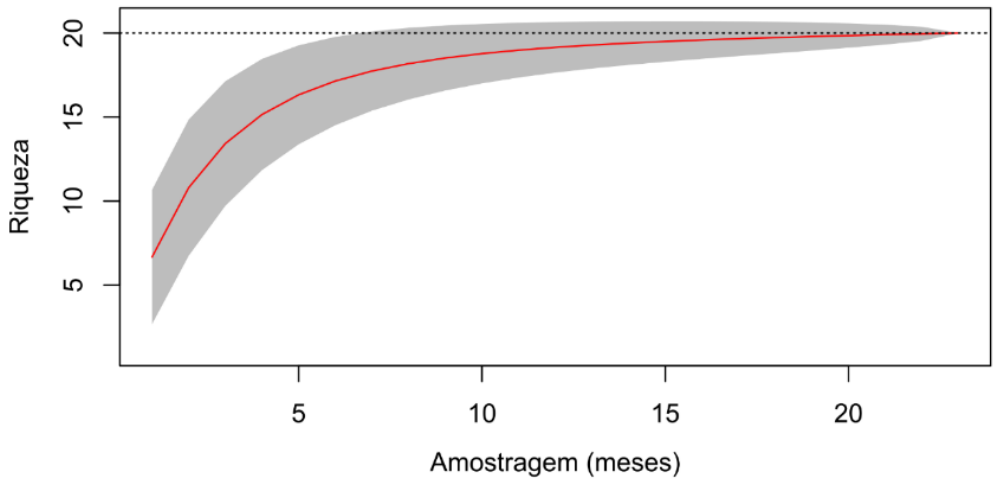


Figura 9. Curva do coletor com desvio padrão no método de *Coleman* com marcação da assíntota pela linha tracejada referente ao período de coleta de 08/2016 a 07/2018 para o município de Santana do Cariri, CE.

Em relação à abundância relativa, Macroglossinae manteve-se estável durante todo período com pequenas baixas nos meses de outubro de 2016, agosto de 2017 e com a queda brusca em setembro de 2017, quando ocorreu a mesma inversão da riqueza ocasionada devido aos fortes ventos durante as três noites de coleta onde apenas um espécime de Sphinginae (*A. cingulata*) conseguiu alcançar a armadilha e ser amostrado, sendo este mês considerado totalmente atípico. Sphinginae teve seus maiores picos de abundância relativa nos meses de outubro de 2016, agosto de 2017 e junho de 2018 (período seco), enquanto Smerinthinae ocorreu nos meses do período chuvoso e seco, com maior pico em junho de 2017 e maio de 2018 (Figura 10).

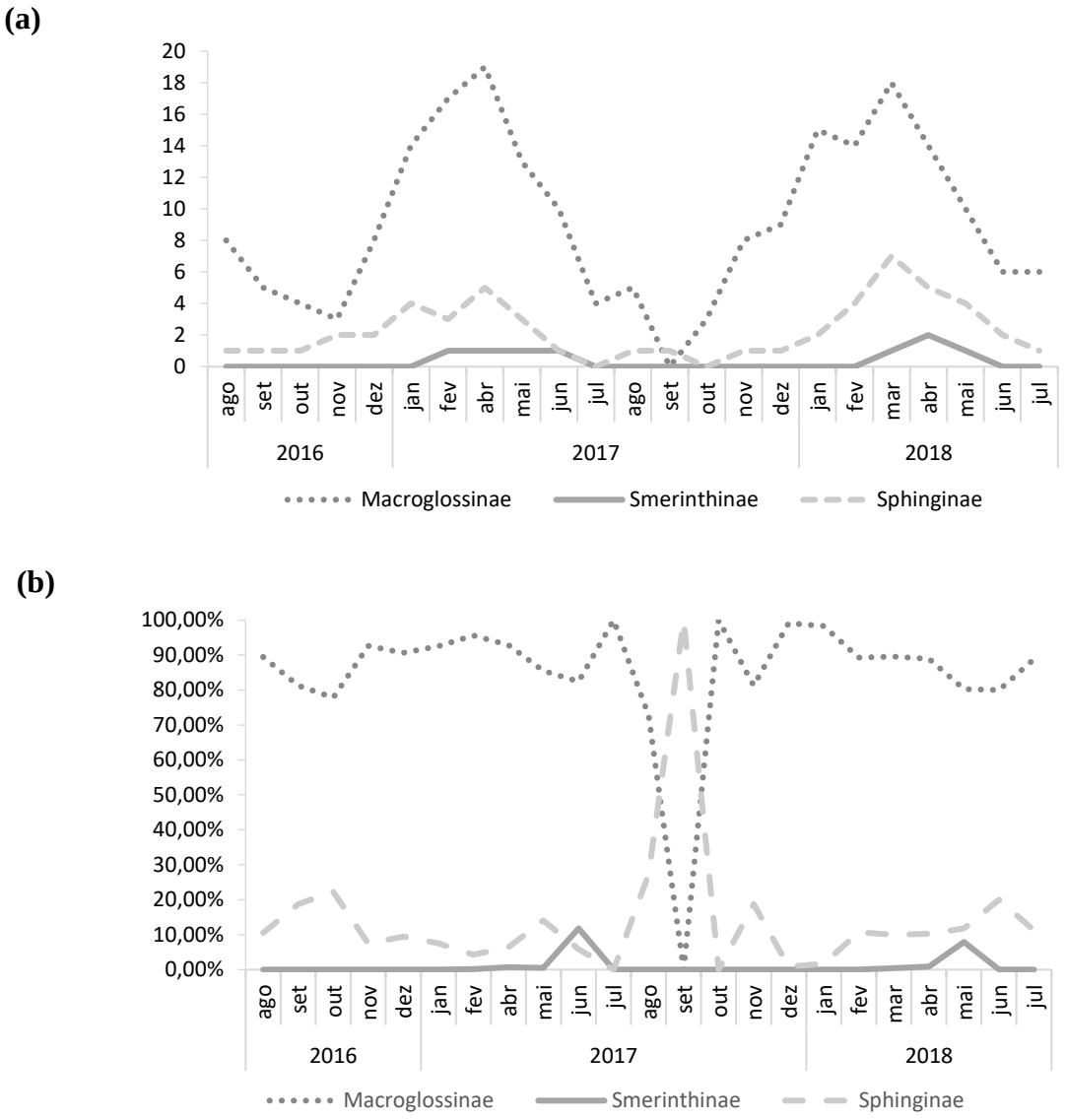


Figura 10. Flutuação da riqueza (a) e abundância relativa (b) das subfamílias no período de agosto de 2016 a julho de 2018, no município de Santana do Cariri, CE.

Para o índice de Shannon ocorreu o mesmo padrão de elevação nos meses de período chuvoso com os valores mais altos 2.4 e valores mais baixos 0.0 no mês de setembro de 2017 (Figura 11). A Equitabilidade de Pielou apresentou três meses realmente baixos (setembro, outubro e dezembro de 2017) (Figura 12). Dado que a depressão observada no gráfico referente a setembro de 2017 refletiu a coleta de apenas um espécime de *A. cingulata*, como já citado anteriormente.

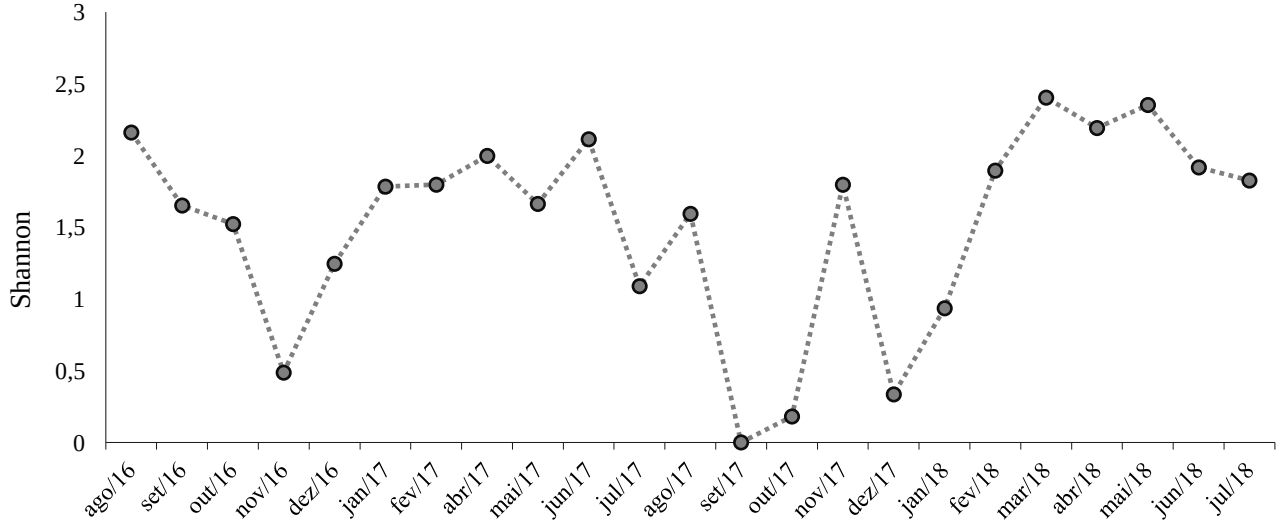


Figura 11. Índice de Shannon para o período de 08/2016 e 07/2018 do município de Santana do Cariri, CE.

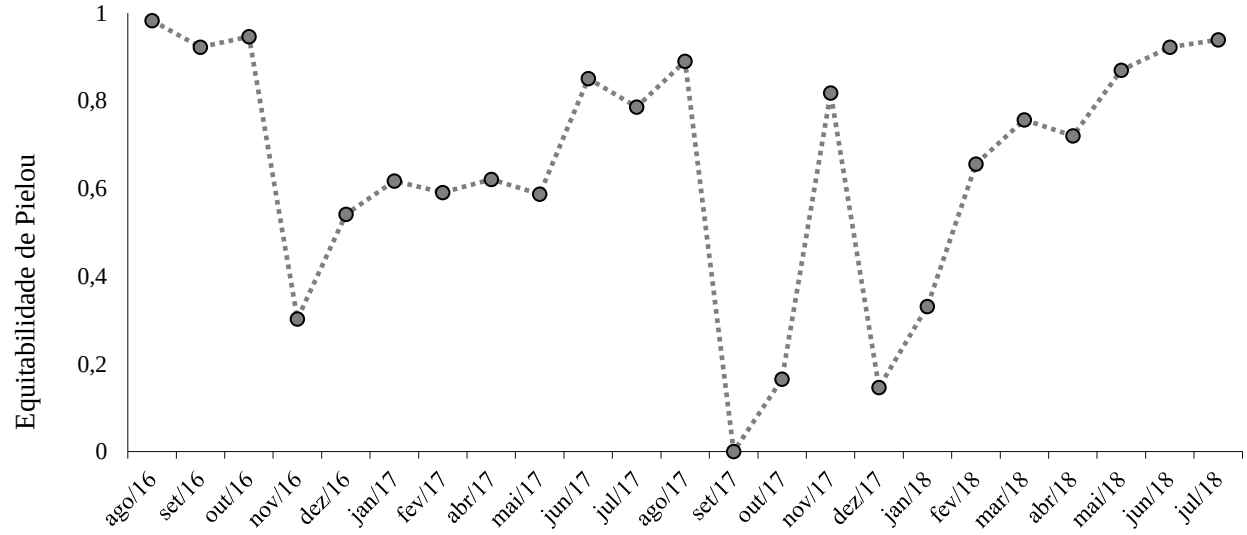


Figura 12. Equitabilidade de Pielou para o período de 08/2016 a 07/2018 do município de Santana do Cariri, CE.

Quando comparados os meses entre os dois anos, percebe-se uma tendência à correspondência entre as maiores diversidades e os meses com chuvas. No entanto, alguns meses do período seco tiveram valores elevados por trazerem uma uniformidade na quantidade de espécimes coletados. Por exemplo, se compararmos os meses de novembro entre os dois anos, há, no primeiro ano, uma menor quantidade de espécies e uma abundância maior de *E. ello ello*, porém, no ano seguinte, houve um aumento no número de espécies e uma distribuição uniforme entre elas.

Isso pode ter ocorrido devido a chuvas atípicas no mês anterior às coletas e no próprio mês em 2017. Em dezembro ocorreu o inverso, pois no primeiro ano e no segundo ano eles tiveram a mesma quantidade de espécies coletadas (10 s), porém no segundo ano, como já foi dito anteriormente, a precipitação ocorreu dois meses antes do previsto para quadra chuvosa, o que pode ter ocasionado o *boom* de *E. ello ello* que foi percebido no valor tão alto para o mês em 2017.

No mês de maio de 2017, a riqueza foi maior que o mesmo mês no ano seguinte, entretanto, *X. tersa* teve 45% de todos os indivíduos coletados para o mês, o que ocasionou essa baixa representada no gráfico para o primeiro ano. Os meses de janeiro e abril de 2018 foram os meses em que *E. ello ello* teve um grande número de espécimes, trazendo uma diminuição dos valores de diversidade. Todavia, abril teve uma maior riqueza e por isso um valor maior.

A dominância de *E. ello ello* e *X. tersa* ficou clara no gráfico de Equitabilidade de Pielou com uma curva para baixo nos meses entre dezembro de 2016 e maio de 2017, mesmo com a maior riqueza dentro desses meses. O mês de novembro de 2017 foi atípico como já citado acima, o que pode ter aumentado a dominância de *E. ello ello* para dezembro, com 94% do total de espécimes coletados, e janeiro com 80%. No ano anterior, esses valores foram de 69% e 55%, respectivamente.

Isso, porém não parece ter afetado *X. tersa* que teve seus maiores valores de abundância para os dois anos referentes aos meses de abril e maio, respectivamente. O período de janeiro a julho de 2018, demonstrou a diminuição da dominância de *E. ello ello* e *X. tersa,* as duas espécies com maior abundância, com exceção de janeiro para *E. ello ello* e abril para as duas espécies que tiveram picos de abundância.

Todos os modelos globais corresponderam aos modelos reduzidos, considerando os critérios de seleção de modelos. Para o modelo 1 com variável resposta “Riqueza de espécies”, no modelo reduzido foram selecionadas as variáveis independentes “Temperatura”, “Pluviosidade” e “Umidade”, sendo esta última a variável com relação significativa com variável resposta ($p < 0,05$) (Tabela 2). No modelo 2 com variável resposta “Abundância total”, não apresentou significância estatística entre as variáveis preditoras frente a variável resposta (Tabela 3). Era esperado que a abundância total tivesse se relacionado com a resposta variável pluviosidade.

Tabela 2. Resultados estatísticos do modelo linear generalizado Weibull global para a variável resposta "Riqueza de espécies" e variáveis independentes (Temperatura, Pluviosidade e Umidade) no município de Santana do Cariri, CE. Coeficiente da regressão; Erro padrão de cada relação; Z-valor: Valor numérico da estatística Wald; p-valor: Valor de probabilidade de significância da associação das variáveis.

Modelo (log-verossimilhança = -57,822)	**Coeficiente**	**Erro Padrão**	**Z-valor**	**p-valor**
Intercepto (β)	2,419	0,205	11,790	<0,001*
Intercepto (η)	1,433	0,163	8,881	<0,001*
Temperatura	0,402	0,319	1,257	0,209
Pluviosidade	0,121	0,308	0,392	0,695
Umidade	0,681	0,323	2,110	0,035*
Temperatura: Pluviosidade	0,445	0,568	0,784	0,433
Temperatura: Umidade	-0,034	0,092	-0,367	0,713
Pluviosidade: Umidade	0,086	0,516	0,167	0,868
Temperatura: Pluviosidade: Umidade	-0,108	0,096	-1,127	0,260

*significância (p-valor < 0,05)

Tabela 3. Resultados estatísticos do modelo linear generalizado Weibull global para a variável resposta "Abundância total" e variáveis independentes (Temperatura, Pluviosidade e Umidade) no município de Santana do Cariri, CE. Coeficiente da regressão; Erro padrão de cada relação; Z-valor: Valor numérico da estatística Wald; p-valor: Valor de probabilidade de significância da associação das variáveis.

Modelo (log-verossimilhança = -129,439)	**Coeficiente**	**Erro Padrão**	**Z-valor**	**p-valor**
Intercepto (β)	4,676	0,854	5,477	<0,001*
Intercepto (η)	0,006	0,163	0,040	0,968
Temperatura	0,696	1,329	0,524	0,600
Pluviosidade	0,364	1,284	0,283	0,777
Umidade	1,078	1,343	0,803	0,422
Temperatura: Pluviosidade	-0,181	2,362	-0,077	0,939
Temperatura: Umidade	-0,118	0,384	-0,307	0,759
Pluviosidade: Umidade	0,272	2,146	-0,127	0,899
Temperatura: Pluviosidade: Umidade	0,081	0,399	0,204	0,839

*significância (p-valor < 0,05)

Com relação à visualização do RDA, foi observada uma tendência positiva com a variação dos dados de pluviometria com as espécies *H. euphorbiarum*, *C. guiarti*, *Eumorpha vitis* (Linnaeus, 1758) e *Manduca paphus* (Cramer, 1779). A tendência positiva com umidade relativa do ar também foi observada com as espécies *H. euphorbiarum*, *C. grisescens*, *E. labruscae* e *E. alope*. Com temperatura, foi visualizada positivamente com *E. ello ello* e, em menor grau, com *Erinnyis crameri* (Schaus, 1898). Negativamente a pluviosidade com as

espécies *Enyo ocypete* (Linnaeus, 1758), *E. crameri*, *E. o. obscura*, *P. ficus*, *C. antaeus*, *Cocytius duponchel* (Poey, 1832), *I. allamandae* e *A. cingulata*. A espécie *E. alope* foi negativamente relacionada com a temperatura (Figura 13). O que já era esperado, pois, algumas espécies são mais afetadas que outras para diferentes variáveis. Cada espécie tem exigências ecológicas diferentes.

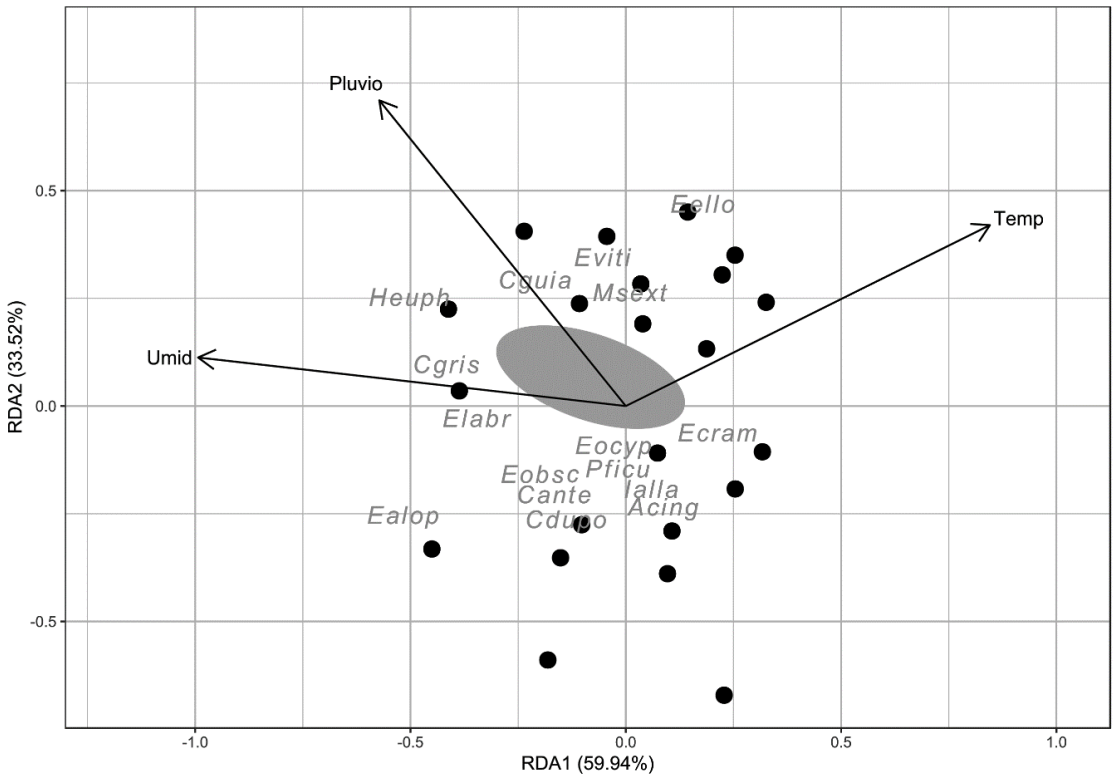


Figura 13. Representação da Análise de Redundância para taxocenose do município de Santana do Cariri, CE, o período de 08/2016 a 07/2018, frente as variáveis independentes de Temperatura (Temp.), Pluviosidade (Pluvio.) e Umidade (Umid.). As retas representam a tendências de variação das variáveis independentes. Espécies: Heuph - *Hyles euphorbiarum*, Cgris - *Callionima grisescens*, Cguia - *C. guiarti*, Eviti - *Eumorpha vitis*, Msext - *Manduca paphus*, Elabr - *Eumorpha labruscae*, Ealop - *Erinnyis alope*, Ecram - *Erinnyis crameri*, Eocyp - *Enyo ocypete*, Eobsc - *Erinnyis obscura obscura*, Pficu - *Pachylia fícus*, Cante - *Cocytius antaeus*, Cdupo - *Cocytius duponchel*, Ialla - *Isognathus allamandae* e Acing - *Agrius cingulata*.

A visualização dos resultados da análise de correspondência se dá por associação (proximidade) dos pontos e nomes dos grupos confrontados na contingência. A composição de espécies por mês ao longo das horas de coleta demonstrou uma variação de 54,3% (Eixo 1 = 32,4%; Eixo = 21,9%). Ainda na mesma AC, vemos uma associação entre as riquezas de agosto/2016, agosto/17 e julho/2017 com Hora 1 e Hora 2, setembro/16, outubro/16, novembro/17, janeiro/18, junho/18 e julho/18 com Hora 10 e Hora 12, e janeiro/17 e

fevereiro/18 com Hora 2. Os demais grupos estão concentrados no centro de dispersão do gráfico, representado pela elipse cinza (Figura 14).

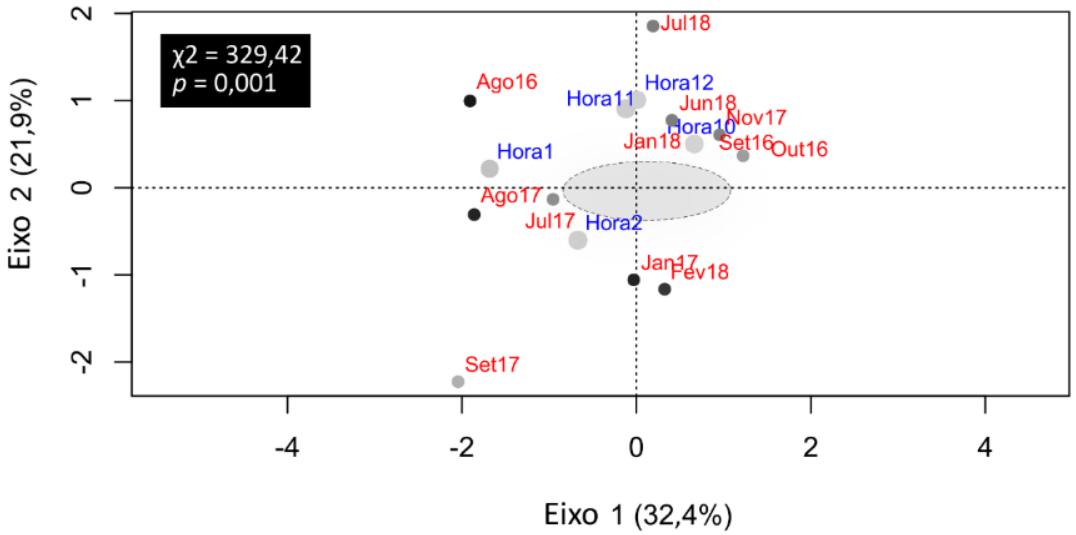


Figura 14. Análise de correspondência das associações de riqueza de espécies por mês pelo horário de amostragem (Hora 1: 17:30h – 18:29h; Hora 2: 18:30h – 19:29h; Hora 3: 19:30h - 20:29h; Hora 4: 20:30h – 21:29h; Hora 5: 21:30 – 22:29h; Hora 6: 22:30h – 23:29h; Hora 7: 23:30h – 00:29h; Hora 8: 00:30h – 01:29h; Hora 9: 01:30h – 02:29h; Hora 10: 02:30h – 03:29h; Hora 11: 03:30h – 04:29h; Hora 12: 04:30h – 05:29h) no município de Santana do Cariri, CE. "Box" com resultado do Qui-quadrado de Pearson com valor de probabilidade (significância) simulado por permutações do tipo Monte Carlo.

Com relação à abundância total, a variação cumulativa foi de 59,2% (Eixo 1 = 37,2%; Eixo 2 = 22,4%), Agosto/16, Agosto/17, Julho/18, Junho/18, Novembro/17, Maio/17, Abril/17, Abril/18, Junho/17, Outubro/17 com Hora 1, Hora 12 e Hora 11, e Janeiro/17 e Fevereiro/18 com Hora 2. Os demais grupos estão concentrados próximo ao centro de dispersão do gráfico, representado pela elipse cinza (Figura 15).

Na sobreposição de nicho das espécies utilizando o índice de Pianka, foi observado um valor da média de sobreposição (0.40) menor que a simulada, isso significa que existe uma estrutura temporal, ou seja, os padrões de sobreposição entre os pares são menores que os esperados pelo acaso. A amplitude variou dentro de 1 a 11,6, ou seja, quanto mais próximo de 1, mais especialista a espécie, voando em apenas uma categoria de horário. As espécies com maior amplitude de nichos, ou seja, mais generalistas quanto aos horários, foram: *E. ello ello* (11,6), *X. tersa* (10,9) e *C. grisescens* (9,7).

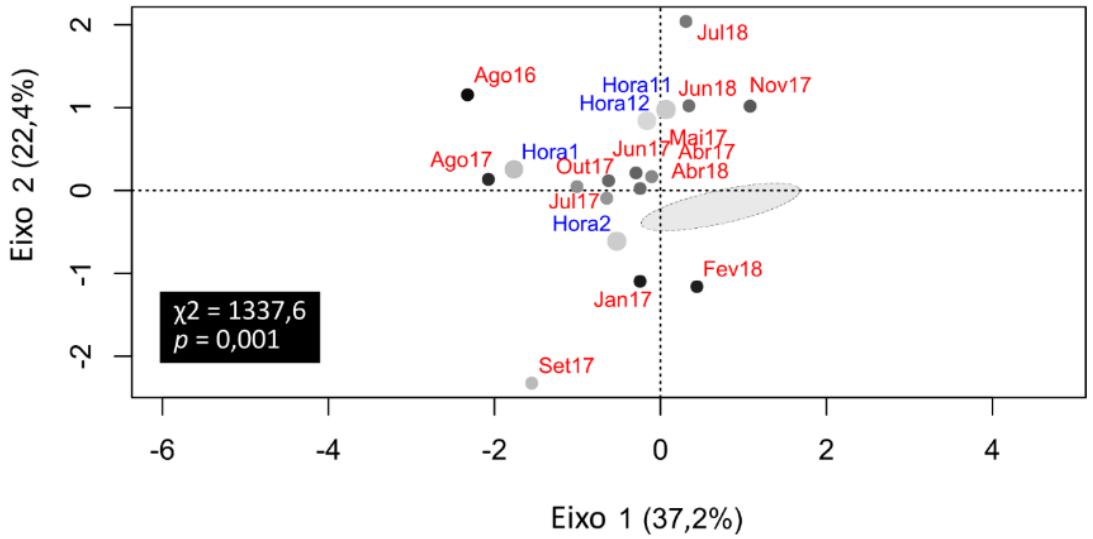


Figura 15. Análise de correspondência das associações de abundância total por mês pelo horário de amostragem (Hora 1: 17:30h – 18:29h; Hora 2: 18:30h – 19:29h; Hora 3: 19:30h - 20:29h; Hora 4: 20:30h – 21:29h; Hora 5: 21:30 – 22:29h; Hora 6: 22:30h – 23:29h; Hora 7: 23:30h – 00:29h; Hora 8: 00:30h – 01:29h; Hora 9: 01:30h – 02:29h; Hora 10: 02:30h – 03:29h; Hora 11: 03:30h – 04:29h; Hora 12: 04:30h – 05:29h) no município de Santana do Cariri, CE. "Box" com resultado do Qui-quadrado de Pearson com valor de probabilidade (significância) simulado por permutações do tipo Monte Carlo.

Com relação às espécies especialistas, considerando as espécies que ocorreram mais de uma vez, foram: *N. dynaeus* (2), *I. menechus* (1,9) e *E. fasciatus* (1,5). As maiores sobreposições de nicho temporal, onde 1 igual a sobreposição em todos os horários, foi entre *E. ello ello* e três espécies (*X. tersa*, *E. alope* e *I. allamandae*), *E. impunctata* entre duas espécies (*A. cingulata* e *E. obscura*), *X. tersa* e *E. alope*, *H. euphorbiarum* e *C. guiarti*, *C. grisescens* com *P. pallida*, *E. vitis* com *E. labruscae* e *M. rustica* com *I. menechus.* Todas as espécies com valores de 0,9, o que significa uma sobreposição em pelo menos 9 horários.

Como pode ser observado na Figura 16, todas as subfamílias tiveram baixa abundância no primeiro horário, apesar disso, 16 espécies foram amostradas nesse horário. Em função da abundância, Smerinthinae e Sphinginae não tiveram grandes mudanças nos horários, diferentemente de Macroglossinae, que teve seu maior pico na hora 3, puxado por duas espécies que tiveram abundâncias acima de 80 (*E. ello ello* e *H. euphorbiarum*).

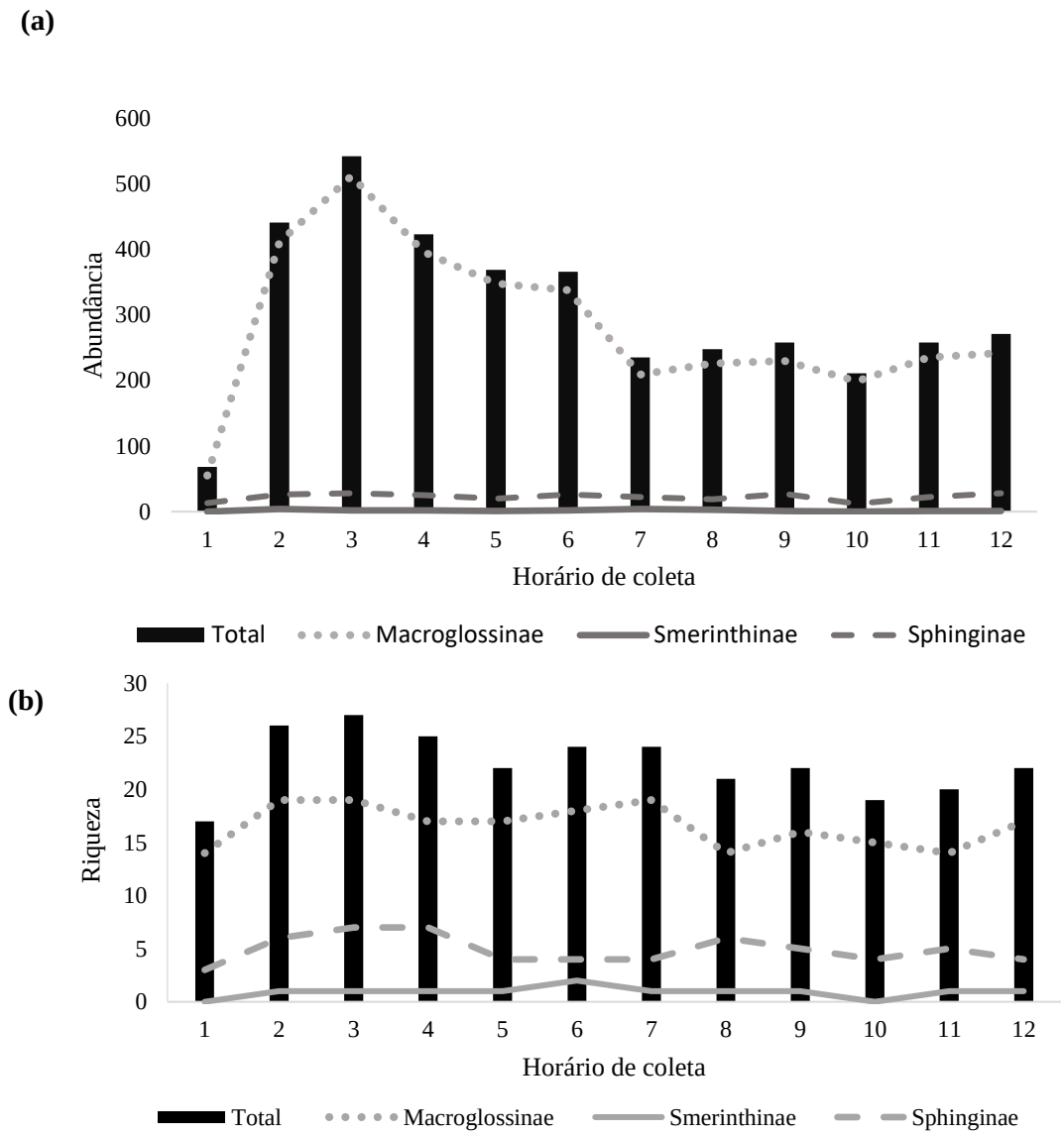


Figura 16. Flutuação da (a) abundância e (b) riqueza dentre os horários de coleta (Hora 1: 17:30h – 18:29h; Hora 2: 18:30h – 19:29h; Hora 3: 19:30h - 20:29h; Hora 4: 20:30h – 21:29h; Hora 5: 21:30 – 22:29h; Hora 6: 22:30h – 23:29h; Hora 7: 23:30h – 00:29h; Hora 8: 00:30h – 01:29h; Hora 9: 01:30h – 02:29h; Hora 10: 02:30h – 03:29h; Hora 11: 03:30h – 04:29h; Hora 12: 04:30h – 05:29h) no município de Santana do Cariri, CE.

Em relação à riqueza, as subfamílias demonstraram semelhanças entre as três na Hora 1 e Hora 10 com baixas riquezas para os horários, entretanto a menor riqueza ocorreu entre Smerinthinae e Sphinginae. Houve uma alta semelhança entre Macroglossinae e Sphinginae com picos na Hora 3. Sendo também registrados quedas para Macroglossinae nas horas 8 e 11, com altas de riqueza em 2, 3 e 7, já Smerinthinae teve uma queda na Hora 10 e uma alta na hora

6. Sphinginae foi a que teve menor registro em muitos horários (5,6,7 e 12) além dois anteriormente citados e alta em três deles (3, 4 e 8).

Um total de nove espécies (*A. cingulata*, *C. grisescens*, *E. alope*, *E. ello ello*, *E. impunctata*, *E. labruscae*, *E. vitis*, *H. euphorbiarum* e *X. tersa*) foram amostradas em todos os horários. Porém, a quantidade de espécimes coletados de *E. ello ello* foi, de longe, a maior dentre todos os demais, por mais que tenha ocorrido a amostragem mais baixa na Hora 1, com apenas 18 espécimes observados, em nenhum horário foram coletados menos de 100 espécimes, sendo que na Hora 3 registrou-se o seu maior pico, com 261 espécimes amostrados.

A respeito das outras espécies que também ocorreram em todos os horários, houve algumas constatações, por exemplo, a abundância de *A. cingulata* teve sua menor coleta na Hora 10 (7) e sua maior coleta foi realizada na Hora 12 (21). No caso *E. alope* não teve uma boa amostragem na Hora 1 (3), porém teve sua coleta máxima na Hora 12 (21) como a espécie anteriormente citada. Em outros casos a abundância mínima foi registrada em mais de um horário, como *E. impunctata* e *E. vitis* que tiveram os menores picos nas Horas 3,4 e 5 (1) e Hora 1 e 7 (3), e os maiores na Hora 7 (4) e na Hora 8 (11) começando a cair novamente, respectivamente.

No caso de *H. euphorbiarum* e *E. labruscae* ambas tiveram sua maior abundância na Hora 3 (83 e 10) como *E. ello ello* e depois disso tiveram queda nos espécimes, voltando a crescer na Hora 10 (9) e Hora 12 (14). Sendo que *C. grisescens* e *X. tersa* foram mais coletadas em horários diferentes na Hora 2 (47) e na Hora 4 (71), ocorrendo uma queda até voltarem a subir na Hora 6 (31) e Hora 10 (30), caindo em seguida e tendo uma pequena subida na Hora 11 (10) e Hora 12 (59). Das espécies com apenas um espécime coletado, uma teve ocorrência na Hora 2 (*X. pluto*), outra na Hora 4 (*P. lusca*), duas na Hora 6 (*A. gannascus* e *P. resumens*), uma na Hora 9 (*M. d. tropicalis*) e duas ocorreram na Hora 12 (*M. oiclus* e *P. ilus*).

Um total de 26 espécies, incluindo *E. ello ello*, também tiveram baixos números na primeira hora de amostragem, mas 19 deles tiveram também os menores valores em outros horários, principalmente a partir da Hora 5. Um número de 11 espécies não apresentou a menor abundância no primeiro horário, e a maior abundância em 6 delas ficou no último horário, sendo *C. duponchel* o único entre esses que teve a maior abundância também na Hora 2. *E. oenotrus* também teve a maior abundância compartilhada em dois horários (Hora 2 e Hora 7).

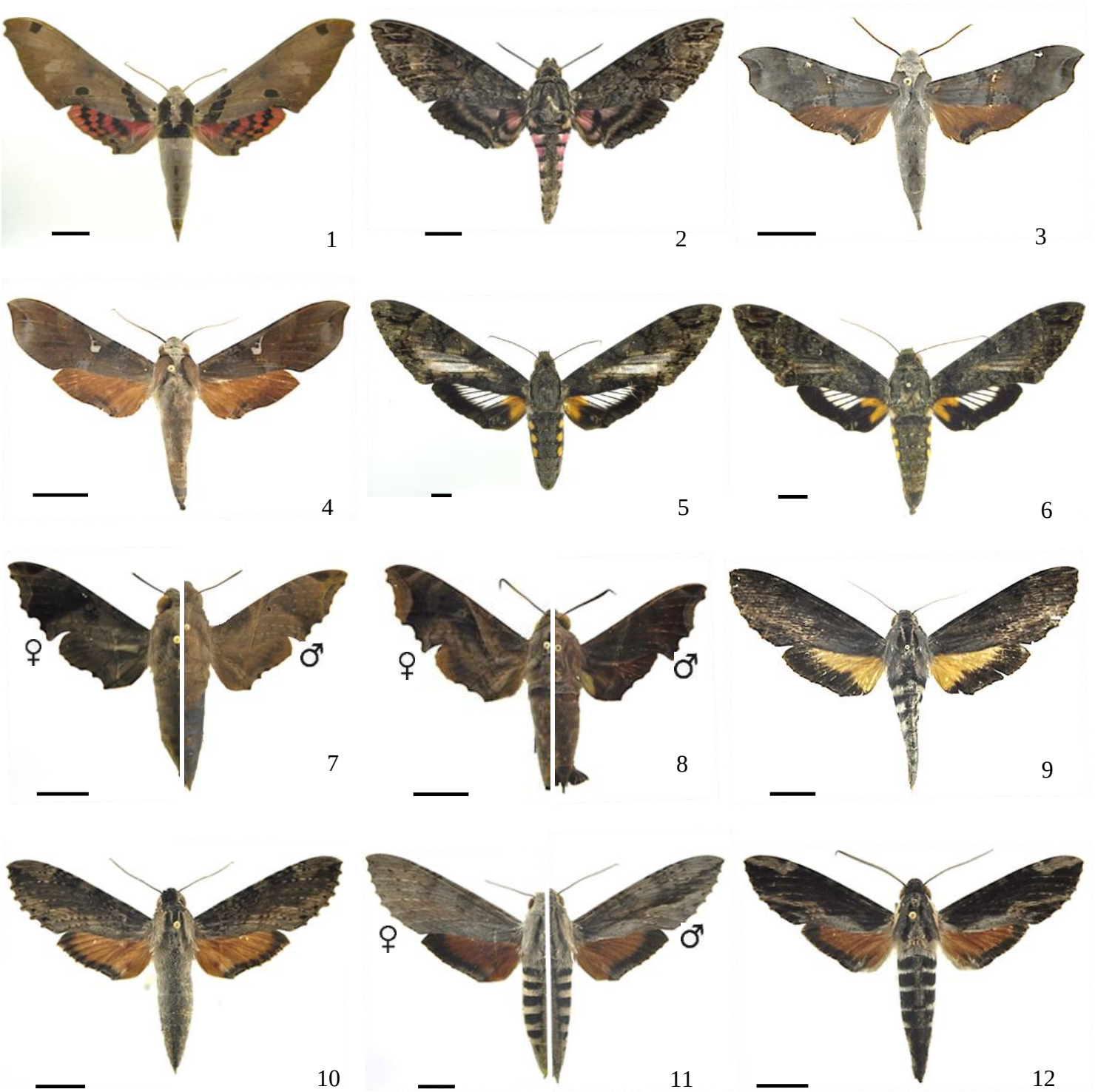
Os horários que foram registrados para os períodos de nascer do sol e pôr do sol do município de Santana do Cariri, podem ter relação direta com essa baixa de espécimes na Hora 1, como pode ser observado na tabela 4. O pôr do sol iniciou, no máximo às 17:26, em maio (2017) e maio (2018) meses em que ele se pôs mais cedo, e, nos meses de janeiro e fevereiro

(2018), apenas às 18h que foi o horário mais tarde. Isso significa que o pôr do sol não permitiria uma visualização da lâmpada, de modo que devemos levar esse fato em consideração, bem como o tempo de deslocamento até a lâmpada quando analisamos o intervalo temporal (Hora 1).

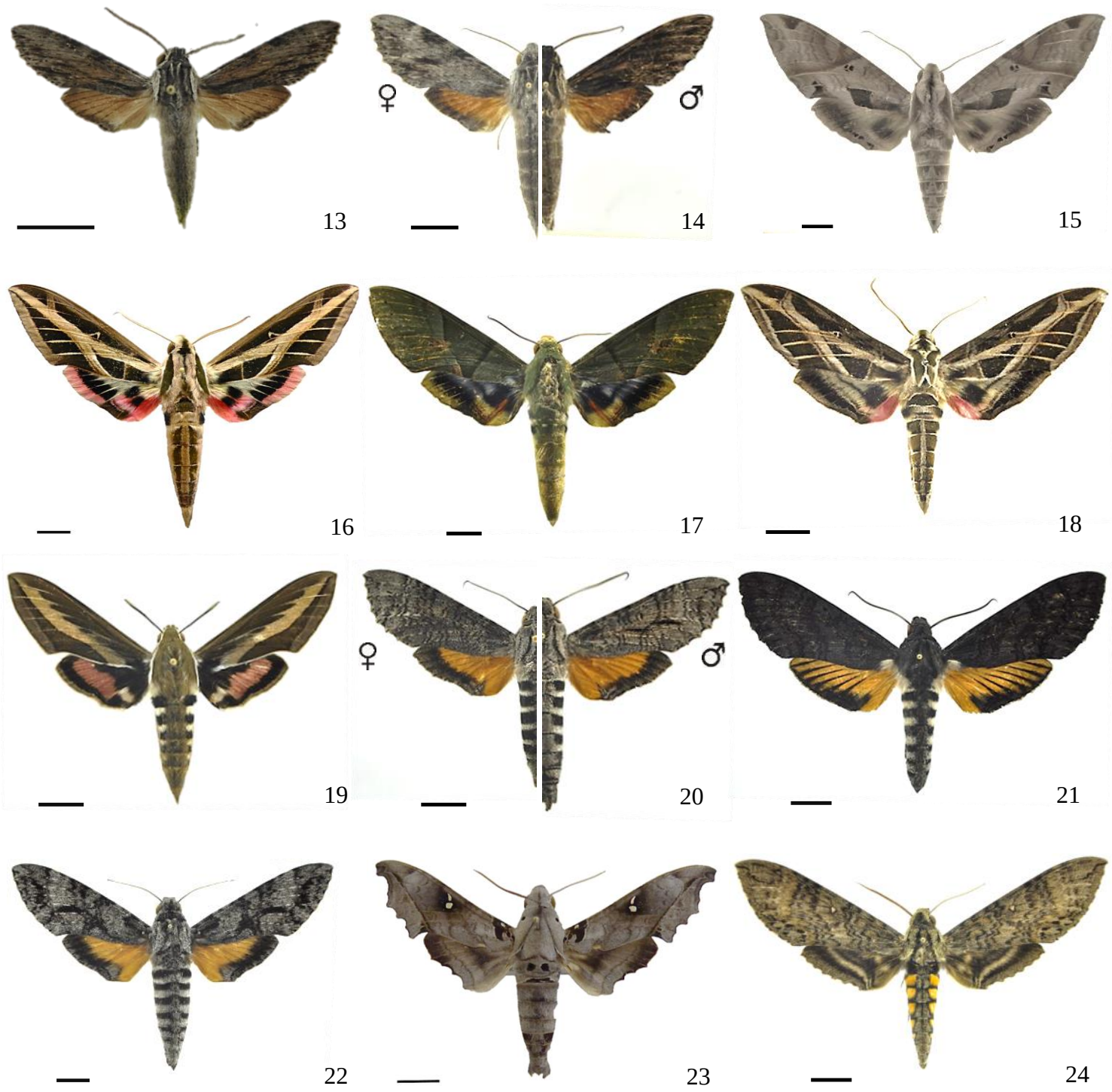
Tabela 4. Horários de nascer e pôr do sol referentes as médias dos três dias de coletas no Município de Santana do Cariri, CE.

Coleta	**Nascer do Sol**	**Pôr do Sol**
ago/16	05:13	17:42
set/16	05:38	17:35
out/16	05:22	17:31
nov/16	05:10#	17:31
dez/16	05:11	17:40
jan/17	05:39	18:02*
fev/17	05:43	17:56
abr/17	05:40	17:29
mai/17	05:43	17:26#
jun/17	05:50	17:31
jul/17	05:51	17:36
ago/17	05:43	17:36
set/17	05:29	17:32
out/17	05:15	17:30
nov/17	05:11	17:38
dez/17	05:18	17:49
jan/18	05:34	18:01
fev/18	05:43	18:00
mar/18	05:42	17:48
abr/18	05:40	17:35
mai/18	05:41	17:26#
jun/18	05:47	17:27
jul/18	05:52*	17:36

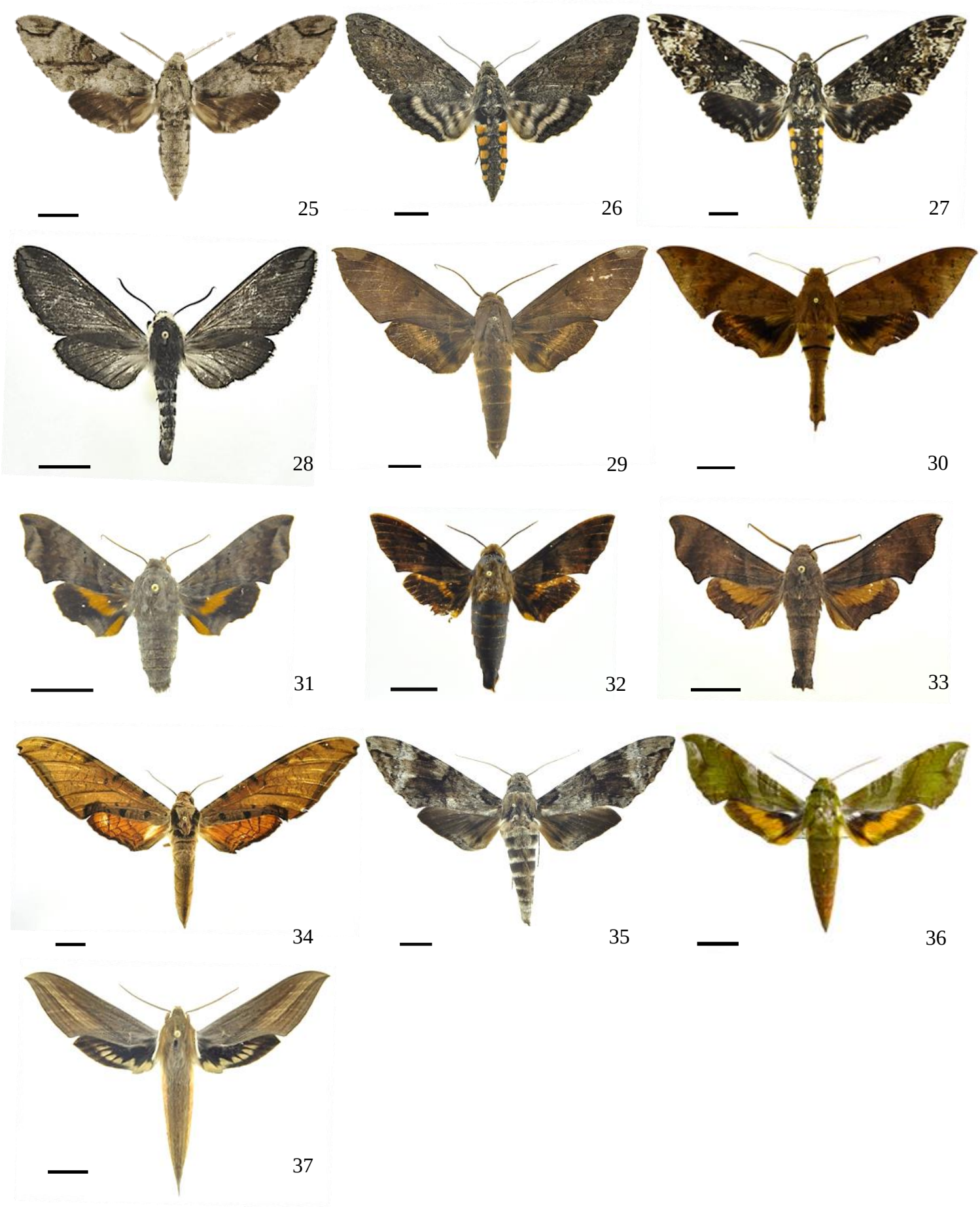
O mesmo não ocorre com o nascer do sol porque o estímulo para a atração da lâmpada está sendo feito no escuro; em poucos meses o nascer do sol ocorreu antes das 5:30, de modo que toda a coleta foi feita ainda no escuro e com a lâmpada em plena visualização pelas mariposas. Outro fenômeno climático que ocorreu bastante nos meses secos foram os ventos fortes, que dificultaram o voo mesmo de mariposas tão robustas quanto os esfingídeos (obs. pessoal). Além disso, foi observada que das 770 horas de amostragem, só em 376 delas foram coletados esfingídeos.



Prancha 1 - Espécies de Sphingidae (Lepidoptera) amostradas no município de Santana do Cariri, CE, no período de 08/2016 a 07/2018. 1. *Adhemarius gannascus* 2. *Agrius cingulata* 3. *Callionima grisescens* 4. *Callionima guiarti* 5. *Cocytius antaeus* 6. *Cocytius duponchel* 7. *Enyo lugubris* 8. *Enyo ocypete* 9. *Erinnyis alope* 10. *Erinnyis crameri* 11. *Erinnyis ello ello* (fêmea e macho) 12. *Erinnyis impunctata*. Escalas 1 cm.



Prancha 2 - Espécies de Sphingidae (Lepidoptera) amostradas no município de Santana do Cariri, CE, no período de 08/2016 a 07/2018. 13. *Erinnyis obscura obscura* 14. *Erinnyis oenotrus* 15. *Eumorpha analis* 16. *Eumorpha fasciatus* 17. *Eumorpha labruscae* 18. *Eumorpha vitis* 19. *Hyles euphorbiarum* 20. *Isognathus allamandae* 21. *Isognathus caricae* 22. *Isognathus menechus* 23. *Madoryx oiclus* 24. *Manduca diffissa tropicalis.* Escalas 1 cm.



Prancha 3 - Espécies de Sphingidae (Lepidoptera) amostradas no município de Santana do Cariri, CE, no período de 08/2016 a 07/2018. 25. *Manduca florestan* 26. *Manduca paphus* 27. *Manduca rustica* 28. *Neogene dynaeus* 29. *Pachylia ficus* 30. *Pachylioides resumens* 31. *Perigonia ilus* 32. *Perigonia lusca* 33. *Perigonia pallida* 34. *Protambulyx strigilis* 35. *Pseudosphinx tetrio* 36. *Xylophanes pluto*. 37. *Xylophanes tersa.* Escalas 1 cm.

1.6 Discussão

As 210 espécies de esfingídeos registradas para o Brasil estão inseridas em 32 gêneros, e são amplamente distribuídas na região Neotropical. No entanto, 19 dessas espécies são consideradas endêmicas do Brasil. Essa extensa distribuição também foi percebida em Santana do Cariri, onde apenas uma espécie apresentou ocorrência restrita ao Brasil, e também foi observada em outras pesquisas desenvolvidas no país (Darrault & Schlindwein, 2002; Amorim, 2008; Oliveira, 2014; Câmara *et al*., 2017). Martin *et al*. (2011) ressaltaram que grande parte das espécies de esfingídeos neotropicais tem ampla distribuição e possivelmente há um deslocamento entre habitats adjacentes e biomas.

A subfamília Macroglossinae foi a mais rica, abundante e constante nas amostras. Essa distribuição de riqueza das espécies é observada em outras localidades neotropicais e também foi constatada em vários inventários de fauna desenvolvidos no Brasil, sendo as riquezas de Smerinthinae e Sphinginae mais baixas e não se aproximando dos números observados para Macroglossinae nas coletas (Laroca & Mielke, 1975; Ferreira *et al*., 1986; Laroca *et al*., 1989; Motta *et al*., 1991, 1998; Marinoni *et al*., 1999; Motta & Andrazze, 2001; Darrault & Schlindwein, 2002; Motta & Xavier-Filho, 2005; Amorim, 2008; Duarte *et al*., 2008, Ávila Jr., 2009; Oliveira *et al.* 2014; Primo *et al*., 2013; Vieira *et al*., 2015; Câmara *et al*., 2018).

Dos 20 levantamentos sobre Sphingidae realizados na região Nordeste, os maiores números encontrados foram 19 gêneros e 48 espécies de esfingídeos em uma área de Mata Atlântica do estado de Pernambuco, enquanto que os menores números foram observados em área de domínio da Caatinga, com 12 gêneros e 14 espécies (Gusmão & Creão-Duarte, 2004a; Duarte Jr. & Schlindwein, 2008). Ressalta-se que os métodos aplicados a esses estudos diferiram da presente pesquisa em alguns aspectos, principalmente em relação ao tempo e horário de coleta.

Em Santana do Cariri foram observados números expressivos de espécies (37) e gêneros (18) se comparados com os maiores e menores números observados para a região Nordeste. Esse fato, provavelmente pode ser atribuído à presença de fitofisionomias como Cerradão e Mata Úmida, em conjunto com uma composição de habitat heterogêneo. Este influencia na presença de animais sensíveis à baixa umidade relativa do ar dentro dos domínios da Caatinga (Brown, 2000a), visto que, dentro das variáveis climáticas analisadas, apenas a umidade relativa do ar teve tendência a se correlacionar com a riqueza e não houve correlação com a abundância.

Para o Ceará, foi desenvolvido um levantamento de esfingídeos por Câmara *et al*. (2017) no Parque Nacional de Ubajara (PNU), Ceará, onde há regime de chuva e umidade

relativa do ar maior do que Santana do Cariri, entretanto esse só incluiu cinco meses de amostras, não deixando disponível dados para comparação de sazonalidade. Dessa pesquisa, é importante salientar que os autores não observaram durante esse tempo uma preferência da maioria das espécies por condições ambientais e plantas hospedeiras para PNU.

Para PNU foram registradas 27 espécies, sendo que oito delas (*A. fadus*, *A. chloroptera*, *C. parce*, *E. satellita*, *M. lefeburii*, *O. comus*, *X. chiron nechus* e *X. pistacina*) não foram amostradas em Santana do Cariri. Provavelmente, essas espécies necessitam de características ambientais distintas, como maior umidade relativa do ar. Do mesmo modo, as nove espécies amostradas pela primeira vez para Santana do Cariri demonstram uma provável adaptação a uma maior variação de condições climáticas, o que abre para possibilidade de novas descobertas da composição de fauna dos esfingídeos no Nordeste do Brasil.

O único gênero de esfingídeo que já tinha registro para o Ceará, mas não foi amostrado em Santana do Cariri, foi *Orecta*. Segundo Oliveira *et al*. (2014), as espécies desse gênero são mais encontradas em matas fechadas e úmidas, como as de Ubajara, localidade onde foi amostrada a única espécie, *Orecta comus* Haxaire & Mielke, 2013, com registro para o Ceará. E são raramente coletadas em outras áreas da floresta tropical (Vieira *et al*., 2015). *Orecta comus* também é reconhecida por ocorrer em ambientes mais verdes do cerrado, e apesar da espécie *Orecta lycidas lycidas* (Boisduval, [1875]) também possuir "preferência" por esse tipo de vegetação não foi registrada no Ceará.

Em relação à fauna de esfingídeos da área de amostragem, percebeu-se uma sazonalidade bem marcada entre os meses referentes ao período chuvoso (dezembro a maio) e seco (junho a novembro). Entretanto, o início das elevações na abundância e riqueza dos esfingídeos ocorrem ainda no período seco, no mês de outubro, e crescem conforme a proximidade com os meses de maiores precipitações. Isso leva a um cenário complexo, no qual outros fatores abióticos que não foram mensurados nessa pesquisa, ou mesmo bióticos, também sejam direcionadores de períodos reprodutivos e diapausa, como o primeiro pico de floração entre outubro e novembro, o qual aumenta a disponibilidade de alimento para os adultos de esfingídeos.

Uma relação entre a sazonalidade da abundância de esfingídeos e fenologia de floração foi observada por Cruz-Neto *et al.* (2011) em um remanescente de Mata Atlântica entre Pernambuco e Alagoas, onde as plantas da espécie *Inga* foram mais utilizadas para obtenção de recurso floral durante o período seco. Esse gênero também ocorre na Chapada do Araripe e foi utilizado por 7 espécies, porém foram encontrados tipos polínicos de *Inga* em meses dentro dos

períodos chuvoso e seco, indicando que talvez somente esse recurso floral não esteja correlacionado com a fenologia dos esfingídeos para a região e, sim, com a flora como um todo (Capítulo 3).

No entanto, somente investigações direcionadas aos picos de floração de cada espécie local utilizada podem apontar uma real correlação entre os esfingídeos e a composição florística. Outro fator que pode influenciar essa sazonalidade é a acentuada perda de folhas durante o período de estiagem, restabelecida a partir das primeiras chuvas, entre novembro e dezembro, aumentando a disponibilidade de alimento para as larvas.

Haber & Frankie (1989) e Gómez-Nucamendi *et al*. (1999) também relataram que nas florestas secas da Costa Rica e do México, nessa ordem, pertencentes a ecossistemas tropicais, existe uma sazonalidade de adultos bem marcada com declínio no período seco. Para os autores, o ciclo está relacionado a disponibilidade foliar das plantas hospedeiras das larvas, onde os esfingídeos permanecem em estágio pupal até a próxima estação chuvosa, momento em que ocorre a mudança na fitofisionomia.

Fatores históricos também podem ter influenciado essa fenologia para a região estudada (Dennis *et al*., 2003). De acordo com Silva *et al*. (2011), no Brasil a sazonalidade parece ser característica comportamental da família Sphingidae, sendo reconhecida em várias localidades e tipos de vegetações diferentes, tais como: o Cerrado (Darrault & Schlindwein, 2002; Amorim *et al*., 2009), a Caatinga (Gusmão & Crea-Duarte, 2004a; Duarte Jr. & Schlindwein, 2005a), as Matas Semidecíduas (Primo *et al*., 2013), a Mata Atlântica (Laroca & Mielke, 1975; Laroca, 1989, Marinoni *et al*., 1999; Duarte Jr. & Schlindwein, 2005b; Ávila Jr., 2009; Vieira *et al*., 2015) e a Amazônia (Motta *et al*., 1998).

Pittaway (1993) afirma que uma espécie pode ser submetida a ciclos sazonais de abundância e escassez ou sua ocorrência ao longo do ano pode ser constante para uma área. Segundo este autor, a abundância de espécies também pode diminuir ou aumentar em resposta às condições ambientais e ao grau de migração em duas áreas da Paraíba, uma de Caatinga e outra de Brejo, foram observadas as flutuações das populações de Sphingidae. Na primeira, houve correlação positiva significativa com a pluviosidade e na segunda não apresentou correlação com nenhum fator meteorológico.

A hipótese adotada foi a mesma citada para outras regiões Neotropicais, onde nos períodos críticos de seca, as espécies estariam no estágio de pupa enterradas no solo, à espera de teores de umidade no solo favoráveis ao surgimento do adulto e o sincronismo com oferta de alimentos para as larvas (Gusmão & Creão-Duarte, 2004a, b). Esse sincronismo entre a

vegetação, período chuvoso e o fornecimento para as larvas também foi observado na Caatinga do Rio Grande do Norte (Duarte Jr. & Schlindwein, 2005a).

Em uma área de Cerrado/Cerradão de Minas Gerais, vegetação semelhante à encontrada em Santana do Cariri, a distribuição das espécies também foi sazonal, com maior riqueza e abundância dos esfingídeos durante o período chuvoso. O autor observou que o pico das flores coincidiu com abundância e riqueza dos esfingídeos, o que também ocorre em Santana do Cariri. Porém, essa área de Cerrado/Cerradão mostrou a correlação positiva com temperatura e precipitação anual e plurianual (Amorim, 2008), o que não foi observado no município de Santana do Cariri.

Segundo Marioni *et al*. (1999), as temperaturas máximas e período chuvoso estão como as mais correlacionadas com as elevações populacionais de Sphingidae. Em ambientes mais úmidos que a Caatinga também foram percebidos relação entre abundância e a estação chuvosa (Laroca & Mielke, 1975), bem como com a riqueza e a temperatura em lugares como Paraná, São Paulo e Minas Gerais, que diminuem drasticamente no inverno (Ferreira, 1986; Marinoni & Dutra, 1991; Marinoni *et al*. 1999; Vieira *et al*., 2015).

Na Amazônia de acordo com análises de modelos a vegetação, a umidade relativa do ar e temperatura mínima foram as variáveis mais importantes que afetaram a estrutura da assembleia de esfingídeos (Camargo *et al*., 2016). Em um fragmento da Mata Atlântica, onde não foram observadas flutuações climáticas significativas, a sazonalidade na distribuição foi atribuída à comunidade vegetal (época da floração ao longo do ano) os maiores valores de abundância e riqueza do esfingídeos (Ávila Jr., 2009).

Entretanto, em uma vegetação de Mata Atlântica onde a pluviosidade é bem distribuída durante todo o ano em Pernambuco, nenhum padrão de sazonalidade foi demonstrado, e a riqueza e a abundância dos esfingídeos não se correlacionaram com a precipitação mensal e com a temperatura (Duarte & Schlindwein, 2005b). No Tabuleiro paraibano, região mais seca, nenhuma das variáveis ambientais medidas, inclusive a pluviosidade, apresentou correlação significativa com a abundância e a riqueza dos esfingídeos, somente com a pluviosidade plurianual (Darrault & Schlindwein, 2002).

Além da pluviosidade, outras variáveis podem estar envolvidas na sazonalidade e estruturação da diversidade dos esfingídeos como espaço geográfico (espaço com alterações realizadas pelo ser humano), emigrações e imigrações, patógenos, parasitas, competição inter e intraespecífica, tamanho do fragmento florestal, amplitude de dieta (Osman, 1978; Haber &

Frankie, 1989; Berryman, 1996; Creão-Duarte, 2004b; Amorim, 2008, 2009; Primo & Machado, 2013).

A grande plasticidade aos ambientes sazonais pode ser ocasionada pela diapausa realizada no solo, onde há menor variações climáticas em relação ao ambiente externo (Oliveira, 2004). Em locais onde não há grandes variações climáticas, a fase de estágio pupal pode durar menos de duas semanas, fazendo que essas espécies estejam presentes sem muitas variações durante todo o ano. Entretanto, durante os períodos climáticos críticos, os esfingídeos mantêm populações reduzidas ou permanecem como pupa, existindo espécies mais sazonais que podem manter a diapausa por até três anos (Brown Jr. & Freitas, 2000b; Kitching & Cadiou, 2000).

Dentro dos fatores climáticos analisados, apenas a umidade relativa do ar apresentou alguma correlação com o conjunto de espécies e, apesar disso, 16 delas também mostraram algum tipo de variação com a temperatura e/ou pluviosidade. Nenhuma exibiu um comportamento multivoltino, ou seja, com adultos em proporções similares nas duas estações climáticas. Para o Cerrado, já foi constatado que muitas espécies ocorrem como adulto e larva durante a estação chuvosa. Porém, houve uma exceção observada no Parque Estadual Pireneus em Goiás, onde três espécies (*I. caricae*, *P. strigilis* e *X. tersa*) foram consideradas multivoltinas (Oliveira, 2014).

Isognathus caricae, *P. strigilis* e *X. tersa* também ocorreram nas amostras do presente estudo, mas não apresentaram esse comportamento. Talvez, por estar localizada em uma menor altitude, haja uma maior influência climática na vegetação, com perda significativas de folhas na estação seca. Possivelmente, todas as espécies de esfingídeos de Santana do Cariri apresentam diapausa no estágio de pupa ou se dispersem para lugares com menor índice de variações durante o período climático crítico. Na própria Chapada do Araripe ocorrem alguns pontos mais distantes do local de amostragem onde existe presença de fontes e de uma vegetação mais úmida, que podem ser utilizados como refúgio para os esfingídeos.

Das espécies coletadas, seis (*E. ello ello*, *E. alope*, *C. grisescens*, *H. euphorbiarum*, *X. tersa* e *A. cingulata*) foram as mais abundantes, representando 91% dos espécimes amostrados. No Rio Grande do Norte dentro do âmbito Caatinga, Duarte Jr. e Schlindwein (2005a) da mesma forma encontraram uma maior abundância (91,7%) concentrada em seis espécies, sendo que apenas uma delas *(N. dynaeus*) não correspondeu com as mais abundantes para Santana do Cariri. Esse cenário também foi constatado por Darrault e Schlindwein (2002) em uma área de

savana arbórea aberta na Paraíba com três espécies (*E. ello ello*, *I. menechus* e *X. Tersa*) representando 58% da amostra.

No Parque Estadual dos Pireneus, em Goiás, que possui uma fitofisionomia igualmente heterogênea, cinco espécies representaram 53% dos indivíduos coletados. Sendo duas delas, *E. ello ello* e *E. alope*, observadas também para o presente estudo como mais abundantes (Oliveira, 2014). No Paraná, 49,2% de todos os espécimes coletados pertenciam a *E. ello ello* (Laroca & Mielke, 1975), entretanto, se comparado com o valor para Santana do Cariri, essa somente representou 14%.

As espécies e/ou gêneros que estiveram com o maior número de espécimes coletados em Santana do Cariri, também foram citados como mais abundantes em estudos para outras regiões: para a Amazônia *Erinnyis* e *Xylophanes* (Motta *et al.* 1998; Motta & Andrazze, 2001; Camargo et al., 2016); Centro-oeste ocorrendo nas duas estações climáticas, em geral, foram as mais abundantes, destacam-se: *E. ello ello* (Oliveira, 2014); Sudeste *E. ello ello* e *X. tersa* (Ferreira, 1986), *Erinnyis* (Coelho *et. al*., 1979), *Callionima* e *Xylophanes* (Vieira *et al*., 2015); Nordeste: *C. grisescens* (Gusmão & Creão-Duarte, 2004), *E. ello ello* (Duarte & Schlindwein, 2008), *X. tersa* (Duarte & Schlindwein, 2005b) *Xylophanes* (Darrault & Schlindwein, 2002); Sul *Erinnyis* e *Xylophanes* (Laroca & Mielke, 1975).

Algumas pesquisas no Brasil e na Costa Rica indicaram como espécies dominantes *A. gannascus*, *A. cingulata*, *E. ello ello*, *E. oenotrus*, *X. tersa* (Coelho *et al*. 1979; Ferreira *et al*. 1986; Marinoni *et al*., 1999; Seifert, 1974). O que demonstra que essas espécies têm uma ampla distribuição, abundância e plasticidade em relação à vegetação e a padrões climáticos.

Uma pesquisa desenvolvida no Cerrado do sudeste chamou a atenção por espécies como *C. grisescens*, *C. guiarti*, *E. vitis*, *H. euphorbiarum*, *I. allamandae* e *P. pallida* terem pouca ocorrência. Entretanto, essas espécies foram abundantes em Santana do Cariri possivelmente por estarem dentro de uma mancha de Cerrado no domínio das Caatingas, onde há um maior registro de amostragem dessas espécies (Amorim, 2008). Apesar de *N. dynaeus* também ser considerada uma espécie muito abundante na Caatinga e ter registros no Cerrado (Duarte & Schlindwein, 2008), ela também demonstrou poucos espécimes para Santana do Cariri.

Segundo Câmara *et al*. (2017), *C. grisescens* e *N. dynaeus* estão presentes somente em ambientes de clima árido e semiárido. Talvez esse menor número de espécimes para *N. dynaeus*, em Santana do Cariri, seja por uma baixa atratividade à armadilha luminosa ou ainda por especificidades nas plantas utilizadas para oviposição ou alimentação das larvas e adultos, já que apenas três (*Inga vera*, *Guettarda viburnoides* e *Hancornia speciosa*) tipos polínicos foram

coletados nessa espécie até o momento e não há nenhuma informação sobre sua planta hospedeira. Essa espécie também ocorre na Amazônia e Mata Atlântica (Camargo *et al.*, 2018; Amorim, 2008).

Em relação à riqueza, também houve uma divergência entre os gêneros mais ricos. Em Santana do Cariri *Erinnyis* foi o que teve maior representantes, seguido de *Manduca* e *Eumorpha*. *Erinnyis* foi responsável por 51,7% da abundância (relativa) e 18% da riqueza. Em outros trabalhos os gêneros que apresentaram o maior número de espécies foram *Manduca* e *Xylophanes* (Ferreira, 1986; Duarte *et al*., 2008). Nas localidades onde existem estudos com a fauna Sphingidae, Piracicaba, no estado de São Paulo, foi o primeiro a identificar uma maior presença de espécies do gênero, *Erinnyis*, superando *Manduca* e *Xylophanes* (Coelho *et al*. 1979). Seu domínio em número de espécies foi considerado típico das comunidades de esfingídeos em localidades tropicais muito úmidas e florestas subtropicais (Laroca & Mielke, 1975). No Nordeste essa conjuntura parece ser o padrão, com representantes de *Erinnyis* mais retratados que os gêneros de maior número de espécies identificadas (*Manduca* e *Xylophanes*) para o Brasil. Por exemplo, no Tabuleiro paraibano foram coletadas três *Erinnyis* e apenas duas de *Manduca* (Darrault & Schlindwein, 2002). No Ceará e no Piauí igualmente, com quatro espécies de *Erinnyis* e três de *Xylophanes* e o com os mesmos valores, sendo o semiárido provavelmente um ambiente com condições de recursos razoáveis para a manutenção das populações de *Erinnyis* (Câmara *et al*., 2017).

Na APA/Inhanum, localizada no Maranhão, a riqueza de *Erinnyis* também foi destaque com seis espécies, esse é um local relativamente preservado com vegetação do tipo mata ciliar, fornecendo recursos para as populações durante praticamente todo o ano (Câmara *et al*., 2018). Este gênero é também um dos mais comuns em pesquisas na Mata Atlântica, especialmente em ambientes degradados abertos, onde as plantas hospedeiras da família Euphorbiaceae são geralmente abundantes. Entretanto Vieira *et al*. (2015) realizaram uma pesquisa em uma área de Mata Atlântica antropizada e *Erinnyis* não teve muita representatividade, sendo que apenas um único espécime de *E. alope* foi amostrado.

A espécie mais abundante e constante nos dois anos de coleta em Santana do Cariri foi *Erinnyis ello ello*, reconhecida como a espécie de Sphingidae mais comum das Américas, com ampla distribuição e como a mais abundante do Brasil, devido à sua alta capacidade de se adaptar em situações extremas, como baixa oferta de alimento e baixa umidade relativa do ar (Seifert, 1974; Laroca & Mielke 1975; D'abrera, 1986; Ferreira *et al*. 1986; Laroca *et al*. 1989; Motta, 1998; Marinoni *et at.* 1999). Suas larvas e adultos são polífagos podendo se alimentar

de mais de 35 espécies de plantas e 65 recursos florais, respectivamente (Fanzolin, 2007; Capítulo 3).

Na Chapada do Araripe, existe uma grande riqueza de Euphorbiaceae, família que é muito utilizada por *E. ello ello* na forma adulta e próximo ao local de amostragem havia plantio de mandioca (*Manihot*), da qual suas larvas são reconhecidas como praga desde 1983 no Brasil (Fanzolin *et al*., 2007). Essa grande disponibilidade de alimento para ambas as fases deve ter sido o principal responsável por um 'boom' populacional tão grande frente as outras espécies amostradas.

A espécie *E. ello ello* ocorreu em abundância dentro dos meses com maiores pluviosidades, os quais correspondem aos de grande biomassa foliar e recursos florais na região. Outros autores perceberam essa preferência pelo início da estação chuvosa e pelas altas temperaturas (Laroca & Mielke, 1975; Motta & Xavier-Filho, 2005; Fanzolin *et al*., 2007). Entretanto, em uma pesquisa desenvolvida por Motta (1998) na Amazônia, a abundância foi mais alta no período seco.

Assim como *E. ello ello*, as outras espécies amostradas em seu predomínio estão classificadas como de ampla distribuição, isso provavelmente deve-se à generalização dos adultos a suas fontes de alimentação e a grande capacidade de dispersão dos esfingídeos (Janz, 2005; Amorim *et al*., 2009). Essa diversidade alimentar dos adultos é vantajosa principalmente em áreas como a amostrada, em que há alterações sazonais interferindo nas fontes de alimento. Mesmo as espécies com probóscides de 1,5 cm apresentaram uma capacidade de utilizar diferentes recursos florais, principalmente as mais comuns ao Nordeste como *C. grisescens* e *H. euphorbiarum* (Capítulo 3).

Entretanto, deve-se salientar que as larvas dos esfingídeos são apontadas em estudos como em sua maioria oligófagas. O que abre a possibilidade de espécimes adultos se alimentarem em uma região e utilizarem áreas com outra fisionomia para oviposição, em plantas específicas, caso estas não correspondam para as duas fases do ciclo de vida (Janzen, 1984; Kitching & Cadiou, 2000; Diniz *et al*., 2013; Amorim *et al*., 2012). O que pode ser uma razão para o total de 16% representados por espécies com apenas um indivíduo, já que há áreas de alimentação para as larvas disponíveis a longas distâncias da zona de amostragem. Apesar disso, esse número foi menor do que o detectado por Oliveira (2014), o qual observou um total de 23% de espécies com um único indivíduo coletado.

A curva do coletor estabilizou, demonstrando que a ampla amostragem trouxe um número expressivo de espécies, não sendo esperado uma maior riqueza para Santana do Cariri.

Apesar de na América do Sul a maioria das espécies serem mais ativas à noite, algumas espécies de esfingídeos não são atraídas pela luz e não devem ter sido registradas nesse levantamento (Kitching & Cadiou, 2000; Duarte *et al*., 2008). Foi utilizado nessa pesquisa o índice de diversidade de Shannon e Equitabilidade de 'Pielou', a fim de trazer informações para facilitar a comparação com comunidades diferentes a partir dos mesmos índices. E não apenas avaliar a diversidade, mas observar a dominância, a riqueza e a equitatividade constatadas na taxocenose de esfingídeos (Creão-Duarte, 2004b).

Em Santana do Cariri, o índice de Shannon foi realizado para todos os meses com ocorrência de espécimes e flutuou dentro dos valores que geralmente são encontrados para esse índice (1,5 e 3,5), ficando abaixo de 1,5 apenas nos meses mais secos e consequentemente alta dominância. No Maranhão, as espécies com maior abundância *C. guiarti* e *P. pallida* não ultrapassaram 27% do total e o valor do índice de Shannon foi de 2,54, valor similar ao de 2,4 observado no período chuvoso em Santana do Cariri, o que segundo Câmara *et al*. (2018) são valores comumente encontrados para a região semiárida. Contudo, Duarte Jr. & Schlindwein, (2005b) obtiveram o valor de 3,64 para o índice de Shannon em uma área de Mata Atlântica pernambucana e a espécie mais abundante foi *P. strigilis*.

Em duas localidades diferentes da Mata Atlântica paulista, Vieira *et al.* (2015) testemunharam diferença de uniformidade na comunidade de esfingídeos. Na localidade de Boracéia, onde a mata é mais fechada houve maior uniformidade, enquanto na Serra do Japi, uma área mais aberta, foi menos uniforme e *C. parce* foi fortemente predominante sobre as outras espécies. O que podemos perceber com esses resultados são que as áreas naturalmente mais abertas, como as Caatingas, e as áreas que foram abertas com a ação humana, apontam para uma menor riqueza de espécies com maior dominância do que em ambientes florestados (Duellman, 1990; Zimmerman & Rodrigues, 1990; Vitt & Zani, 1996 e Creão-Duarte, 2004b).

Em estudo desenvolvido por Beck *et al.* (2006) no sudeste da Ásia, sobre os efeitos da perturbação do habitat na biodiversidade da taxocenose de esfingídeos, os resultados mostraram que a frequência de subfamílias varia sob diferentes regimes de perturbação. No caso de Smerinthinae espécies e espécimes declinam de habitats primários para locais fortemente perturbados e o oposto ocorre com Macroglossinae. Para Sphinginae não foram observadas mudanças em sua frequência, que é geralmente baixa.

Na região Neotropical, podemos destacar a pesquisa desenvolvida por Haber & Frankie (1989), a qual refere-se a uma longa série de coletas (1920 - 1976) em ambiente com umidade relativa do ar alta e temperatura de média a alta. Os autores obtiveram 65 espécies, sendo

Manduca, *Erinnyis* e *Xylophanes* as mais ricas, o que mais uma vez permite enxergar a plasticidade do gênero *Erinnyis*, o qual ocorreu em Santana do Cariri, em condições diferentes, também observando uma maior riqueza.

Pode-se destacar também que as espécies *A. cingulata, A. gannascus, E. alope, P. ficus* e *P. tetrio* ocorreram apenas no período chuvoso na região neotropical e *C. antaeus, C. duponchel, E. lugubris, E ocypete, E. crameri, E. ello ello, E. obscura, E.oenotrus, E. vitis, M. oiclus, M. florestan, M. rustica, M. paphus, P. lusca, P. strigilis, X. pluto* ocorreram no período seco e chuvoso. Entretanto, em Santana do Cariri, as espécies *M. florestan, X. pluto, P. lusca* foram raras e encontradas exclusivamente durante o período chuvoso.

A espécie *E. alope* foi encontrada em meses das duas estações, chuvosa e seca, o que também foi percebido em uma pesquisa realizada na Caatinga do Rio Grande do Norte (Duarte Jr. & Schlindwein, 2005a). A lagarta de *E. alope* também utiliza *Manihot* sp. para alimentação além de *Carica papaya*, plantas comuns na região de Santana do Cariri. Apesar de na região haver muitos espécimes de *Tecoma* sp. e *Ficus* sp. próximos à área de amostragem, gêneros observados como alimento para larva de *M. oiclus* e *P. ficus*, respectivamente, essas espécies de esfingídeos foram pouco amostradas (Zikan & Zikan, 1968).

Quanto à riqueza da fauna de esfingídeos amostrados, 86% não demonstraram preferência por nenhum bioma específico, essa taxa foi mais alta do que a de 52% encontrada por Câmara *et al*. (2017) para coletas realizadas no Piauí. Apesar das duas áreas estarem situadas em zona de ecótono, a Chapada do Araripe incluí tipos de vegetações com domínios além de Cerrado-Caatinga observada no Piauí, por exemplo mata úmida. O que pode ser demonstrado por espécies que estão presentes apenas em ambientes de clima árido e semiárido como *C. grisescens* e *N. dynaeus*, mas também *P. ilus*, observada na Amazônia e na Mata Atlântica. Fato que já foi observado por Duarte & Schlindwein (2008), pois a fauna de Sphingidae do Cerrado e da Caatinga são formadas por elementos da Mata Atlântica e Amazônia.

De coletas realizadas em 14 localidades na Amazônia, Motta & Andrazze (2001) coletaram 79 espécies, sendo 24 delas iguais a esta pesquisa. Pode-se destacar também a riqueza de *Erinnyis*, que teve cinco espécies coletadas e também a baixa quantidade de espécies de *Manduca*, com apenas três espécimes. Em duas pesquisas realizadas em áreas antropizadas na Amazônia, a primeira em floresta primária acrescida de pastagens, foram amostradas 61 espécies (Motta *et al*., 1998) e a segunda, em uma área de floresta primária, foram 46 (Motta & Xavier-Filho, 2005).

A primeira área demonstrou uma maior correspondência com as espécies de Santana do Cariri, com 26 iguais, porém *Manduca* foi o gênero com maior riqueza. Segundo Motta *et al.* (1998) o desmatamento favorece as espécies desse gênero pelas preferências vegetais e condições ambientais impostas. A segunda área teve 19 espécies que corresponderam com Santana do Cariri, sendo *Erinnyis* (4) o gênero com maior riqueza e *Manduca* (2), apresentando um baixo número de gêneros assim como o que o ocorreu em Santana. De coletas realizadas em 14 pontos no Parque Nacional da Serra do Pardo, uma área preservada, em conjunto com os dados de literatura disponíveis para a Amazônia, Camargo *et al*. (2016) chegaram ao número de 128 espécies, sendo 30 delas iguais a esta pesquisa. O gênero *Xylophanes* foi o mais rico, o que não ocorreu nas outras pesquisas citadas para Amazônia bem como para Santana do Cariri.

Na Amazônia, por exemplo, a espécie *X. tersa* esteve presente em todos os meses do ano com aumento em maio e junho (período chuvoso), nos quais há uma diminuição da temperatura (Motta *et al*., 1998). Em Santana do Cariri também foi observado essa presença na maioria dos meses para a espécie e sua elevação durante o período chuvoso. Entretanto, em uma área de Caatinga do Rio Grande do Norte, *X. tersa*, além de ter sido abundante no período chuvoso (abril), também ocorreu de forma abundante no período seco da região (junho a setembro e dezembro). Em uma pesquisa sobre a fenologia na Mata Atlântica houve poucas similaridades das espécies com esta pesquisa (Duarte *et al*., 2008).

Na Amazônia, *E. obscura* e *M. rustica* tiveram regularidade em todos os meses, mas foram mais representadas em estações e meses diferentes, a primeira em janeiro e maio com maior pluviosidade na região e a segunda com pico em outubro onde há baixa precipitação (Motta, 1998). Esse apontamento também foi visto na região da Caatinga do Rio Grande do Norte, onde ambas foram comuns à região, mas *E. obscura* ficou restrita aos meses chuvosos e *M. rustica* teve representação até setembro (Duarte Jr. & Schlindwein, 2005a).

Em uma lista desenvolvida por Rocha (1954) em Fortaleza, capital do Ceará, 18 espécies (*A. chloroptera, A. iphis, C. parce, E. gorgon,* ***E. lugubris****,* ***E. alope****,* ***E. ello ello, E. obscura, I. allamandae, I. caricae,*** *I. leachii,* ***P. ficus,*** *P. syces,* ***P. lusca****,* ***P. tetrio, H. euphorbiarum****, X. chiron nechus,* ***X. tersa***) foram coligidas em um catálogo, estando destacadas em negrito as que também tiveram ocorrência em Santana do Cariri.

Em um fragmento de mata úmida no Ceará, Câmara *et al.* (2017) coletaram 27 espécies de esfingídeos, sendo que 19 delas corresponderam as encontradas em Santana do Cariri, entretanto apenas duas espécies (*A. cingulata* e *E. obscura*) estiveram entre dez ou mais espécimes coletados. O gênero *Manduca* também apresentou baixo número de espécies, como

o que foi visto em Santana do Cariri. Nessa mesma pesquisa foram desenvolvidas amostragem no Piauí, uma localidade mais seca, onde 28 espécies foram coletadas e 21 delas foram também encontradas em Santana do Cariri, também com poucos espécimes coletados, o que pode ter ocorrido diante da diferença entre a quantidade de amostragem.

Na Caatinga do Rio Grande do Norte, Duarte Jr. & Schlindwein (2005a) amostraram 20 espécies, estando 13 delas em correspondência com as amostradas em Santana do Cariri e com o *E. ello ello* pouco amostrado, porém *Erinnyis* foi o gênero com maior riqueza, apesar de *N. dynaeus*, *C. grisescens* e *H. euphorbiarum* terem sido 82% do total de espécimes coletados.

Em um fragmento de Mata Atlântica entre Pernambuco e Alagoas (Lopes *et al*. 2006), apenas 8 espécies foram iguais a Santana do Cariri, entretanto deve-se salientar que houve diferença entre a quantidade de coletas. Em um fragmento de Mata Atlântica no Pernambuco foram coletadas 50 espécies, com 27 iguais a Santana do Cariri, mas *Xylophanes* e *Manduca* foram as que tiveram maior número de representantes (Duarte & Schlindwein, 2008).

No mesmo estado, porém, em um remanescente de floresta estacional semidecidual cercada por áreas de pastagens e cana de açúcar com precipitação maior e temperatura menor que Santana do Cariri e uma amostragem maior, foram coletadas 31 espécies das quais 19 foram iguais a Santana do Cariri, entretanto as duas espécies mais abundantes (*C. parce* e *M. lefeburii*) não ocorreram nesta pesquisa. Foi percebido que *E. crameri* e *M. paphus*, tiveram uma distribuição temporal seguindo o ciclo anual de chuvas, ao contrário de *P. strigilis*, *X. tersa* e *E. ello ello* que parecem não ter nenhum período mais ou menos favorável (Primo & Machado, 2013).

Em Pernambuco, em uma região com clima, vegetação e sazonalidade muito próximos a Santana do Cariri, Darrault & Schlindwein (2002) coletaram 24 espécies sendo 19 delas iguais as amostradas durante essa pesquisa. Poucas espécies foram muito abundantes nas duas pesquisas e duas delas também corresponderam aos dois locais, sendo elas: *E. ello ello* e *X. tersa.* Estes pesquisadores observaram que a maior riqueza de espécies ocorreu nos meses de maior abundância, sendo em junho a maior delas. As espécies *E. ello ello* e *X. tersa* ocorreram em pelo menos dez meses.

Na Paraíba, em uma Reserva Ecológica com a vegetação e fatores climáticos semelhantes a encontrada na Chapada do Araripe, Gusmão & Creão-Duarte (2004a) coletaram 15 espécies em um ano. Destas, apenas *C. parce* não foi coletada em Santana do Cariri. Não houve um destaque para riqueza, com seis gêneros apresentando apenas duas espécies cada um,

o que diferiu do que foi encontrado em Santana do Cariri, entretanto *C. grisescens* foi abundante em ambos.

Em Pernambuco, *A. cingulata* ocorreu de março a setembro com exceção dos meses de maio e julho, *C. grisescens* somente em agosto, *E. ello ello* ocorreu em janeiro, março, abril, maio, junho, outubro e dezembro, *H. euphorbiarum* dezembro e janeiro, *P. pallida* fevereiro, maio e junho, fevereiro, *X. tersa* fevereiro a dezembro (Darrault & Schlindwein, 2002). Em Santana do Cariri, a espécie *H. euphorbiarum* esteve presente em um maior número de meses (novembro a junho, e setembro).

Na Caatinga do Rio Grande do Norte, *C. grisescens* foi comum e ocorreu de fevereiro a setembro, não tendo uma preferência por nenhum período (Duarte Jr. & Schlindwein, 2005a), fato que também foi percebido para Santana do Cariri. Entretanto, a espécie *N. dynaeus* ocorreu de fevereiro a junho e foi pontual nos dois anos ao mês de fevereiro em Santana do Cariri. As espécies *N. dynaeus* e *C. grisescens* vêm sendo associadas com florestas secas tropicais e sazonais (Amorim, 2008).

As amostras de *A. cingulata* e *E. ello ello* coincidiram com os meses em que estas foram verificadas em Pernambuco (Darrault & Schlindwein, 2002). Isso também ocorreu para *H. euphorbiarum*, outra espécie da região que foi amostrada em três meses, fevereiro, março e agosto, sendo o último referente ao período seco (Duarte Jr. & Schlindwein, 2005a). Essas espécies não tiveram uma preferência por meses em Santana do Cariri. A espécie *A. gannascus* (Stoll, 1790) ocorreu na Paraíba no mês de janeiro, onde foi registrada a maior precipitação (Darrault & Schlindwein, 2002). No município de Santana do Cariri, essa espécie ocorreu apenas uma vez no mês de abril, que já constitui o final do período chuvoso.

Duas espécies (*E. fasciatus* e *I. menechus*) tiveram menos de três espécimes durante os dois anos de amostragem. No entanto, *E. fasciatus* foi comum na Caatinga, ocorrendo em fevereiro e abril (Duarte Jr. & Schlindwein, 2005a). Em Darrault & Schlindwein (2002) *I. menechus* foi mais abundante no tabuleiro paraibano. A espécie *C. duponchel* foi observada com uma maior amplitude em áreas alteradas em relação às outras (Motta & Andrazze, 2001), mas, apesar da área de amostragem ter interferências humanas, ela foi pouco coletada.

Em Santana do Cariri as espécies *E. lugubris* e *E. vitis* foram comuns em todos os meses chuvosos e também em meses pontuais do período seco, sendo comuns em uma pesquisa desenvolvida em área de Caatinga, entretanto só foram amostradas entre fevereiro e abril, considerada a estação de chuvas para essa região (Duarte Jr. & Schlindwein, 2005a). Esse fenômeno também ocorreu com outras espécies, por exemplo, *E. labruscae*, *P. tetrio* e *C.*

antaeus foram raras na região de Caatinga citada acima, as duas últimas ocorrendo apenas na estação seca, entretanto para Santana do Cariri *E. labruscae* não foi rara e só ocorreu na estação chuvosa. As outras duas espécies anteriormente citadas ocorreram pouco, mas na estação chuvosa. O que permite a reflexão de que talvez o clima mais ameno e a vegetação mais arbórea possam favorecer *E. labruscae,* enquanto as outras espécies não são influenciadas por fatores climáticos e, sim, por algum fator específico que não esteja nem no Cerrado e nem na Caatinga.

Em uma pesquisa desenvolvida no Maranhão apresentando uma variedade de ecossistemas e em área de mata secundária, Câmara *et al.* (2018) amostraram 33 espécies de esfingídeos, porém a curva coletora não apresentou tendência de assíntota e 26 foram iguais a Santana do Cariri. Entretanto, as espécies mais abundantes foram *C. guiarti*, *P. pallida* e *P. strigilis* e espécies do gênero *Erinnyis* foram pouco abundantes, apesar de terem o maior número de espécies coletadas. Em Santana do Cariri, esse gênero também foi o mais abundante.

No Parque dos Pireneus, com a altitude (1.385 metros) mais elevado do que Santana do Cariri, foram amostradas 48 espécies sendo 27 iguais as coletas em Santana do Cariri (Oliveira, 2014). Em uma pesquisa desenvolvida por Ferreira (1986) em Minas Gerais, foram coletadas 35 espécies e 21 delas também ocorrem em Santana do Cariri. Com coletas durante 36 anos em Minas Gerais e Rio de Janeiro, com aproximadamente 700 metros, Zikan & Zikan (1968) tiveram 79 espécies amostradas com correspondência entre 33 delas com Santana do Cariri. Entretanto, os gêneros com maior número de espécies foram *Manduca* e *Xylophanes*.

Também em Minas Gerais Amorim (2008) fez coletas em uma área de Cerrado com 800 metros, onde 52 espécies foram amostradas e tiveram 30 espécies em comum com Santana do Cariri. Não ocorreram em PES *A. gannascus* e *E. analis*, nem foi observado endemias. Os gêneros *Manduca* e *Eumorpha* foram os que tiveram maior número de espécies. Para o Cerrado a composição e a riqueza de espécies locais são provavelmente determinadas pela capacidade de dispersão, sazonalidade, migração e perturbação.

Em uma localidade do Cerrado de Minas Gerais, a espécie mais abundante e com ocorrência durante toda a coleta foi *P. strigilis*, o que demonstra a grande possibilidade de dominância entre esfingídeos (Amorim, 2008). Dentro de manchas do Cerrado, várias espécies se mostraram dominantes dependendo de sua localização. A espécie, *P. strigilis*, também foi comum na Caatinga, amostradas em junho e julho estação seca para essa região (Duarte Jr. & Schlindwein, 2005a).

Em São Paulo, destaca-se três artigos para compararmos com o presente estudo. O primeiro pertencendo a um fragmento florestal com 39 espécies, as quais 15 delas também

ocorreram em Santana do Cariri (Vieira *et al*., 2015). O segundo em Mata Atlântica preservada e com um período de 64 anos de dados e 75 espécies identificadas, com *Manduca* e *Xylophanes* sendo os mais ricos, sendo 23 espécies também amostradas em Santana do Cariri, entretanto, esses gêneros ficaram sem muita representatividade (Duarte *et al*., 2008).

O terceiro também em Mata Atlântica, teve 50 espécies amostradas, mas apenas 15 delas corresponderam com as amostras de Santana do Cariri, e os gêneros (*Xylophanes* e *Manduca*) mais representativos em número de espécies não tiveram correspondência. Esses gêneros também apresentaram as espécies com maior abundância (*X. chiron* e *M. florestan*), além de *A. gannascus*, que tiveram poucos espécimes coletados em Santana do Cariri (Ávila Jr., 2009).

Na região sul foi desenvolvida uma pesquisa com amostragem em oito localidades do Paraná, com 55 espécies coletadas durante um ano, sendo *Xylophanes* a que apresentou a maior riqueza. Foi observado que os valores de captura média se mostraram mais relacionados à temperatura (máxima e mínima), na maioria das localidades. E duas localidades apresentaram alta correlação com a pluviometria (Marinoni *et al*., 1999).

Em outros trabalhos realizados no Paraná em localidades diferentes, Laroca & Mielke (1975) obtiveram 54 espécies e Laroca (1989) amostrou 50 espécies durante dois anos, sendo *Xylophanes* e *Manduca* os mais ricos. Destas espécies, 19 foram iguais a Santana do Cariri. Entretanto, a espécie mais abundante foi *E. ello ello*, com 147 indivíduos (17%), *E. oenotrus* 106 (12%) e *X. tersa* 87 (10%). Essa abundância de *E. ello ello* e *X. tersa* também foi percebida em Santana do Cariri.

Quando feito um recorte nos meses de ocorrência sobre as espécies mais abundantes no Paraná, percebeu-se que existem dois picos de atividades: um na primavera (fim de outubro) e outro no fim do verão e início do outono (fevereiro e março). Nota-se uma queda a partir de março até outubro devido às baixas temperaturas. A espécie *A. gannascus* foi a mais coletada na região sudeste e sul e não teve registros para a Amazônia, teve apenas um espécime amostrado em Santana do Cariri.

O total de seis espécies (16%), apresentando apenas um indivíduo e mais duas espécies com apenas 2 indivíduos, amostrados em Santana do Cariri foi um número menor do que visto em outras localidades do Brasil, por exemplo, Darrault e Schlindwein (2002) tiveram 7 espécies (29%) representadas por apenas um indivíduo, nas pesquisas de Duarte Jr. e Schlindwein (2005b) um total de 13 espécies (57%) foram raras, Duarte Jr. e Schlindwein (2008) tiveram 17 espécies (16%), sendo que um total de 15 das espécies (30,6%) apresentou apenas um indivíduo

(Ávila Jr., 2009), Primo & Machado (2013) coletaram 8 espécies (26%) e Vieira *et al*. (2015) 14 espécies raras (36%).

Essa presença de espécies raras segundo alguns autores (Preston, 1948, 1960; Brown & Freitas, 2000b) é um reflexo de ambientes bem preservados, acidentados, heterogêneos e com vegetação complexa, que facilitam a permanência de populações relictuais de espécies antigas, competidoras inferiores ou ecossistemas estáveis.

Apesar de Santana do Cariri ser um ambiente muito heterogêneo, a presença humana e as condições de sazonalidade bem marcada podem interferir diretamente nesse resultado. Quando olhamos para as espécies podemos perceber que para algumas regiões espécies pouco amostradas em Santana do Cariri são bem comuns ou o contrário, caso, por exemplo, de *E. crameri*, que foi a quinta espécie mais abundante na pesquisa de Primo *et al*. (2013)**.**

No que se refere à atração da armadilha luminosa, foi observado uma diminuição do número de mariposas no segundo ano. Segundo alguns autores (Janzen, 1984; Duarte Jr. & Schlindwein, 2005b), o número de mariposas é maior em locais nos quais a luz aparece pela primeira vez. Laroca e Mielke (1989) também perceberam que o número de exemplares capturados era influenciado por ação da velocidade do vento e começavam a decrescer a partir do vento fresco. Em Santana do Cariri nos meses com ventos mais fortes, por exemplo setembro, apenas um espécime foi amostrado. No que concerne a indivíduos por hora na armadilha luminosa, a chegada de espécimes variou com a temperatura sendo a maior acima de 16 graus até 20,9 (Laroca *et al*., 1989). O que não aconteceu em Santana do Cariri.

Sobre a proporção dos sexos amostrados, de 20 espécies dominantes Laroca *et al*. (1989) perceberam que apenas duas delas (*E. lugubris* e *A. cingulata*) tiveram mais fêmeas que machos e para *M. florestan* o número foi semelhante entre os dois. Além disso, a frequência das fêmeas das espécies amostradas baixou no outono e início do inverno. Os autores relacionaram essa diminuição das atividades das fêmeas em relação aos machos às diferenças fisiológicas entre os mesmos. Um total de nove espécies tiveram uma maior amostragem de fêmeas do que machos, dentre elas *E. lugubris*, entretanto, *A. cingulata* e *M. florestan* tiveram uma maior quantidade de machos.

Porém, o motivo de existir essa variação entre os sexos ainda não está elucidado, alguns autores supõem que machos de algumas espécies são mais atraídos pela luz forte que as fêmeas e também por serem mais ativos poderiam ter maior probabilidade de passar pela zona de influência da armadilha luminosa (Altermatt *et al*., 2009; Garris & Snyder, 2010). Pesquisas indicam uma maior coleta de machos de esfingídeos do que fêmeas, gerando algumas hipóteses para responder esse fenômeno. Em Santana do Cariri nove espécies (*C. grisescens*, *E. lugubris*,

E. alope, *E. crameri*, *E. obscura*, *I. caricae*, *H. euphorbiarum*, *C. antaeus* e *N. dynaeus*) apresentaram mais fêmeas do que machos. Aqui, *E ello ello* teve no total mais machos, o que dessoa do resultado encontrado por Motta *et al.* (1998), no qual essa espécie apresentou mais fêmeas.

As atividades de voo durante as noites variaram de espécie para espécie, o que já era esperado, principalmente entre as subfamílias. Entre as localidades algumas mantiveram o mesmo padrão, enquanto outras tiveram as atividades de voos modificados. Por exemplo, na Amazônia Motta *et al.* (1998) perceberam que *E. ello ello* foi constante em quase toda a noite (20h - 5h), o que também foi percebido nas amostragens em que essa espécie ocorreu em Santana do Cariri.

A espécie *X. tersa* teve uma atividade diferente, quando comparada com dados obtidos na Amazônia, onde, apesar de constante, teve seu pico marcado entre às 23h e 1h, com declínio depois disso. No caso de Santana do Cariri o pico foi antecipado, acontecendo no intervalo de 20:30 às 21:30 e apresentando uma nova elevação no ultimo horário, das 04:30 às 05:30. O que demonstra como as atividades de voo podem ser influenciadas pelo local de coleta e suas respectivas características.

Outras espécies que ocorreram nas duas localidades foram: *E. obscura*, *C. duponchel* e *M. rustica*. Na Amazônia, tiveram picos de atividades de voo entre 1h e 5h, das 19h às 2h e das 23h às 24h, nessa ordem (Motta *et al*., 1998), sendo que a primeira e a última coincidiram com os picos encontrados para essas espécies em Santana do Cariri. Entretanto *C. duponchel* teve um pico no início das coletas e um no final, o que não foi observado na Amazônia.

Na pesquisa desenvolvida por Camargo *et al*. (2016) na Amazônia as atividades de voo referentes a abundância da família de esfingídeos tiveram três picos (21h, 01h e 05h) de maior atividade durante as doze horas de coleta. Esses três picos também foram observados na subfamília Macroglossinae, para Smerinthinae a atividade temporal máxima ocorreu à 01h e Sphinginae o pico foi às 5h. Em relação a riqueza, a atividade de voo se mostrou praticamente constante ao longo da noite das 21h às 5h em Macroglossinae, com picos às 0h, 3h e 5h para Sphinginae e de 21h, 01h e 4h para Smerinthinae. Em Santana do Cariri, não ocorreu semelhança com o cenário observado para as atividades de voo da Amazônia, em relação a abundância, que mostrou um pico para Sphingidae na Hora 3 (19:30-20:29) e depois a curva decresceu e manteve uma estabilidade até o último horário que teve uma discreta elevação. Entretanto a riqueza, não mostrou uma diferença significativa durante os horários de coleta mostrando no gráfico apenas uma pequena baixa na Hora 1 (17:30-18:30) o que também foi

observado por Camargo *et al*. (2016). Quando o foco fica nas subfamílias, houve uma diferença entre as atividades de voo, referente a riqueza, para Sphinginae que na Amazônia teve três picos (0h, 03h e 5h) teve seu maior pico no início da noite em Santana do Cariri na Hora 3 (19:30-20:29) entretanto Smerithinae teve uma semelhança com maior atividade no final da coleta em Santana do Cariri e na Amazônia bem como Macroglossinae que foi constante ao longo da noite nas duas regiões anteriormente citadas. No entanto, as abundâncias Smerithinae e Sphinginae não tiveram picos marcados em Santana do Cariri diferente do que foi visto na Amazônia com picos bem marcados. Macroglossinae teve pico no antes das 21h enquanto na Amazônia o maior pico de atividade foi no final da coleta às 5h.

De acordo com Camargo *et al*. (2016) o maior pico de atividade de Sphinginae ser 1h pode estar ao fato de terem a língua comprida portanto mais especialistas e com isso serem mais afetados pela abertura das flores propriamente esfingófilas e de antes noturna. O que não ocorreria com Macroglossinae que possuem a língua mas curta e são generalistas e poderiam visitar um grupo mais ampla de flores. Visto que, Sphinginae não teve esse padrão em Santana do Cariri talvez outros fatores citados por Camargo *et al*. (2016) podem estar mais relacionados como a prevenção a predação, por exemplo.

Segundo Oliveira *et al*. (2014), os esfingídeos tendem a forragear em horários crepusculares, embora sua atividade de visita possa se prolongar na noite, especialmente em ambientes tropicais. O que foi percebido é que as atividades de voo foram mais intensas no horário após o crepúsculo noturno, sendo que durante toda a noite e um pouco antes do nascer do sol ela tornava a cair, o que pode ser um fator derivado da baixa umidade relativa do ar e altas temperaturas do Nordeste. Além disso, foi observada a presença de morcegos e sapos (*Rhinella jimi*) durante toda a noite, o que pode refletir em um melhor horário para os organismos nessa região.

Esse processo precisa ser melhor investigado relacionando a outros fatores como também a abertura das flores e os horários dos predadores (Dennis *et al.*, 2003). Levando em conta que a distribuição temporal das espécies se deve ao resultado de diversas forças seletivas, tais como a tolerância fisiológica, a especificidade de dieta, a capacidade de dispersão, os inimigos naturais, a capacidade neural, a disponibilidade de recursos alimentares e aos fatores climáticos e microclimáticos (Janz, 2005; Amorim, 2008).

A heterogeneidade de habitats compreende um dos fatores responsáveis pela maior biodiversidade nos trópicos do que em ambientes temperados (Huston, 1979), já que o aumento da complexidade estrutural do habitat provê maior disponibilidade de nichos (Bazzaz, 1975).

No entanto, a amplitude de dieta das lagartas e a capacidade de dispersão dos adultos constituem outras características importantes nas respostas das diferentes espécies em relação ao tipo de habitat (Hilt & Fiedler, 2006). Alterações ambientais podem favorecer algumas plantas hospedeiras e, consequentemente, algumas espécies de lepidópteros (Beck et al., 2002).

O monitoramento de comunidades de mariposas que respondem à qualidade do habitat constitui uma ferramenta importante para a biologia da conservação (New, 2004), isto porque as mudanças na vegetação alteram a prevalência da fauna de mariposas endêmicas com mudanças na abundância de espécies comuns, o que pode constituir um indicativo de possíveis mudanças na abundância de espécies raras. Por exemplo, nos sistemas agropecuários intensivos ocorre uma aceleração nas mudanças na composição e abundância das comunidades, de modo que a perda de plantas hospedeiras endêmicas leva, consequentemente, ao desaparecimento de mariposas especialistas (White, 1991).

A estrutura temporal existente teve uma amplitude dentro de 1 a 11,6, na qual as espécies com maior amplitude de nichos foram também as que apresentaram maior abundância (*E. ello ello*, *X. tersa* e *C. grisescens*). Entretanto, as mais especialistas quanto aos horários não foram as menos coletadas (*N. dynaeus*, *I. menechus* e *E. fasciatus*). A espécie *E. ello ello* também teve a maior sobreposição de nicho temporal com três espécies (*X. tersa*, *E. alope* e *I. allamandae)*, o que leva a uma questão sobre o uso de recursos florais ou associação a fatores climáticos. Entretanto, os fatores climáticos propostos nessa pesquisa não demonstraram variações que fossem correlacionadas a essas três espécies especificamente, bem como as espécies que tiveram menor sobreposição de nicho temporal.

Os recursos florais, no entanto, tiveram semelhanças entre essas espécies com *X. tersa* e *E. ello ello*, apresentando 18 tipos polínicos iguais, *E. alope* e *E. ello ello* com 13 iguais e *I. allamandae* e *E. ello ello* com 5 iguais. Sendo 11 tipos polínicos associados a pelo menos três dessas espécies, apenas *Mimosa* sp. foi encontrada nos quatro esfingídeos (Capítulo 3). O que potencializa a ideia de que o recurso floral possa ter uma influência nos horários de voo dessas espécies. Infelizmente duas das espécies (*N. dynaeus* e *E. fasciatus*) com menor sobreposição não tiveram polens amostrados, o que inviabiliza uma comparação entre elas.

Em relação às 13 espécies encontradas que tiveram sobreposição em pelo menos 9 horários, apenas 4 delas (*E. impunctata*, *E. obscura*, *M. rustica* e *I. menechus*) não tiveram polens em comum. Além disso, algumas delas corresponderam a influências dos mesmos fatores climáticos (pluviometria), tais como: *H. euphorbiarum*, *C. guiarti*, *A. cingulata* e *E. obscura*. O que expõe quão complexas podem ser essas relações. Outro fator que tem que ser levado em consideração é que os recursos florais podem não ser distribuídos uniformemente.

Os animais dividem recursos ambientais de três maneiras básicas: temporal, espacial e troficamente. As diferenças nessas atividades separam nichos, reduzem a concorrência e permite a coexistência de uma variedade de espécies. Além disso, pares de concorrentes em potencial com alta sobreposição ao longo de uma dimensão nicho muitas vezes podem se sobrepor relativamente pouco ou nada em outra dimensão de nicho, reduzindo ou eliminando a concorrência entre eles.

A separação temporal de atividades pode reduzir a competição entre as espécies. A amplitude do nicho pode ter um impacto considerável na estrutura e diversidade das comunidades. As amplitudes de nicho representam a diversidade média de utilização de cada dimensão de nicho, por “mariposas” de um determinado sistema. Há outra maneira pela qual as comunidades podem diferir na diversidade de espécies, é através diferenças na composição de espécies de área para área ou habitat para habitat dentro de uma área de estudo, pois nenhuma área de estudo é perfeitamente homogênea. Esse volume de negócios horizontal a composição de espécies representa o chamado componente "entre habitats" da diversidade (Pianka, 1973).

A fisiologia das espécies também deve ser levada em consideração, por exemplo, a temperatura do tórax ideal para o voo. Estudos realizados com borboletas diurnas evidenciam que o tórax deve estar entre 33 e 38º, o que levou ao desenvolvimento de um conjunto de mecanismos comportamentais para manter uma temperatura ótima de voo, mesmo com a troca de calor com o ambiente (Kingsolver, 1985). Manter a temperatura corporal também é importante para comportamentos de acasalamento e oviposição (Hirota & Obara, 2000). A geração de calor endotérmico é obtida pelo movimento das asas antes do voo ou pela regulação da circulação da hemolinfa.

Portanto, segundo Pietro & Dahners (2009), as sobreposições observadas na resposta das espécies à temperatura ambiente é porque todas elas requerem uma temperatura ótima. Esse fato dificultaria o desenvolvimento de segregação de nicho por competição ou diferenças na utilização de recursos quando as constrições fisiológicas forçam um grande número de espécies estar ativo na mesma faixa de temperatura. Não é suficiente mostrar que as espécies diferem no uso de recursos para argumentar que houve uma redução no nicho de sobreposição, porque as espécies podem diferir na utilização de recursos na ausência de competição (Connell, 1980).

O tempo, espaço e comida tem sido considerados as mais importantes dimensões de nicho para animais em geral (Boquimpani-Freitas *et al*., 2007). As quantidades obtidas podem ser quantificadas, e expandidas ou contraídas conforme a concentração disponível de recursos flutuantes, de acordo com a presença e ou a ausência de potenciais concorrentes e, possivelmente, de bons predadores. Segundo a teoria do nicho ecológico, indivíduos de uma

mesma espécie respondem a um conjunto de recursos e condições que definem sua distribuição (Hutchinson, 1957).

A biodiversidade de insetos vem caindo, sendo para os ecossistemas terrestres Lepidoptera, Hymenoptera e Coleoptera parecem ser os mais afetados. Esse declínio pode levar à extinção de 40% de espécies de insetos no mundo nas próximas décadas (Sánchez-Bayo & Wyckhuys, 2019). Dentre os principais fatores citados como responsáveis para esse declínio, Santana do Cariri apresenta a perda de habitat, a utilização de pesticidas e a mudança climática como os mais preocupantes. Há uma grande pressão de urbanização na área, a qual ocasiona desmatamento e, consequentemente, à perda de diversidade florestal e de animais, como as mariposas (Fuller *et al*., 2005; van Swaay *et al*., 2008).

Outro fator citado foram os patógenos, que também foram encontrados nas espécies *E. ello ello*, *E. lugubris* e *E. labruscae*, ainda que não tenha sido encontrado em muitos espécimes adultos. Não foi observado nenhum nematódeo nas regiões afetadas, entretanto, em uma pesquisa realizada em 1996, Simmons e Rogers descreveram erosões cuticulares em lagartas de mariposas *E. obscura* por bactérias associadas aos nematódeos. O que levanta aqui um alerta para doenças que possam vir a causar um declínio de algumas espécies na região.

Por ter sido a primeira pesquisa realizada com a família na região, não existe um histórico para compararmos os dados e verificarmos se há um período chuvoso acima da média ou dentro da média que mudaria esse cenário exposto, já que houve 6 anos com chuvas escassas mesmo nos meses considerados chuvosos, incluindo os dois de amostragem. Além disso, a associação com a vegetação indicia como essa família utiliza os recursos florais para a alimentação. A partir dessa base, poderão ser desenvolvidas pesquisas mais direcionadas. Outro ponto que pode ser aprofundado em pesquisas futuras, são as doenças, isto é, quais são os patógenos presentes nos esfingídeos e como esses afetam os adultos, por exemplo a reprodução.

1.7 Conclusões

Ainda existe um menor conhecimento sobre a fauna de Lepidoptera na região Nordeste, com poucos levantamentos publicados, dificultando a comparação sobre a diversidade e seu estado anterior. A presente pesquisa contribuiu com conhecimento básico sobre a composição da taxocenose de esfingídeos, ampliando o conhecimento da distribuição para algumas espécies. Esses dados podem ser usados para monitoramentos, com o objetivo de contribuir para discussão de padrões biogeográficos futuros.

O levantamento dos esfingídeos realizados em Santana do Cariri demonstrou uma riqueza de 37 espécies, ficando abaixo apenas de duas localidades: uma no Pernambuco e outra no Maranhão. Há frequente dominância por *E. ello ello*, em grande parte ocasionada pela disponibilidade da família Euphorbiaceae e principalmente de *Manihot* cf. *esculenta*, consideradas fontes de alimento para as larvas desse esfingídeo. Em outras regiões essa espécie também foi dominante.

Houve uma indicação de que os esfingídeos respondem à sazonalidade, a qual é bem marcada em Santana do Cariri, assim como em outras localidades do Brasil e da América Latina. Entre as variáveis ecológicas que foram analisadas, apenas a umidade relativa do ar teve uma relação significativa com a riqueza das espécies. A diversidade de Shannon e a Equitabilidade flutuaram muito próximas do que era esperado para a região. As espécies que tiveram maior abundância não tiveram preferências por nenhum horário de amostragem.

Os dados sobre o grupo taxonômico serão disponibilizados e poderão ser utilizados como um comparativo em pesquisas futuras de conservação para a região, além de trazer uma ampliação para a Coleção de Lepidoptera do MZUSP sobre a região Nordeste.

1.8 Referências bibliográficas

Altermatt, F., Baumeyer, A. & Ebert, D. 2009. Experimental evidence for male biased flight-to-light behaviour in two moth species. Entomologia Experimentalis et Applicata, 130: 259-265.

APAC – Agência Pernambucana de Água e Clima. Climatologia da precipitação mensal (mm), 2012. Em: http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/. Acesso março de 2018.

Amorim, F. W. 2008. A comunidade de esfingídeos (Lepidoptera, Sphingidae) e plantas esfingófilas numa área de Cerrado no sudeste do Brasil: biogeografia e associações mutualísticas. Mestrado (Dissertação) na Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 74 p.

Amorim F.W.; Ávila Jr., R.S.; Camargo, J.A.; Oliveira, P.E. 2009. A hawkmoth crossroads? Species richness, seasonality and biogeographical affinities of Sphingidae in a Brazilian Cerrado. Journal of Biogeography, 36: 662–674.

Amorim, F. W. 2012. A flora esfingófila de uma floresta ombrófila densa montana no sudeste brasileiro e relações mutualísticas com a fauna de Sphingidae. Tese (Doutorado) da Universidade Estadual de Campinas, SP, 175 p.

Ávila Jr, R. S. de. 2009. A guilda de plantas esfingófilas e a comunidade de Sphingidae em uma área de Floresta Atlântica do Sudeste do Brasil. Tese (Doutorado) da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 126 p.

Bazzaz, F. A. 1975. Plant species diversity in old-field sucessional ecosystems in Southern Illinois. Ecology, 56: 485-488.

Beck J., Schulze C.H., Linsenmair K.E. & Fiedler K. 2002. From forest to farmland: diversity of geometrid moths along two habitat gradients on Borneo. J. Trop. Ecol. 18: 33–51.

Beck, J.; Kitching, I. J. & Linsenmair, K. E. 2006. Effects of habitat disturbance can be subtle yet significant: biodiversity of hawkmoth-assemblages (Lepidoptera: Sphingidae) in Southeast-Asia. Biodiversity and Conservation, 15: 465–486.

Beck, M. W. 2019. ggord: Ordination Plots with ggplot2. R package version 1.1.4.

Berryman, A. A. 1996. What causes population cycles of forest Lepidoptera? TREE, 11 (1): 28-32.

Boquimpani-Freitas, L.; Marra, R. V.; Sluys, M. V. & Rocha, C. F. D. 2007. Temporal niche of acoustic activity in anurans: interspecific and seasonal variation in a neotropical assemblage from south-eastern Brazil. Amphibia-Reptilia, 28: 269-276.

Borges-Nojosa, D. M. 1999. Zoneamento da Área de Proteção Ambiental da Chapada do Araripe – Relatório da Herpetofauna. URCA & IBAMA, Crato.

BRASIL. Decreto s/n, de 04 de agosto de 1997. Criação da Área de Proteção Ambiental da chapada do Araripe, nos Estados do Ceará, Pernambuco e Piauí, e dá outras providências. Brasília, DF, ago 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/DNN/Anterior%20a%202000/1997/Dnn5587.htm> Acesso em: 5 nov. 2018.

BRASIL. Decreto-Lei nº 9.226 de 02 de maio de 1946. Cria a floresta nacional de Araripe-Apodi. Rio de Janeiro, RJ, maio 1946. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/declei/1940-1949/decreto-lei-9226-2-maio-1946-417098-publicacaooriginal-1-pe.html> Acesso em: 5 nov. 2018.

BRASIL. Decreto s/nº, de 05 de junho de 2012. Ampliação e os objetivos da Floresta Nacional do Araripe-Apodi, no Município de Barbalha, Estado do Ceará, criada pelo Decreto-Lei nº 9.226, de 2 de maio de 1946. Brasília, DF, junho 2012. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/_Ato2011-2014/2012/Dsn/Dsn13321.htm> Acesso em: 5 nov. 2018.

Brown Jr., K. S. & Freitas, A. V. L. 2000a. Diversidade de Lepidoptera em Santa Teresa, Espírito Santo. Bol. Mus. Biol. Mello Leitão, 11(12): 71-118.

Brown, K. S. & Freitas, A.V. L. 2000b. Reino Animalia - Lepidoptera. Campinas, SP. 225-243.

Câmara, J. T; Mielke, O. H. M.; Mielke, C.G.C; Caneiro, E.; Dolibaina, D. R. *et al*. 2017. Lepidoptera: Hesperiidae, Papilionidae, Pieridae, Nymphalidae, Lycaenidae, Riodinidae, Saturniidae e Sphingidae. *In:* Pesquisas em unidades de conservação no domínio da caatinga: subsídios à gestão/ Waldir Mantovani, Ricardo Ferreira Monteiro, Luiz dos Anjos, Mariana Otero Cariello (Orgs.) – Fortaleza: Edições UFC, 2017.

Câmara, J. T.; Rocha, J. R. B. & Pereira, S. 2018. Sphingidae (Lepidoptera) ocorrentes no leste do Maranhão, Brasil. EntomoBrasilis, 11(3): 209-215.

Camargo, A. J. A. & Cavalcanti, W. 1999. Instruções para a confecção de armadilha luminosa para captura de insetos noturnos. Comunicado técnico. Embrapa. Planaltina, 2: 1-7.

Camargo, A. J. A. 2004. Monitoramento da diversidade de mariposas (Lepidoptera) em áreas agrícolas. In: Aguiar, L. M. S. e Camargo, A. J. A. Cerrado: ecologia e caracterização. EMBRAPA, Brasília, DF, 246p.

Camargo, A. J. A.; Camargo, W. R. F. Corrêa, D. do C. V.; Vilela, M. de F. & Amorim, F. W. 2018. Mariposas polinizadoras do Cerrado (Identificação, distribuição, importância e conservação/ Família Sphingidae (Insecta-Lepidoptera). Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 125p.

CEARÁ. Secretaria dos Recursos Hídricos. Plano Estadual de Recursos Hídricos: Atlas. Fortaleza, 1992, 4 (1).

Chase, M. R.; Moller, C.; Kesseli, R & Bawa, K. S. 1996. Distant gene flow in tropical trees. Nature, 383: 398-399.

Cleveland, W. S. 1993. Visualizing Data. Hobart Press, Summit, NJ.

Coelho, L. P.; Silveira Neto, S.; Dias, J. F. S.; Forti, L. C. & Lara, F. M. 1979. Fenologia e análise faunística da família Sphingidae (Lepidoptera) através de levantamentos com armadilha luminosa em Piracicaba SP. Anais Soe. Ent. Bras., 8 (2): 295-309.

Coleman, B.D, Mares, M.A., Willis, M.R. & Hsieh, Y. (1982). Randomness, area and species richness. Ecology, 63: 1121–1133.

Commo, F. & Bot, B. M. (2006). nplr: N-Parameter Logistic Regression. R package version 0.1-7. https://CRAN.R-project.org/package=nplr.

Connell, J. H. 1980. Diversity and the Coevolution of Competitors or the Ghost of Competition Past. Oikos, 35 (2): 131-138.

Corrêa, D. do C. V. 2017. Biodiversidade de Sphingidae (Lepidoptera) nos biomas brasileiros, padrões de atividade temporal diária e áreas prioritárias para conservação de Sphingidae e Saturniidae no Cerrado. Mestrado (Dissertação) na Universidade de Brasília, Brasília, DF, 179p.

Gusmão, M. A. B. & Creão-Duarte, A. J. 2004b. Diversidade e Análise Faunística de Sphingidae (Insecta, Lepidoptera) na Mata do Pau-Ferro, Areia, Paraíba, Brasil, com Vista ao Monitoramento. *In:* Brejos de Altitude em Pernambuco e Paraíba (História Natural, Ecologia e Conservação). Orgs Kátia C. Pôrto, Jaime J. P. Cabral & Marcelo Tabarelli. 179-152.

Cruz-Neto, O.; Machado, I. C.; Duarte Jr., J. A. & Lopes, A. V. 2011. Synchronous phenology of hawkmoths (Sphingidae) and *Inga* species (Fabaceae–Mimosoideae): implications for the restoration of the Atlantic forest of northeastern Brazil. Biodivers Conserv, 20: 751–765.

D´ Abrera, B. 1986. Sphingidae Mundi. Hawk moths of the world. Faringdon, Oxon, United Kingdom, E.W. Classey. 225

Darrault, R.O. & Schlindwein, C. 2002. Esfingídeos (Lepidoptera, Sphingidae) no Tabuleiro Paraibano, nordeste do Brasil: abundância, riqueza e relação com plantas esfingófilas. Revista Brasileira de Zoologia 19: 429-443.

Deepayan, S. 2008. Lattice: Multivariate Data Visualization with R. Springer, New York. ISBN 978-0-387-75968-5.

Dennis, R. L. H., Shreeve, T. G., Dyck, J. V. 2003. Towards a functional resource-based concept for habitat: a butterfly biology viewpoint. Oikos, 102: 417-426.

Dickey, D. A. e Fuller, W. A. 1979. Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. Journal of the American Statistical Association, 74: 427-431.

Diniz, I. R., Braga, L., Lepesqueur, C., Silva, N., Morais, H. 2013. Lagartas do Cerrado. Technical Books, Rio de Janeiro. 215p.

Duarte, M.; Carlin, L. F. & Marconato, G. 2008. Light-attracted hawkmoths (Lepidoptera: Sphingidae) of Boracéia, municipality of Salesópolis, state of São Paulo, Brazil. Check List, 4 (2): 123-136.

Duarte Jr., J. A. & Schlindwein, C. 2005a. The highly seasonal hawkmoth fauna (Lepidoptera Sphingidae:) of the Caatinga of northeast Brazil: a case study in the state of Rio Grande do Norte. Journal of the Lepidopterists' Society, 59 (4): 212-218.

Duarte Jr., J. A. & Schlindwein, C. 2005b. Riqueza, abundância e sazonalidade de Sphingidae (Lepidoptera) num fragmento de Mata Atlântica de Pernambuco, Brasil. Revista Brasileira de Zoologia, 22: 662–666.

Duarte Jr. & Schlindwein. 2008. Hawkmoth fauna of a northern atlantic rain forest remnant (Sphingidae). Journal of the Lepidopterists' Society, 62 (2): 71-79.

Duellman, W. E. 1990. Herpetofaunas in neotropical rainforests: comparative composition, history, and resource use. In: Gentry, A. H. (ed.). Four neotropical rainforest. New Haven: Yale Univ. Press, 455-505.

Ellison, A; Gotelli, N. 2012. Software EcoSim: modelos nulos para ecologia (versão gratuita). Disponível em: <http://www.uvm.edu/~ngotelli/EcoSim/EcoSim.html> Acesso em: 12.2.2019.

Fanzolin, M.; Estrela, J. L. V.; Filho, M. D. C.; Santiago, A. C. C. & Frota, F. S. 2007. Manejo Integrado do Mandarová-da-Mandioca *Erinnyis ello* (L.) (Lepidoptera: Sphingidae): Conceitos e experiências na Região do Vale do Rio Juruá, Acre. Rio Branco, AC: Embrapa.

Feitosa, A. C.; Brandão, R. L. & Benvenuti, S. M. P. 1998 Programa de recenseamento de fontes de abastecimento por água subterrânea no estado do Ceará: diagnostico do município de Santana do Cariri. Fortaleza, CE. 15p.

Ferreira, P. S. F. 1986. Levantamento, flutuação e análise entomofaunítica em mata remanescente da zona da mata, Viçosa, Minas Gerais. Sphingidae: Lepidoptera. Revista Ceres, 33 (190): 516-527.

Freitas, A. V. L. & Marini-Filho, O. J. 2011. Plano de Ação Nacional para Conservação dos Lepidópteros Ameaçados de Extinção. ICMBio, Brasília, 124p.

Fuller, R. J.; Norton, L. R.; Feber, R. E.; Johnson, P.J., Chamberlain, D. E., Joys, A. C. *et. al*. 2005. Benefits of organic farming to biodiversity vary among taxa. Biol. Lett., 1: 431–434.

FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Zoneamento geoambiental do estado do Ceará: Parte II mesorregião do sul cearense. Fortaleza, 2006. 125p.

Garris, H.W. & Snyder, J.A. 2010. Sex-specific attraction of moth species to ultraviolet light traps. Southeastern Naturalist, 9: 427-434.

Gómez-Nucamendi, O. L.; Jones, R. W. & Morón-Ríos, A. 1999. The Sphingidae (Heterocera) of the "El Ocote" Reserve, Chipas, Mexico. Journal of the Lepidopterist's Society, 53 (4): 153-158.

Gotelli, N J; Hart, E. & Ellison, A. 2015. Null Model Analysis for Ecological Data (Package 'EcosimR'). Disponível em: <https://github.com/GotelliLab/EcoSimR/issues> Acesso: 15 de fevereiro de 2019.

Grenacre, M. J. 1993. Correspondence analysis in practice. Academic Press, London.

Gusmão, M. A. B. & Creão-Duarte, A. J. 2004a. Diversidade e análise faunística de Sphingidae (Lepidoptera) em área de brejo e caatinga no Estado da Paraíba, Brasil. Revista Brasileira de Zoologia, 21 (3): 491-498.

Gusmão, M. A. B. & Creão-Duarte, A. J. 2004b. Diversidade e Análise Faunística de Sphingidae (Insecta, Lepidoptera) na Mata do Pau-Ferro, Areia, Paraíba, Brasil, com Vista ao Monitoramento. In: Brejos de Altitude em Pernambuco e Paraíba (História Natural, Ecologia e Conservação), Orgs. Kátia C. Pôrto, Jaime. J. P. Cabral & Marcelo Tabarelli: 178-152.

Haber, W. A. & Frankie, G. W. 1989. A tropical hawkmoth community: Costa Rican Dry Forest Sphingidae. Biotropica, 21 (2): 155-172.

Haxaire, J. & Mielke, C.G.C. 2019. A revised and annotated checklist of the Brazilian Sphingidae with new records, taxonomical notes, and description of one new species (Lepidoptera: Sphingidae). European Entomologist 11 (3/4): 101-187.

Hilt, N. & Fiedler, K. 2006. Arctiidae moth ensembles along a successional gradient in the Ecuadorian montane rain forest zone: how different are subfamilies and tribes? Journal of Biogeography, 33(1): 108-120.

Hirota, T. & Obara, Y. 2000. Time allocation to the reproductive and feeding behaviors in the male cabbage butterfly. Zoological Science, 17: 323-327.

Hope, A. C. A. 1968. A Simplified Monte Carlo Significance Test Procedure. Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological). 30 (3): 582-598.

Hutchinson, G. E. 1957. Concluding remarks. Cold spring Harb. Symp Quant. Biol., 22: 415-427.

Huston, M. 1979. A general hypothesis of species diversity. The American Naturalist, 113: 81-101.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. Sinopse do Censo Demográfico 2010/ Ceará. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=29&uf=23> Acesso em: 26 de março de 2019.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2017. Pesquisa Produção agrícola - Lavoura temporária Santana do Cariri/CE. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/santana-do-cariri/pesquisa/14/10193> Acesso em: 26 de março de 2019.

Janz, N. 2005. The relationship between habitat selection and preference for adult and larval food resources in the polyphagous butterfly Vanezza cardui (Lepidoptera: Nymphalidae). Journal of Insect Behavior, 18: 767-780.

Janzen, D. H. 1984. Two ways to be a tropical big moth: Santa Rosa saturniids and sphingids. Oxford Surv. Evol. Biol., 1: 85-144.

Jari Oksanen, F., Blanchet, G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D. *et al*. (2018). vegan: Community Ecology Package. R package version 2.5-2. https://CRAN.R-project.org/package=vegan.

Laroca, S. & Mielke, O. H. H. 1975. Ensaios sobre ecologia de comunidade em Sphingidae da Serra do Mar, Paraná, Brasil (Lepidoptera). Rev.Brasil. Biol., 35 (1): 1-19.

Laroca, S.; Becker, V. O & Zanella, F. C. V. 1989. Diversidade, abundância relativa e fenologia em Sphingidae (Lepidoptera) na Serra do Mar (Quatro Barras, PR), Sul do Brasil. Acta Biol. Par., 18 (1,2,3,4): 13-53.

Lopes, A. V.; Medeiros, P. C; Aguiar-Neto, A. V. & Machado, I. C. 2006. Esfingídeos.1: 229-235.

Kawahara, A. Y.; Mignault, A. A.; Regier, J. C.; Kitching, I. J. & Mitter, C. 2009 Phylogeny and Biogeography of Hawkmoths (Lepidoptera: Sphingidae): Evidence from Five Nuclear Genes. Plos One, 4 (5): 1-11.

Kingsolver, J. G. 1985. Thermal ecology of Pieris butterflies (Lepidoptera: Pieridae): a new mechanism of behavioral thermoregulation. Oecologia, 66: 540-545.

Kitching, I.J.; J. M. Cadiou. 2000. Hawkmoths of the world: an annotated and illustrated revisionary checklist (Lepidoptera: Sphingidae). Cornell University Press, Ithaca. 227 p.

Kitching, I. J., 2018. Sphingidae Taxonomic Inventory [www Document]. Sphingidae Taxon. Invent. Disponível em: <http://sphingidae.myspecies.info/>. Acessado em: 5/5/18.

Magalhães, A. O. 2006. Análise ambiental do alto curso da microbacia do rio da Batateira no município do Crato/CE: subsídios ao zoneamento ecológico-econômico. Mestrado (Dissertação) na Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 200 p.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. 2005. Análise das variações da biodiversidade do bioma Caatinga: suporte a estratégias regionais de conservação. Org.: Francisca Soares de Araújo, Maria Jesus Nogueira Rodal, Maria Regina de Vasconcelos Barbosa. Biodiversidade, 12. Brasília: MMA. 446 p.

Magurran, A. E. 1988. Ecological Diversity and its measurement. Princeton, Newjersey, l79p.

Magurran, A. E. 2004. Measuring biological diversity. Oxford, Blackwell Science, 256p.

Marinoni, R. C. & Dutra, R. R. C. 1991. Levantamento da fauna entomológica no estado do Paraná. I. Indrodução. Situações climática e florística de oito pontos de coleta. Dados faunísticos de agosto de 1986 a julho de 1987. Rev. Bras. Zool., 8: 31-73.

Marinoni, R. C.; Dutra, R. R. C. 1999. Levantamento da fauna entomológica no estado do Paraná. IV. Sphingidae (Lepidoptera). Diversidade alfa e estrutura de comunidade. Rev. Bras. Zool., 16 (2): 223-240.

Martin, A.; Soares, A. & Bizarro, J. 2011. Guia dos Sphingidae da Serra dos Órgãos, sudeste do Brasil. Regua Publications, 143p.

Motta, C. S.; Ferreira, R. L. M. & Aguiar, N. O. 1991. Sobre a esfingofauna da ilha de Maracá e da serra de Pacaraima, Roraima (Lepidoptera, Sphingidae). Acta Amazonica, 21: 319-324.

Motta, C. S. Aguilera-Peralta, F. J. & Andreazze, R. 1998. Aspectos da Esfingofauna (Lepidoptera: Sphingidae), em área de terra firme, no estado do Amazonas, Brasil. Acta Amazonica, 28(1): 75-92.

Motta, C. S. & Andrazze, R. 2001. Esfingofauna (Lepidoptera: Sphingidae) do Parque Nacional do Jaú e arredores, Amazonas, Brazil. Acta Amazonica, 31(4): 643-654.

Motta, C. S. & Xavier-Filho, F. F. 2005. Esfíngídeos (Lepidoptera, Sphingidae) do município de Beruri, Amazonas, Brasil. Acta Amazonia, 35(4): 457-462.

Myers, N., R. A. Mittermeier, C.G. Mittermeier, G.A.B. da Fonseca & J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature, 403: 853-858.

Nenadic, O. & Greenacre, M. (2007). Correspondence analysis in R, with two- and three-dimensional graphics: The ca package. Journal of Statistical Software, 20 (3).

New, T. R. 2004. Moths (Insecta: Lepidoptera) and conservation: background and perspective. Journal of Insect Conservation, 8: 79-94.

Oksanen, J.; Blanchet, F. G.; Friendly, M; Kindt, R.; Legendre, P. *et al*. 2017. vegan: Community Ecology Package. R package version 2.5-2. https://CRAN.R-project.org/package=vegan.

Oliveira, M. E. 2004. Mapeamento, florística e estrutura da transição campo floresta na vegetação (cerrado) do Parque Nacional de Sete Cidades, Nordeste do Brasil. Tese (Doutorado) da Universidade de Campinas, Campinas, SP, 151 p.

Oliveira, L. B. 2014. Importância das fitofisionomias e estações climáticas na distribuição espacial e temporal de mariposas noturnas (Lepidoptera: Arctiinae, Saturniidae e Sphingidae) no Parque Estadual dos Pireneus, GO. Tese (Doutorado) da Universidade de Brasília, Brasília, DF, 166p.

Osman, R. W. 1978. The influence of seasonality and stability on the species equilibrium. Ecology, 59 (2): 383-399.

Patefield, W. M. (1981) Algorithm AS159. An efficient method of generating r x c tables with given row and column totals. Applied Statistics, 30: 91-97.

Peet, R. K. 1974. The measurement of species diversity. Annual Review of Ecology and Systematics 5: 285-307.

Pianka, E. 1973. The structure of lizard communities. Annual Review of Ecology and Systematics 4: 53-74.

Pielou, E. C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. Journal of Theoretical Biology, 13: 131-144.

Prieto, C. & Dahners, H. W. 2009. Resource utilization and environmental and spatio-temporal overlap of a hill topping Lycaenid butterfly community in the Colombian Andes. Journal of Insect Science 9: 1-12.

Pittaway, A. R. 1993. The hawkmoths of the Western Palaearctic, 240p.

Primack, R. B. & Rodrigues, E. Biologia da Conservação. Londrina, Gráfica Editora Midiograf, 2001.

Primo, L. M.; Duarte, J. A. & Machado, I. C. 2013. Hawkmoth fauna (Sphingidae, Lepidoptera) in a semi-deciduous rainforest remnant: composition, temporal fluctuations, and new records for northeastern Brazil. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 85(3): 1177-1188.

Preston, F. W. 1948. The commonness, and rarity, of species. Ecology, 29: 254-283.

Preston, F. W. 1960. Time and Space and the Variation of Species. Ecology, 41(4): 611-627.

R Development Core Team. 2012. R: A Language and Environment for Statistical Computing, R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. http://www.R-project.org.

Reis, G. P.; Silva, F. M. A & Silva, J. M. O. 2012. Eventos extremos de chuva na porção a barlavento da Chapada do Araripe – CE no período chuvoso de 2011. Revista Geonorte, 2 (5): 988-999.

Rocha, F.D. 1954. Subsídios para o Estudo da Fauna Cearense. Revista do Instituto do Ceará, 68: 185 - 204.

Rogers, C. E., O. G. Marti, A. M. Simmons, e J. F. Silvain. 1990. Host gama de Noctuidonema guyanense (Nematoda: Aphelenchoididae): um ectoparasita de traças na Guiana Francesa. Ambient Entomology 19: 795-798.

Rubinoff, D.; Powell, J. A. 2004. Conservation of fragmented small populations: endemic species persistence on California's smallest channel island. Biodivers Conserv., 13 (13): 2537- 2550.

Sánchez-Bayo, F. & Wyckhuys, K. A. G. 2019.Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. 232: 8-27.

Santos, B.A., Peres, C.A., Oliveira, M.A., Grillo, A., Alves-Costa, C.P. & Tabarelli, M. 2008. Drastic erosion in functional attributes of tree assemblages in Atlantic forest fragments of northeastern Brazil. Biol. Conserv. 141: 249–260.

Saari, P., Forslund, K., Bork, P. & Hildebrand, F. (2017). RTK: efficient rarefaction analysis of large datasets. R package version 0.2.5.7, <URL: https://github.com/hildebra/Rarefaction>.

Schilling, A. C.; Batista, J. L. F; Couto, H. Z. 2012. Ausência de estabilização da curva de acumulação de espécies em florestas tropicais. Ciência Florestal, Santa Maria, 1 (22): 101-111.

Seifert, R. P. 1974. The Sphingidae of Turrialba, Costa Rica. Journal of the New York Entomological Society, 82: 45-56.

Shapiro, S. S. & M. B. Wilk. 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). Biometrika, 52 (3/4): 591-611.

Silva, N. A. P.; Frizzas, M. R. & Oliveira, C. M. 2011. Seasonality in insect abundance in the “Cerrado” of Goiás State, Brazil. Revista Brasileira de Entomologia, 55: 79-87.

Simmons, A. M. & Rogers, C. E. 1996. Ectoparasitic Acugutturid Nematodes of adult Lepidoptera. Journal of Nematology, 28 (1): 1-7.

Trapletti, A. e Hornik, K. 2013. tseries: Time Series Analysis and Computational Finance. R package version 0.10-32.

Van Swaay, C. A. M; Nowicki, P.; Settele, J.; Van Strien, A. J. 2008. Butterfly monitoring in Europe: methods, applications and perspectives. Biodiversity and Conservation, 17: 3455-3469.

Vieira, K. C. R.; Moraes, S. S.; Chiquetto-Machado, P. I. & Duarte, M. 2015. Crepuscular and nocturnal hawkmoths (Lepidoptera: Sphingidae) from a fragment of Atlantic rainforest in the state of São Paulo, southeastern Brazil. Florida Entomologist, 98 (1): 342-348.

Vitt, L. J. & Zani, P. A. 1996. Organization of a taxonomically diverse lizard assemblage in Amazonian Ecuador. Can. J. Zool., 74: 1313-1335.

White, E. G. 1991. The changing abundance of moths in a tussock grassland, 1962-1989, and 50- to 70-year trends. New Zealand Journal of Ecology, 15: 5-22.

Yee, T. W.; Stoklosa, J. & Huggins, R. M. 2015. The VGAM Package for Capture-Recapture Data Using the Conditional Likelihood. Journal of Statistical Software, 65(5): 1-33. URL http://www.jstatsoft.org/v65/i05/.

Zar, J. H. 2010. Biostatistical Analysis. 5th Edition. Pearson Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ. 2010. 944

Zikan, J. F. & Zikan, W. 1968. Inseto-Fauna do Itatiaia e da Mantiqueira. III. Lepidoptera. Pesq. Agropec. Bras. 3: 45-109.

Zimmerman, B. L. & Rodrigues, M. T. 1990. Frogs, snakes, and lizards of the INPA-WWF Reserves near Manaus, Brasil. pp. 427-454. In: Gentry, A. H. (ed.). Four Neotropical Rainforests. New Haven: Yale University.

Zuur, A. F., Ieno, E. N. & Elphick, C. S. 2010. A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. Methods in Ecology and Evolution, 1: 3-14.

Zwick, A. 2008. Molecular phylogeny of Anthelidae and other bombycoid taxa (Lepidoptera: Bombycoidea). Systematic Entomology, 33 (1): 190-209.

Zwick, A.; Regier, J. C.; Mitter, C; Cummings, M. P. 2011. Increased gene sampling yields robust support for higher-level clades within Bombycoidea (Lepidoptera). Systematic Entomology, 36 (1): 31-43.

Capítulo 2. Acarofauna (Acari: Erythraeidae e Otopheidomenidae) associada a esfingofauna (Lepidoptera: Sphingidae) em uma área da Chapada do Araripe, Santana do Cariri, Ceará, Brasil

2.1 *Abstract*

Some groups of mites are known to parasitize sphingids moth (Lepidoptera: Sphingidae). All research about ectoparasite mites in this group of moths was done from specimens from collections. This is a pioneering study with the objective of prospecting for ectoparasite mites in newly captured sphingids, in order to have more accurate information about the species of mites that occur, if there is specificity of action and to better understand the parasite / host relationship. This study was realized in an area of Chapada do Araripe, in the municipality of Santana do Cariri (7 ° 12'33 "S, 39 ° 43'22" W, 750 m), Ceará, Brazil. For this purpose, sampling was carried out for two years, from August 2016 to July 2018. The sphingids moth were attracted by an artificial light source, actively collected and the mites collected from them. Of 3,690 specimens from 38 sphingids moth species with representatives of both sexes, 120 individuals of 18 species showed mites, with a total prevalence of 3.3%. Four species of mites were found: *Prasadiseius donahuei* (Prasad), *Prasadiseius cocytes* (Prasad) (Otopheidomenidae), *Callidosoma selmae* Costa, Klompen, & Santos and *Caeculisoma* sp. (Erythraeidae). Seasonality proved to be important for hosts and parasites and there was no preference between the infestation sites. In this research, it was also registered for the first time a sphingids moth infested by two species of otopheidomenid mites. *Erinnyis ello ello* (Linnaeus) was the most abundant species and was also the most parasitized. Of the four species of mites found, three parasitized this moth. The largest parasitism descriptors were also recorded for this host. *Erinnyis ello ello* is considered a species of economic importance, mainly for the cultivation of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). Of the 662 mites found, 506 were *P. donahuei* on *E. ello ello*. The potential of this mite as an agent for biological control of populations of this insect should be better investigated. Thus, the present study comes as an initiative to stimulate new research and support future experiments.

Keywords: parasitism, mites, sphingids moth, *Prasadiseius donahuei*, descriptors of parasitism

2.2 Resumo

Alguns grupos de ácaros são conhecidos por parasitar esfingídeos (Lepidoptera: Sphingidae). Todas as pesquisas sobre ácaros ectoparasitos nesse grupo de mariposas foram feitas a partir de espécimes de coleções. Este é um estudo pioneiro com o objetivo de realizar uma prospecção de ácaros ectoparasitos em esfingídeos recém capturados, para se ter informações mais precisas sobre as espécies de ácaros que ocorrem, se há especificidade de ação e conhecer melhor a relação parasito/hospedeiro. Esse estudo foi realizado em uma área da Chapada do Araripe, no município de Santana do Cariri (7°12'33"S, 39°43'22"W, 750 m), Ceará, Brasil. Para tanto, foram realizadas amostragens durante dois anos, de agosto de 2016 a julho de 2018. Os esfingídeos foram atraídos por fonte luminosa artificial, coletados ativamente e os ácaros coletados desses. De 3.690 espécimes de 38 espécies de esfingídeos com representantes de ambos os sexos, 120 indivíduos de 18 espécies apresentaram ácaros, com prevalência total de 3,3%. Quatro espécies de ácaros foram encontradas: *Prasadiseius donahuei* (Prasad), *Prasadiseius cocytes* (Prasad) (Otopheidomenidae), *Callidosoma selmae* Costa, Klompen, & Santos e *Caeculisoma* sp. (Erythraeidae). A sazonalidade se mostrou importante para hospedeiros e parasitos e não houve preferência entre os sítios de infestação. Nessa pesquisa também foi registrado pela primeira vez um esfingídeo infestado por duas espécies de otofeidomenídeos. *Erinnyis ello ello* (Linnaeus) foi a espécie mais abundante e também foi a mais parasitada. Das quatro espécies de ácaros encontradas, três parasitavam essa mariposa. Os maiores descritores de parasitismo também foram registrados para esse hospedeiro. *Erinnyis ello ello* é considerada uma espécie com importância econômica, principalmente para acultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). Dos 662 ácaros encontrados, 506 eram *P. donahuei* sobre *E. ello ello.* O potencial desse ácaro como agente de controle biológico de populações desse inseto deve ser melhor investigado. Dessa forma, o presente estudo vem como uma iniciativa para estimular novas pesquisas e apoiar experimentos futuros.

Palavras-chave: parasitismo, ácaros, esfingídeos, *Prasadiseius donahuei*, descritores de parasitismo

2.3 Introdução

Os ácaros são organismos diminutos, com menos de um milímetro de comprimento de corpo, a grande maioria apresenta em média 300 µm e são considerados o segundo grupo mais diverso de artrópodes depois dos insetos. Habitam diferentes ambientes como solo, água, plantas, animais, locais de armazenamento de alimentos, entre outros (Moraes & Flechtmann, 2008). Estima-se que o número de espécies descritas seja superior a 55.000, distribuídas em mais de 5.500 gêneros, cerca de 1.200 subgêneros distribuídos em 540 famílias, porém os ácaros ainda são pouco conhecidos em áreas tropicais, levando-se a uma estimativa de que o número real de espécies esteja entre 500.000 a 1.000.000 (Krantz & Walter, 2009).

Em ácaros geralmente ocorre reprodução sexuada que se dá pela transferência direta de espermatozóides ou por espermatóforos; há também reprodução por partenogênese e nessa modalidade, as mais comuns são: telitoquia, arrenotoquia e pseudoarrenotoquia. O ciclo de vida, na maioria dos ácaros, tem início com a oviposição. Do ovo, geralmente, eclode uma larva hexápode, que é seguida de um ou mais estágios imaturos, todos octópodes, que são denominados protoninfa, deutoninfa e, em alguns casos, pode haver uma tritoninfa e posteriormente ocorre a fase adulta. Adultos, geralmente, também apresentam quatro pares de pernas, embora em alguns grupos, principalmente em Prostigmata, possa haver uma redução nos pares de pernas como em Eriophyoidea, cujos representantes apresentam apenas dois pares e em formas especializadas, como observado em Tenuipalpidae, nas espécies de *Larvacarus* Baker & Pritchard, *Raoiellana* Baker & Tuttle e em algumas espécies de *Phytoptipalpus* Trägardh.

Ácaros são importantes principalmente nos setores econômicos, agropecuário e médico. Embora muitas espécies de ácaros sejam de vida livre, existem aquelas que se alimentam de plantas e de animais. Muitos ácaros são parasitos durante um ou mais estágio de seu ciclo de vida e podem ser vetores de patógenos aos hospedeiros. Segundo Krantz & Walter, 2009 os ácaros estão entre os principais vetores de doenças para animais em todo o mundo.

Dentre os ácaros parasitos podem-se destacar os Otopheidomenidae, pertencente à Phytoseioidea, conhecidos por parasitarem insetos da ordem Lepidoptera em vários países das regiões de clima tropical e temperado do mundo. Essa família está dividida em duas subfamílias: Otopheidomeninae e Prasadiseiinae. A primeira contempla dois gênero e quatro espécies: *Noctuiseius batoridgi* Prasad, *N. Treati* Prasad, *Otopheidomenis ascalaphae* Syed & Goff e *O. zalelestes* Treat. E, a segunda, com um gênero e oito espécies: *Prasadiseius achlora*, *P. aporodes*, *P. cocytes*, *P. donahuei*, *P. incanus*, *P. indicus*, *P. kayosiekeri* e *P. pholusis*, todas descritas por Prasad, exceto *P. incanus* que foi descrita por Prasad & Guanilo. Otopheidomeninae e Prasadiseiinae são restritas a Noctuidae e Sphingidae (Lepidoptera),

respectivamente (Treat, 1955; Prasad, 1968; 1970; 1972; 1973; Syed & Goff, 1983; Prasad *et al*., 2011; Prasad, 2020).

Otopheidomenidae é considerado um grupo monofilético, com poucas exceções, por apresentar perda ou redução do dígito fixo das quelíceras; pela posição terminal do ânus; com redução no número de cerdas no idiossoma, nas pernas e palpos (Zhang, 1995; Prasad, 2018; 2020).

O ciclo de vida dos otofeidomenídeos consiste em ovo, larva, protoninfa, deutoninfa e adultos com os dois sexos presentes. A indicação do desenvolvimento completo de uma população desses ácaros consiste na presença de adultos de ambos os sexos, bem como muitos indivíduos imaturos (Costa, 1968). Ácaros dessa família foram primeiramente descritos de Noctuidae da América do Norte (Treat, 1955), com a expansão dos estudos, novos hospedeiros foram registrados, incluindo Sphingidae e novas regiões de ocorrência como América do Sul, África e Índia foram acrescentadas (Zhang, 1995).

Representantes de Prasadiseiinae são encontrados usualmente em depressões do tórax e abdômen dos esfingídeos (Prasad, 1968; Lindquist *et al*., 2009). *Prasadiseius* Wainstein é um gênero bem definido e seu monofiletismo é apoiado por 12 características, entre elas: a) serem ectoparasitos de Sphingidae; b) escudo dorsal inteiro, liso anteriormente e com recortes profundos nas margens laterais, que divide o escudo em região podonotal e opistonotal; c) região podonotal com 8-9 pares de setas dorsais; d) setas j1 ausentes; e) apenas um par de setas pré-anais (JV1) presentes; f) tritosterno ausente; g) escudo anal com ânus terminal (Prasad, 2011a).

Um total de 151 gêneros e 623 espécies de esfingídeos em todo o mundo já foi estudado a partir de espécimes depositados em coleções de museus e desses, 30 gêneros e 47 espécies foram encontradas infestadas por otofeidomenídeos em 24 países (Prasad, 1975; 2011b; 2013b). Resultados esses conseguidos após uma compilação de 13 referências publicadas entre 1970 e 2018 (Apêndice 2.1).

Um total de oito espécies de otofeidomenídeos foi descrito parasitando esfingídeos. *Prasadiseius achlora* e *P. aporodes* foram registrados para Uganda (Prasad, 1972), enquanto *P. cocytes* foi encontrado no Brasil, Colômbia, Equador, Guatemala, Malásia, México e Peru (Prasad, 2011b; 2013a); *P. donahuei* foi constatado em Cuba, Estados Unidos, Guatemala, México, Peru e Venezuela (Prasad, 1970; 2013a); *P. indicus* foi encontrado na Índia (Prasad, 1973); *P. incanus* foi assinalado para o Peru (Prasad *et al.*, 2011); *P. kayosiekeri* encontrado no Brasil, Guatemala, Honduras, Panamá e Peru) (Prasad, 1970, 2013b) e por fim, *P. pholusis* que teve seus registros para Bolívia, Equador, Guatemala e Honduras (Prasad, 1970, 2013b). Exceto *P. incanus* que foi coletado em campo, todas as outras espécies foram descritas a partir de

inspeção em exemplares de coleções (Prasad, 2011a).

Até o presente, todas as espécies de esfingídeos investigadas no Brasil quanto à presença de ácaros foram procedentes de coleções, sendo elas: *Aellopos fadus* (Cramer), *Agrius cingulata* (Fabricius), *Cocytius duponchel* (Poey), *Erinnyis alope* (Drury), *Erinnyis crameri* (Schaus), *Erinnyis ello ello* (Linnaeus), *Erinnyis lassauxii* (Boisduval), *Eumorpha satellita* (Linnaeus), *Eupyrrhoglossum sagra* (Poey), *Enyo lugubris* (Linnaeus), *Enyo ocypete* (Linnaeus), *Isognathus swainsonii* Felder & Felder, *Manduca hannibal* (Cramer), *Manduca rustica* (Fabricius), *Neogene corumbensis* Clark, *Neogene dynaeus* (Hübner), *Pachylia ficus* (Linnaeus), *Pachylia darceta* Druce, *Pachylioides resumens* (Walker), *Protambulyx eurycles* (Herrich-Schäffer), *Pseudosphinx tetrio* (Linnaeus), *Xylophanes chiron nechus* (Cramer), *Xylophanes porcus* (Hübner) e *Xylophanes tersa* (Linnaeus). Destas, cinco: *C. duponchel*, *M. rustica*, *E. ocypete*, *P. darceta* e *P. resumens* apresentaram otofeidomenídeos.

Além das espécies anteriormente citadas, exemplares procedentes do Brasil e mantidos em outros países foram também examinados. Não apresentaram otofeidomenídeos: *Cocytius antaeus* (Drury), *Eumorpha fasciatus* (Sulzer), *Manduca florestan* (Cramer), *Manduca jasminearum* (Guérin) e *Manduca sexta* (Linnaeus) nos USA; *Isognathus caricae* (Linnaeus) no Peru, *Manduca albiplaga* (Walker) no Panamá; *Protambulyx strigilis* (Linnaeus) no Equador; *Xylophanes anubus* (Cramer), *Xylophanes thyelia* (Linnaeus) e *Xylophanes titana* (Druce) na Guatemala; *Eumorpha vitis* (Linnaeus) no México e USA; *Manduca diffissa* (Bütler) no Chile e Equador; *Phryxus caicus* (Kramer) no Peru e USA; e ainda *Xylophanes pluto* (Fabricius) na Guatemala, México e USA. Apenas em *Madoryx plutonius* (Hübner), presente na Guatemala e *Enyo gorgon* (Cramer) do Equador foi registrada a presença de *P. donahuei* (Prasad, 2013b).

Erythraeidae é uma grande e diversa família de ácaros cujas larvas são tipicamente parasitos de outros artrópodes, embora larvas de algumas espécies sejam parasitos de vertebrados, enquanto geralmente os estágios pós-larvais apresentam vida livre e/ou são predadores. Muitas espécies são turfeiras, avermelhadas encontradas em uma ampla gama de habitats edáficos e arbóreos em todo o mundo. Representantes dessa família são morfologicamente reconhecidos por apresentar gnatossoma inteiramente retrátil dentro do idiossoma, ou com somente as quelíceras retráteis em adultos; quelíceras com dígito móvel com forma de estilete; sem papila genital ou tubérculo pré-genital e com larva moderadamente a fortemente heteromórfica. É, quando comparado a outros grupos de ácaros, excepcionalmente bem representado no registro fóssil, principalmente em âmbar do cretáceo (Krantz & Walter, 2009).

Erythraeidae tem oito subfamílias incluídas, com aproximadamente 60 gêneros e 823

espécies. Quatro das subfamílias, Erythraeinae, Callidosomatinae, Abrolophinae e Balaustiinae são diversas assembléias de gêneros, enquanto Phanolophinae, Myrmicotrombidiinae, Leptinae e Augustsonellinae são taxa monotípica. Myrmicotrombidiinae e Phanolophina não ocorrem no Brasil (Southcoot, 1995; Krantz &Walter, 2009; Makol & Wohltmann, 2012).

Em Callidosomatinae a tribo Callidosomatini é composta por 12 gêneros: *Andrevella* Southcott, *Caeculisoma* Berlese, *Callidosoma* Womersley, *Carastrum* Southcott, *Cedidopus* Karsch, *Charletonia* Oudemans, *Dambullaeus* Haitlinger, *Harpagella* Southcott, *Iguatonia* Haitlinger, *Momorangia* Southcott, *Neoabrolophus* Khot e *Pussardia* Southcott. Segue subsequentemente o número de espécie em cada gênero: *Charletonia* apresenta 115 espécies; *Cecidopus* com sete; *Momorangia* e *Neoabrolophus* possuem quatro espécies, reconhecidas como ectoparasitos de Hemiptera (Auchenorrhyncha) e Lepidoptera (Schooucth, 1972; Zheng, 2002). Os gêneros *Andrevella* e *Carastrum* com duas espécies e *Dambullaeus*, *Harpagella* e *Iguatonia* como uma única espécie cada. Para *Caeculisoma* foram descritas 22 espécies, com larvas de vida livre ou capturadas em insetos alados pertencentes à Lepidoptera e Orthoptera. *Caeculisoma* é conhecido da Austrália, Nova Zelândia, África, Ásia e América do Sul. Duas espécies de *Caeculisoma* foram registradas para a América do Sul, *Caeculisoma tuberculatum* Berlese com ocorrência em Argentina e Paraguai e *Caeculisoma nestori* Haitlinger que foi descrita do Brasil (Southcott, 1972; Zheng, 2002; Haitlinger, 2004; Beron, 2008; Munoz-Cárdenas *et al*., 2015). Já *Callidosoma* compreende 25 espécies, descritas a partir de larvas de vida livre ou ectoparasitos de insetos alados pertencentes à Diptera, Hemiptera, Lepidoptera e Orthoptera (Makol & Wohltmann, 2012; Clark, 2014; Costa *et al*., 2017). Geralmente as espécies de Erythraeidae foram descritas a partir de larvas, apenas para quatro espécies os estágios pós-larvais são conhecidos. No entanto, em *Callidosoma ripicolum* (Womerseley) e *Callidosoma cassiculophylla* Bernardi, Wohltmann & Ferreira somente a fase adulta é conhecida.

Das cinco espécies registradas para o Brasil, em quatro, *Callidosoma leodegari* Haitlinger, *Callidosoma selmae* Costa, Klompen, & Santos, *Callidosoma wallaceanum* (Southcott) e *Callidosoma welbourni* (Treat) apenas as larvas são conhecidas e *C. cassiculophylla* foi descrita do Brasil a partir de adultos encontrados sobre aranhas do gênero *Loxosceles* Heinecken & Lowe (Southcott 1972; Treat, 1985; Haitlinger 2004; Bernardi *et al.*, 2017; Costa *et al*., 2017). Larvas de *Callidosoma* e *Caeculisoma* são morfologicamente próximas, mas a separação entre esses gêneros é válida a partir do reconhecimento da sensila anterior de *Caeculisoma* que é posterior ao nível da cerda lateral mediana (LM) do escudo, enquanto que em *Callidosoma* a sensila anterior pode ser antes ou no mesmo nível da cerda lateral mediana (LM).

Visto isso, o objetivo desse estudo foi conhecer ácaros ectoparasitos de esfingídeos, em uma área da Chapada do Araripe, no município de Santana do Cariri; pesquisar sobre a especificidade de ação desses em relação aos hospedeiros; investigar se há preferência por regiões do corpo do hospedeiro e conhecer os descritores de parasitismo como: prevalência, abundância, infestação média e amplitude de infestação dos ácaros nos esfingídeos.

2.4 Material e Métodos

2.4.1 Obtenção e identificação dos ácaros

Esse estudo foi realizado em uma área da Chapada do Araripe, no município de Santana do Cariri (7°12'33"S, 39°43'22"W, 750 m), Ceará, Brasil. Os esfingídeos foram atraídos por fonte luminosa artificial, coletados ativamente. Coletas foram realizadas durante dois anos, de agosto de 2016 a julho de 2018. Os esfingídeos coletados passaram por prospecção dos ácaros no Laboratório de Entomologia e Acarologia da Universidade Regional do Cariri LEA/URCA. Esses foram examinados com o auxílio de um estereomicroscópio binocular (Nikon SMZ800N) quando encontrados, os ácaros foram retirados com um pincel de cerdas finas e acondicionados em microtubos com capacidade para cinco mL, preenchidos com álcool 70%, juntamente com a identificação do hospedeiro e da região do corpo do hospedeiro, onde estavam instalados. Nos casos de ácaros instalados em mais de uma região, esses foram separados em microtubos de acordo com a região e o pincel utilizado para extrais os ácaros foi constantemente examinado e passado em álcool 70%, para evitar erros de contagem.

O corpo dos esfingídeos foi virtualmente dividido em oito regiões diferente, com o objetivo de se conhecer se há ou não preferência dos ácaros por se instalar nessas regiões. com base em informações prévias essas regiões foram designadas de sítios de infestação. Subsequentemente seguem os nomes e especificações desses sítios: S1 = asas; S2 = escleritos das bases das asas direitas; S3 = escleritos das bases das asas esquerdas; S4 = dorso do mesotórax; S5 = dorso do metatórax (cavidade entre o metatórax e o 1º tergo abdominal); S6 = ventre do metatórax (cavidade entre o metatórax e o 1º tergo abdominal); S7 = pernas; S8 = dorso do protórax; ainda um nono sítio, S9 foi estabelecido e considerado "sítio indeterminado", quando os ácaros foram encontrados soltos no envelope entomológico (Figura 17).

Os ácaros foram contados e para a identificação, em amostras com mais de 50 espécimes, 10 deles foram tomados aleatoriamente, foram montados individualmente entre lâminas e lamínulas para microscopia em meio de Hoyer (Walter *et al.*, 2009). Posteriormente foram secos em estufas de secagem por três dias. Depois de secas, as lâminas contendo os ácaros foram vedadas com esmalte incolor para evitar a entrada de ar e consequentemente o desenvolvimento de fungos. Os ácaros foram separados, identificados sob um microscópio óptico, com base em publicações especializadas, descrições e redescrições de espécies (Prasad, 2011a; b; Costa *et al*., 2017).

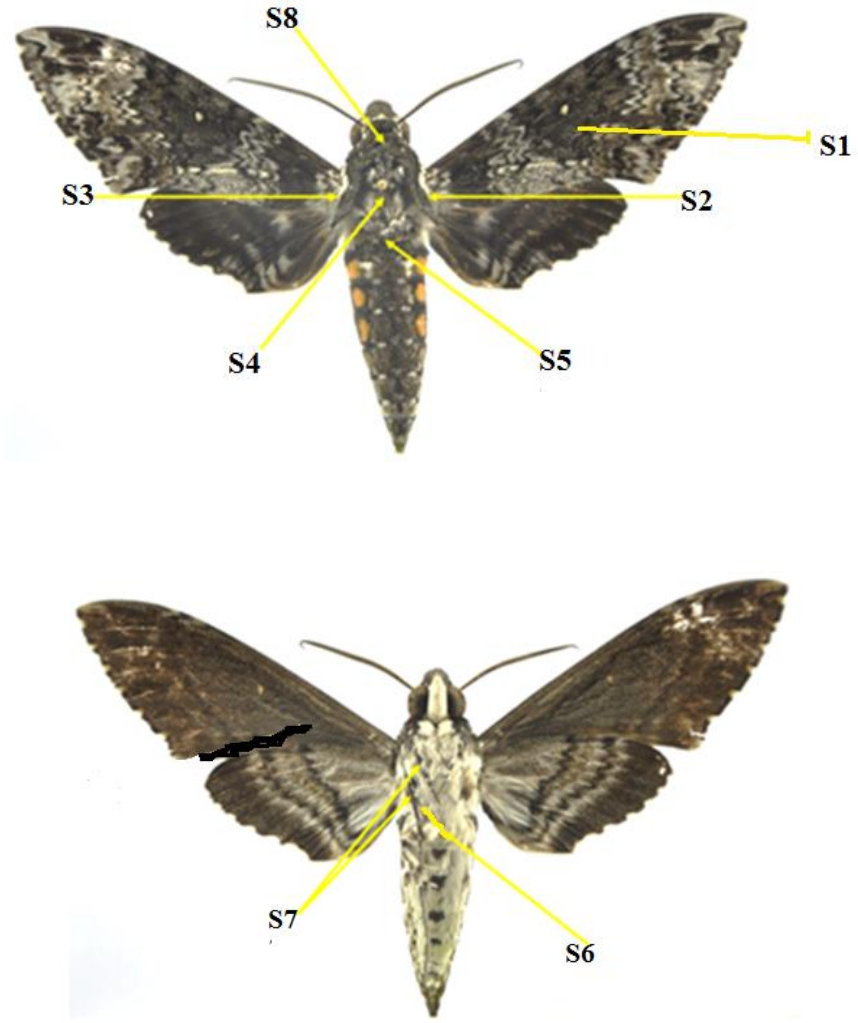


Figura 17 - Sítios de estabelecidos no corpo de um esfingídeos onde os ácaros foram prospectados. A) vista dorsal; b) vista ventral. S1 = asas; S2 = escleritos das bases das asas direitas; S3= escleritos das bases das asas esquerdas; S4 = dorso do mesotórax; S5 = dorso do metatórax (cavidade entre o metatórax e o 1º tergo abdominal); S6 = ventre do metatórax (cavidade entre o metatórax e o 1º tergo abdominal); S7 = pernas; S8 = dorso do protórax e uma nona região foi considerada; S9 que foi designada de "sítio indeterminado", quando os ácaros foram encontrados soltos no envelope entomológico.

Em caso de dúvidas durante o processo de identificação, a amostra era reavaliada e novas lâminas eram montadas. Todas as lâminas foram numeradas e receberam dados da coleta a partir dos espécimes de mariposas nas quais os ácaros foram encontrados. Hospedeiros e parasitos foram coletados por licença Número: 53836-3 concedida pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio.

Os exemplares montados, devidamente etiquetados e identificados, foram depositados no acervo da Coleção de Ácaros do Ceará do LEA/URCA.

2.4.2 Análise de dados

Os ácaros, sempre que possível, foram identificados até espécie. Nas amostras que apresentaram apenas ovos, a presença foi registrada, porém não contabilizados na obtenção dos Descritores de Parasitismo (DP), devido à dificuldade de se identificar ovos de algumas espécies de ácaros. Todas as espécies de esfingídeos que foram constatadas com pelo menos um ácaro, foram utilizadas nos cálculo. Os Descritores de Parasitismo foram calculados de acordo com Bush *et al*. (1997), através do software Parasitology 3.0, sendo eles: Prevalência (P), Intensidade Média de Infestação (IMI) e Abundância Média de Infestação (AMI). Onde:

a) **Prevalência** foi calculada utilizando-se o número de mariposas parasitadas, dividido pelo número de mariposas examinadas, multiplicando-se por 100, portanto, expressa em porcentagem:

$$\mathbf{P = \frac{N° \text{ de mariposas parasitadas}}{N° \text{ de mariposas examinadas}} \times 100}$$

b) **Intensidade Média de Infestação** foi calculada utilizando-se o número total de parasitos de uma determinada espécie pelo número total de mariposas parasitadas. É o número médio de parasitos por hospedeiro.

$$\mathbf{IMI = \frac{N° \text{ total de ácaros parasitos}}{N° \text{ de mariposas parasitadas}}}$$

c) **Abundância Média de Infestação** ou **densidade média de parasitismo** foi obtida pelo número total de parasitos na amostra, dividido pelo número total de mariposas parasitadas ou não. É a prevalência multiplicada pela intensidade média de infestação.

$$\mathbf{AMI = P \times IMI}$$

Para se determinar se houve ou não preferência de ácaros por algum sítio no corpo dos esfingídeos, utilizou-se o número total de espécimes de ácaros de cada espécie coletada em cada região do hospedeiro, Análise de Variância - ANOVA foi utilizada e as médias foram comparadas pelos testes de Tukey, com $p < 0,05$; para isso, o programa computacional Past 3.21 foi utilizado.

2.5 Resultados

Dos 3.690 espécimes de esfingídeos prospectados, representados por 38 espécies, 120 indivíduos de 18 espécies apresentaram ácaros, com uma prevalência total de 3,3%. Uma totalidade de 662 espécimes de quatro espécies de ácaros foi encontrada, sendo duas espécies de otofeidomenídeos (Acari: Otopheidomenidae), *P. donahuei* e *P. cocytes* e duas espécies de eritreídeos (Ácari: Erythraeidae), *C. selmae* e *Caeculissoma* sp. (Tabela 5). Com exceção de *Caeculisoma* sp., que ocorreu apenas no primeiro ano, as outras espécies foram registradas nos dois anos.

Erinnyis ello ello (Linnaeus) e *X. tersa* foram as duas espécies de esfingídeos parasitadas por três espécies de ácaros, *P. cocytes*, *P. donahuei* e *C. selmae.* Quatro espécies de esfingídeos, *A. cingulata*, *E. alope*, *Erinnyis impunctata* Rothschild & Jordan e *Hyles euphorbiarum* (Guérin-Méneville & Percheron) apresentaram duas espécies de ectoparasito. Dentre as espécies de esfingídeos registradas na presente pesquisa, 18 (*Adhemarius gannascus* (Stoll), *Callionima guiarti* (Debauche), *E. lugubris*, *E. ocypete*, *E. crameri*, *Erinnyis obscura* (Fabricius), *Erinnyis oenotrus* (Cramer), *E. fasciatus*, *Isognathus menechus* (Boisduval), *Madoryx oiclus* (Cramer), *M. diffissa tropicalis*, *M. florestan*, *N. dynaeus*, *P. ficus*, *P. resumens*, *Perigonia ilus* Boisduval, *Perigonia lusca* (Fabricius) e *X. pluto*) não apresentaram ácaros parasitos. (Tabela 5).

Todas as espécies de esfingídeos que foram encontradas com ectoparasitos tiveram representantes coletados dos dois sexos, porém em *C. grisescens*, *Eumorpha analis* (Rothschild & Jordan) e *I. caricae* apenas fêmeas foram encontradas parasitadas por ácaros e em *C. duponchel*, *M. rustica*, *Perigonia pallida* Rothschild & Jordan e *P. strigilis* apenas os machos.

Em sete espécimes de *E. ello ello* apenas ovos de otofeidomenídeos foram detectados. Os ovos grudados aos corpos dos espécimes de mariposas foram registrados em fevereiro e dezembro de 2017 e em março de 2018. Morfologicamente não se tem como identificar ovos em ácaros dessa família. Então, excluindo-se os ovos e utilizando-se as espécies de esfingídeos que apresentaram pelo menos um espécime de ácaro, um total de 2.506 espécimes de 18 espécies de esfingídeos foi analisado (Tabela 6).

Os maiores número de esfingídeos com ectoparasitos foram registrados para o mês de abril de 2017 e 2018, seguido por maio e março de 2018. Em abril do primeiro ano, nove espécies de mariposas apresentaram ácaros e nesse mesmo mês no segundo ano, foram oito espécies.

Tabela 5. Espécies de esfingídeos (Lepidoptera Sphingidae) e seus ácaros ectoparasitos (Acari: Otopheidomenidae, Erythraeidae), coletados em uma área da Chapada do Araripe, no município de Santana do Cariri, CE, de dezembro de 2016 a julho de 2018.

Espécie de esfingídeos	**N° de esfingídeos**	**N° de esfingídeos parasitados**	**Espécies de Ácaros**	**N° de ácaros**
Adhemarius gannascus	**1**			
Agrius cingulata	164	1	*Prasadiseius donahuei*	1
		3	*Callidosoma selmae*	3
Callionima grisescens	231	1	*Callidosoma selmae*	1
Callionima guiarti	71	-		-
Cocytius duponchel	10	1	*Prasadiseius donahuei*	1
Enyo lugubris	39	-		
Enyo ocypete	12			
Erinnyis alope	156	7	*Prasadiseius donahuei*	9
		1	*Prasadiseius cocytes*	4
Erinnyis crameri	5			
Erinnyis ello ello	1.676	52	*Prasadiseius donahuei*	506
		7	*Prasadiseius cocytes*	16
		14	*Callidosoma selmae*	17
Erinnyis impunctata	26	1	*Prasadiseius donahuei*	1
			Prasadiseius cocytes	1
Erinnyis obscura obscura	37			
Erinnyis oenotrus	8			
Enyo ocypete	12			
Eumorpha analis	10	1	*Prasadiseius donahuei*	1
Eumorpha fasciatus	2			
Eumorpha labruscae	65	2	*Prasadiseius cocytes*	21
Eumorpha vitis	80	4	*Prasadiseius cocytes*	19
Hyles euphorbiarum	332	2	*Prasadiseius donahuei*	2
		1	*Caeculisoma* sp.	1
Isognathus allamandae	54	3	*Prasadiseius donahuei*	6
Isognathus caricae	11	1	*Prasadiseius donahuei*	2
Isognathus menechus	2			
Madoryx oiclus	1			
Manduca diffissa tropicalis	3			
Manduca florestan	5			
Manduca paphus	48			
Manduca rustica	14	1	*Prasadiseius donahuei*	1
Manduca sexta	22	1	*Callidosoma selmae*	1
Neogene dynaeus	10			
Pachylia ficus	6			
Pachylioides resumens	1			
Perigonia ilus	1			
Perigonia lusca	1			
Perigonia pallida	58	1	*Prasadiseius donahuei*	1
Protambulyx strigilis	22	1	*Prasadiseius donahuei*	1
Pseudosphinx tetrio	15	2	*Prasadiseius donahuei*	18
Xylophanes pluto	1			
Xylophanes tersa	478	7	*Prasadiseius cocytes*	21
		1	*Prasadiseius donahuei*	4
		3	*Callidosoma selmae*	3
TOTAL = 38 espécies	3.690	120	4 espécies	662

Tabela 6 - Prevalência (%) de infestação de ácaros ectoparasitos em espécies de esfingídeos (Lepidoptera Sphingidae) em uma área da Chapada do Araripe, no município de Santana do Cariri, CE: de dezembro de 2016 a julho de 2018. * Prevalência % (n° de hospedeiro parasitado/ n° de hospedeiro examinados)

Espécie hospedeira	**Período**																**TOTAL**
	2016	**2017**								**2018**							
	dez	**jan**	**fev**	**abr**	**mai**	**jun**	**out**	**nov**	**dez**	**Jan**	**Fev**	**Mar**	**Abr**	**mai**	**jun**	**jul**	
Agrius cingulata				2,4 * (1/41)									10,0 (3/30)				**5,6 (4/71)**
Callionima grisescens													5,0 (1/20)				**5,0 (1/20)**
Cocytius duponchel														100,0 (1/1)			100,0 (1/1)
Erinnyis alope				4,7 (2/43)							50,0 (1/2)		7,8 (4/51)	7,7 (1/13)			**7,3 (8/109)**
Erinnyis ello ello	5,4 (2/37)	4,5 (4/88)	5,1 (14/275)	5,6 (15/270)	2,1 (2/95)	33,3 (1/3)	1,9 (1/53)		3,0 (9/303)	2,1 (5/242)	8,7 (4/46)	15,9 (10/63)	7,0 (7/100)	14,3 (1/7)	33,3 (1/3)		**4,8 (76/1.585)**
Erinnyis impunctata				14,3 (1/7)												50,0 (1/2)	**22,2 (2/9)**
Eumorpha analis												25,0 (1/4)					25,0 (1/4)
Eumorpha labruscae				14,3 (1/7)								25,0 (1/4)	5,9 (1/17)				**10,7 (3/28)**
Eumorpha vitis				12,5 (2/16)									22,2 (2/9)				**16,0 (4/25)**
Hyles euphorbiarum				2,0 (1/50)								1,4 (1/73)	1,9 (1/54)				**1,7 (3/177)**
Isognathus allamandae				5,9 (1/17)									25,0 (1/4)	25,0 (1/4)			**12,0 (3/25)**
Isognathus caricae												100,0 (1/1)					**100,0 (1/1)**
Manduca rustica														100,0 (1/1)			**100,0 (1/1)**
Manduca sexta								11,1 (1/9)									**11,1 (1/9)**
Perigonia pallida											20,0 (1/5)						**20,0 (1/5)**
Protambulyx strigilis														16,7 (1/6)			**16,7 (1/6)**
Pseudosphinx tetrio			16,7 (2/12)														**16,7 (2/12)**
Xylophanes tersa	100,0 (1/1)		20,0 (1/5)	0,5 (1/212)	3,3 (6/181)									5,3 (1/19)			**2,4 (10/418)**
Total de Espécies Hospedeiras = 18	**2**	**1**	**3**	**9**	**2**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**3**	**5**	**8**	**7**	**1**	**1**	**2.506**

Em maio e março de 2018 sete e cinco espécies de esfingídeos estavam infestadas. Três espécies de esfingídeos com ácaros foram registradas em fevereiro dos dois anos, mas apenas *E. ello ello* ocorreu nos dois anos, com 14 indivíduos parasitados no primeiro ano e quatro no segundo. Duas espécies de mariposas apresentando ácaros foram observadas em dezembro de 2016 e maio de 2017. Nos meses de janeiro, junho, outubro e dezembro de 2017 e janeiro e junho de 2018 apenas uma espécie apareceu parasitada, essa foi *E. ello ello*. Em novembro de 2017 e julho de 2018 também apenas uma única espécie apareceu parasitada *M. sexta* e *E. impunctata*, respectivamente. Em agosto e setembro dos dois anos nenhum ácaro foi encontrado sobre esfingídeos (Tabela 6).

A maior prevalência mensal (100%) foi encontrada para *C. duponchel* e *M. rustica* em maio de 2018 e para *X. tersa* em dezembro de 2016. *Erinnyis ello ello* foi a espécie de mariposa mais abundante (1.585 espécimes), mais frequentemente encontrada parasitada (em 14 meses) e que apresentou o maior número de ácaros ectoparasitos (76 espécimes) nos dois anos de estudo. De todos os meses em que essa espécie foi coletada, apenas um deles estava fora do período chuvoso. Nesse mês, outubro de 2017, uma menor prevalência de infestação (1,9%) foi confirmada. *Erinnyis ello ello* também, apresentou a maior prevalência de infestação mensal (33,3%), em junho dos dois anos. Porém, essa espécie apresentou os maiores números de espécimes parasitados em fevereiro e abril de 2017 (14 e 15, respectivamente) e em março e abril (10 e 7, respectivamente) do ano seguinte (Tabela 6).

Xylophanes tersa foi a segunda espécie de mariposa mais abundante (418 espécimes), mais frequentemente parasitada (em cinco meses) e foi também a segunda com maior número de ácaros parasitos (10 espécimes). Essa espécie apareceu parasitada somente nos meses do período chuvoso, com prevalência de infestação que variou de 0,5 a 100,0 %; sendo a maior prevalência registrada em dezembro de 2016 e uma prevalência total para a espécie foi de 2,4% (Tabela 6).

Erinnyis alope foi a terceira espécie de esfingídeo mais abundante (109 espécimes), frequentemente parasitada (em quatro meses) e foi também a terceira com maior número de parasitos (8 espécimes). Essa espécie também apareceu parasitada somente nos meses do período chuvoso, com prevalência de infestação que variou de 4,7 a 50,0 %; sendo a maior prevalência observada em fevereiro de 2018 e uma prevalência total para a espécie de 7,3% (Tabela 6).

Todas as demais espécies de esfingídeos em estudo apareceram parasitadas em uma frequência igual ou menor que três. Sendo que, em um conjunto de nove delas, apenas *P. tetrio* apresentou mais de um espécime parasitado. *Cocytius duponchel*, *I. caricae* e *M. rustica* foram observadas parasitadas também uma única vez nos dois anos, no período chuvoso de 2018, apenas um espécime de cada. É notória a presença dos esfingídeos e de seus ácaros parasitos no período chuvoso para a região (Tabela 6).

No que se refere aos descritores de parasitismo, as maiores prevalências foram encontradas para *P. donahuei* sobre *P. tetrio* (13,3%), *C. duponchel* (10,0%) e *Eumorpha analis* (10,0%). A maior intensidade média de infestação (10,5 ácaros/mariposa) foi registrada quando *P. cocytes* parasitou *Eumorpha labruscae* (Linnaeus), seguida por *P. donahuei* em *E. ello ello* (9,7 ácaros/mariposa) *e P. cocytes* em *E. vitis* (4,8 ácaros/mariposa). A maior abundância média de infestação foi vista em *P. cocytes* sobre *E. labruscae* (32,6) e *E. vitis* (24,0) e em *P. donahuei* sobre *E. ello ello* (30,1) (Tabela 7).

Em *E. ello ello* quatro espécimes foram parasitados com mais de uma espécie de ácaro, sendo que em três deles com parasitos de representantes de famílias diferentes e em um, da mesma família. Em dois deles ocorreu *P. donahuei* e *C. selmae*. No primeiro, os ácaros estavam compartilhando o mesmo sítio de infestação e no outro *C. selmae* foi encontrado fora do corpo do hospedeiro, solto no envelope entomológico. Já o terceiro espécime de *E. ello ello* parasitado por *P. cocytes* e *C. selmae,* os dois parasitos foram registrados fora do corpo do hospedeiro, em sítio indeterminado. No entanto, em um único espécime de *E. ello ello* representantes de duas espécies de *Prasadiseius* foram encontradas, porém em sítios de infestação diferentes. Situação semelhante ocorreu com *E. impunctata*.

Prasadiseius donahuei foi encontrada sobre 14 espécies de esfingídeos: *A. cingulata, C. duponchel, E. alope, E. ello ello, E. impunctata, E. analis, Hyles euphorbiarum* (Guérin-Méneville & Percheron), *Isognathus allamandae* (Clark), *I. caricae, M. rustica, P. pallida, P. strigilis, P. tetrio* e *X. tersa. Prasadiseius cocytes* sobre seis: *E. alope, E. ello ello, E. impunctata, E. labruscae, E. vitis* e *X. tersa. Callidosoma selmae* em cinco: *A. cingulata, C. grisescens, E. ello ello, M. sexta* e *X. tersa.* No entanto, um único espécime de *Caeculisoma* sp. foi registrado parasitando *H. euphorbiarum* (Tabela 7).

A espécie de ácaro mais abundante foi *P. donahuei,* com 554 espécimes, seguida de *P. cocytes* com 82. *Callidosoma selmae* apresentou 25 espécimes e *Caeculisoma* sp. apenas um. Com relação à frequência, *P. donahuei* também foi a que mais ocorreu, sendo observada em 13 meses, dois deles referentes ao período seco (out/17 e julho/18), enquanto *C.*

Tabela 7 - Descritores de Parasitismo (DP) de ácaros (Acari: Otopheidomenidae, Erythraeidae) em esfingídeos (Lepidoptera: Sphingidae) em uma área da Chapada do Araripe, no município de Santana do Cariri, CE: de dezembro de 2016 a julho de 2018.

Espécie de esfingídeos	**NE***	**NSP•**	**Espécies de Ácaros**	**NA♥**	**P(%)**	**IMI**	**AMI**
Adhemarius gannascus	**1**						
Agrius cingulata	164	1	*Prasadiseius donahuei*	1	0,6	1,0	0,6
		3	*Callidosoma selmae*	3	1,8	1,0	1,8
Callionima grisescens	231	1	*Callidosoma selmae*	1	0,4	1,0	0,4
Callionima guiarti	71	-		-			
Cocytius duponchel	10	1	*Prasadiseius donahuei*	1	10,0	1,0	10,0
Enyo lugubris	39	-					
Enyo ocypete	12						
Erinnyis alope	156	7	*Prasadiseius donahuei*	9	4,5	1,3	5,9
		1	*Prasadiseius cocytes*	4	0,6	0,3	0,2
Erinnyis crameri	5						
Erinnyis ello ello	1.676	52	*Prasadiseius donahuei*	506	3,1	9,7	30,1
		7	*Prasadiseius cocytes*	16	0,4	2,3	0,9
		14	*Callidosoma selmae*	17	0,8	1,2	1,0
Erinnyis impunctata	26	1	*Prasadiseius donahuei*	1	3,8	1,0	3,8
			Prasadiseius cocytes	1	3,8	1,0	3,8
Erinnyis obscura obscura	37						
Erinnyis oenotrus	8						
Enyo ocypete	12						
Eumorpha analis	10	1	*Prasadiseius donahuei*	1	10,0	1,0	10,0
Eumorpha fasciatus	2						
Eumorpha labruscae	65	2	*Prasadiseius cocytes*	21	3,1	10,5	32,6
Eumorpha vitis	80	4	*Prasadiseius cocytes*	19	5,0	4,8	24,0
Hyles euphorbiarum	332	2	*Prasadiseius donahuei*	2	0,6	1,0	0,6
		1	*Caeculisoma* sp.	1	0,3	1,0	0,3
Isognathus allamandae	54	3	*Prasadiseius donahuei*	6	5,6	2,0	11,2
Isognathus caricae	11	1	*Prasadiseius donahuei*	2	9,1	2,0	18,2
Isognathus menechus	2						
Madoryx oiclus	1						
Manduca diffissa tropicalis	3						
Manduca florestan	5						
Manduca paphus	48						
Manduca rustica	14	1	*Prasadiseius donahuei*	1	7,1	1,0	7,1
Manduca sexta	22	1	*Callidosoma selmae*	1	4,5	1,0	4,5
Neogene dynaeus	10						
Pachylia ficus	6						
Pachylioides resumens	1						
Perigonia ilus	1						
Perigonia lusca	1						
Perigonia pallida	58	1	*Prasadiseius donahuei*	1	1,7	1,0	1,7
Protambulyx strigilis	22	1	*Prasadiseius donahuei*	1	4,5	1,0	4,5
Pseudosphinx tetrio	15	2	*Prasadiseius donahuei*	2	13,3	1,0	13,3
Xylophanes pluto	1						
Xylophanes tersa	478	7	*Prasadiseius cocytes*	21	1,5	3,0	4,5
		1	*Prasadiseius donahuei*	4	0,2	4,0	0,8
		3	*Callidosoma selmae*	3	0,6	1,0	0,6
TOTAL = 38 espécies	**3.690**	**120**	**4 espécies**	**645**	**3,2**	**5,4**	**17,2**

Legendas: * NE = número de esfingídeos; • NSP = número de esfingídeos parasitados, NA♥= número de ácaros, P= prevalência (%); IMI = Intensidade Média de Infestação, número médio de parasito por hospedeiro (parasito/hospedeiro); AMI = Abundância Média de Infestação é a Prevalência multiplicada pela IMI,

selmae ocorreu em seis meses e apenas um deles no período seco (nov/17). As espécies *P. cocytes* e *Caeculisoma* sp. ocorreram apenas em meses do período chuvoso, sendo registrados em cinco e um mês, respectivamente. Com exceção de *Caeculisoma* sp., que ocorreu apenas um espécime em um único mês no primeiro ano, as demais espécies ocorreram bem distribuídas ao longo dos dois anos de estudo. *Prasadiseius donahuei* também foi a espécie de ácaro que apresentou as maiores taxas mensais de intensidade média de infestação, maiores amplitudes, abundância média e esteve presente no maior número de sítios de infestação. Não ocorreram ectoparasitos em sete dos 23 meses de coleta, mesmo com a ocorrência de espécies de esfingídeos que foram citadas como hospedeiras durante todo o período (Tabela 8).

De 662 ácaros ectoparasitos registrados, 636 eram otofeidomenídeos e 26 eritreídeos (Tabelas 9 e 10). No primeiro ano de coleta 392 ácaros foram registrados e 270 no ano seguinte. Os otofeidomenídeos, provavelmente por ter sido mais abundante, aparentemente buscam se instalar em quase todos os sítios pré-estabelecidos, exceto no sítio um (S1). Sendo o dorso do metatórax (S3) o que apresentou o maior número de otofeidomenídeos, seguido pelo S9 que representa sítio indeterminado, fora do hospedeiro, quando os ácaros foram encontrados soltos no envelope entomológico. As pernas (S7) foi o sítio menos parasitado. *Prasadiseius donahuei* ocorreu em todos os sítios de infestação, exceto no sítio um (S1). *Prasadiseius cocytes* não foi encontrado no ventre do metatórax (S6) (Tabela 9).

O maior número de eritreídeos foi encontrado solto no envelope entomológico (S9). *Callidosoma selmae* foi a única espécie de ácaro encontrada no sítio um (S1) (Tabela 10).

Mesmo ocorrendo uma grande diferença nos números de ácaros em muitos sítios de infestação, não houve preferência entre os sítios tanto para os otofeidomenídeos como para os eritreídeos (Tabela 11 e 12). De acordo com o teste de Tukey o valor de p calculado 0,0963 para otofeidomenídeos (Tabela 11) e 0,5109 eritreídeos (Tabela 12) foram ambos maiores que o nível de significância, indicando que não houve preferência por nenhum sítio específico por nenhuma das famílias de ácaros coletadas.

Tabela 8 - Descritores de Parasitismo (DP) mensais de ácaros (Acari: Otopheidomenidae, Erythraeidae) em esfingídeos (Lepidoptera: Sphingidae) em uma área da Chapada do Araripe, no município de Santana do Cariri, CE: de dezembro de 2016 a julho de 2018

Ácaros Parasitos (N)	**DP***	**Período**															
		2016				**2017**							**2018**				
		dez	**jan**	**Fev**	**abr**	**Mai**	**jun**	**out**	**nov**	**dez**	**jan**	**fev**	**mar**	**abr**	**mai**	**jun**	**jul**
***Prasadiseius donahuei* (554)**	**P**			1,9	1,7	0,3	2,9	1,8		1,9	2,0	7,1	4,1	3,2	7,9	5,0	5,6
	IMI			12,1 ±3,6	12,3 ±2,8	4±x	3,0±0,0	1,0±0,0		1,0±0,0	8,8±2,6	14,7±6,3	6,5±3,4	1,5±0,3	1,0±0,0	1,0±0,0	1,0±0,0
	A			0-88	0-62	0-4	0-3	0-1		0-1	0-46	0-42	0-56	0-4	0-6	0-1	0-1
	AMI			14	20,9	1,2	8,7	1,8		1,9		100???	26,4	4,8	7,9	5,0	5,6
	SI			2, 3, 4, 5, 6, 7,8 e 9	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9	2,5,7 e 9	7 e 9	9		2,3,5, 7 e 9	2,3, 5 e 9	2,3,4, 5,7 e 9	2,3,4,5,7 e 9	2,3,7 e 9	3,7 e 9	3	3
***Prasadiseius cocytes* (82)**	**P**				1,1	1,8							0,4	1,4	1,3		
	IMI				4,5 ±0,6	3,1 ±0,5							1,0±0,0	4,0±0,6	2,0±0,0		
	A				0-14	0-6							0-1	0-7	0-2		
	AMI				4,9	5,7							0,4	5,6	2,6		
	SI				2,3, 5,8 e 9	5, 7 e 9							5	2, 5 e 9	2 e 9		
***Callidosoma selmae* (25)**	**P**	5,7	2,5	0,6	0,7				2,1					1,2			
	IMI	2,0±0,0	1,3 ±0,2	1,3 ±0,1	1,0 ±0,0				1,0±0,0					1,0±0,0			
	A	0-3	0-2	0-2	0-1				0-1					0-1			
	AMI	11,4	3,3	0,8	0,7				2,1					1,2			
	SI	9	9	3 e 9	1, 3 e 9				1					9			
***Callidosoma* sp. (1)**	**P**				0,1												
	IMI				1,0 ±0,0												
	A				0-1												
	AMI				0,1												
	SI				9												

* DP = Descritores de Parasitismo; P = prevalência – quantidade de indivíduos parasitados na amostragem mensal (%); IMI = intensidade média de infestação - É o número médio de parasitos por hospedeiro (parasito/hospedeiro); A= amplitude de infestação - valores mínimo e máximo de parasitos por espécie de hospedeiro (parasitos); AMI = abundância média de infestação ou densidade média de parasitismo - É a prevalência multiplicada pela intensidade média de infestação - (parasitos/hospedeiro); SI = sítio de infestação – região anatômica do hospedeiro onde o parasito foi encontrado: *S1 = asas; S2 = escleritos das bases das asas direitas; S3 = escleritos das bases das asas esquerdas; S4 = dorso do mesotórax; S5 = dorso do metatórax (cavidade entre o metatórax e o 1º tergo abdominal); S6 = ventre do metatórax; S7 = pernas; S8 = dorso do protórax; S9 = "sítio indeterminado" quando os ácaros foram encontrados soltos no envelope entomológico.

Tabela 9 - Distribuição das espécies de otofeidomenídeos (Acari: Otopheidomenidae) em seus hospedeiros esfingídeos (Insecta: Sphingidae), em uma área da Chapada do Araripe, no município de Santana do Cariri, CE: de dezembro de 2016 a julho de 2018.

Hospedeiro	**N°**	Ácaro	Sítios delimitados no corpo do hospedeiro*									Total
			S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	
Agrius cingulata	1	*Prasadiseius donahuei*	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
Cocytius duponchel	1	*Prasadiseius donahuei*	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
Erinnyis alope	7	*Prasadiseius donahuei*	-	1	-	1	-	-	-	5	2	9
Erinnyis alope	1	*Prasadiseius cocytes*	-	-	-	-	4	-	-	-	-	4
Erinnyis ello ello	52	*Prasadiseius donahuei*	-	26	45	33	261	24	10	13	94	506
Erinnyis ello ello	7	*Prasadiseius cocytes*	-	1	2	3	4	-	1	-	5	16
Erinnyis impunctata	1	*Prasadiseius donahuei*	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
Erinnyis impunctata	1	*Prasadiseius cocytes*	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
Eumorpha analis	1	*Prasadiseius donahuei*	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
Eumorpha labruscae	2	*Prasadiseius cocytes*	-	-	-	-	19	-	-	-	2	21
Eumorpha vitis	4	*Prasadiseius cocytes*	-	4	8	-	4	-	-	-	3	19
Hyles euphorbiarum	2	*Prasadiseius donahuei*	-	-	-	1	-	-	-	1	-	2
Isognathus allamandae	3	*Prasadiseius donahuei*	-	-	-	-	-	-	-	5	1	6
Isognathus caricae	1	*Prasadiseius donahuei*	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2
Manduca rustica	1	*Prasadiseius donahuei*	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
Perigonia pallida	1	*Prasadiseius donahuei*	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
Protambulyx strigilis	1	*Prasadiseius donahuei*	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
Pseudosphinx tetrio	2	*Prasadiseius donahuei*	-	2	-	7	2	-	-	1	6	18
Xylophanes tersa	7	*Prasadiseius cocytes*	-	-	4	-	4	-	-	2	11	21
Xylophanes tersa	1	*Prasadiseius donahuei*	-	3	-	-	-	-	1	-	-	4
Total = 16	**97**	**2**	**0**	**40**	**59**	**45**	**298**	**24**	**12**	**29**	**129**	**636**
			0,0±0**	13,3 ±10	19,6±9	14,0 ±8	99,3 ± 53	8,0 ±3	4,0±2	9,9 ±9	42,6 ±31	

*S1 = asas; S2 = escleritos das bases das asas direitas; S3 = escleritos das bases das asas esquerdas; S4 = dorso do mesotórax; S5 = dorso do metatórax (cavidade entre o metatórax e o 1º tergo abdominal); S6 = ventre do metatórax; S7 = pernas; S8 = dorso do protórax; S9 = "sítio indeterminado" ;
** Média ± EP de ácaros por sítio de infestação.

Tabela 10 - Distribuição das espécies de eritreídeos (Acari: Erythraeidae) em seus hospedeiros esfingídeos (Insecta: Sphingidae), em uma área da Chapada do Araripe, no município de Santana do Cariri, CE: de dezembro de 2016 a julho de 2018.

Hospedeiro	**N°**	Ácaro	Sítios delimitados no corpo do hospedeiro*									Total
			S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	
Agrius cingulata	3	*Callidosoma selmae*	1	-	-	-	-	-	-	-	2	**3**
Callionima grisescens	1	*Callidosoma selmae*	-	-	-	-	-	-	-	-	1	**1**
Erinnyis ello ello	14	*Callidosoma selmae*	-	2	-	-	1	-	-	-	14	**17**
Hyles euphorbiarum	1	*Caeculisoma* sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	1	**1**
Manduca sexta	1	*Callidosoma selmae*	1	-	-	-	-	-	-	-	-	**1**
Xylophanes tersa	2	*Callidosoma selmae*	-	-	-	-	-	-	-	-	3	**3**
Total = 6	**22**	**2**	**2**	**2**	**0**	**0**	**1**	**0**	**0**	**0**	**21**	**26**
			0,7 ± 0,6**	0,7 ± 0,6	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,3 ± 0,3	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	7,0 ± 7,0	

* S1 = asas; S2 = escleritos das bases das asas direitas; S3 = escleritos das bases das asas esquerdas; S4 = dorso do mesotórax; S5 = dorso do metatórax (cavidade entre o metatórax e o 1º tergo abdominal); S6 = ventre do metatórax; S7 = pernas; S8 = dorso do protórax; S9 = "sítio indeterminado" ;
** Média ± Erro Padrão, de ácaros por sítio de infestação.

Tabela 11 - Análise de variância-ANOVA, dos dados da tabela 10, para verificar a preferência de sítios de infestação no corpo dos esfingídeos por ácaros otofeidomenídeos em uma área da Chapada do Araripe no município de Santana do Cariri, CE.

Causa da variação	**Graus de liberdade (GL)**	**Soma dos quadrados (SQ)**	**Quadrado médio (QM)**	**Valor de f**	**Valor de p**
Entre grupos (Tratamentos)	8	23070	2884	2,063	0,0963>0,05*
Resíduo	18	25160	1398		
Total	**26**	**48230**			

* Tukey 0,05%

Tabela 12 - Análise de variância -ANOVA, dos dados da tabela 11, para verificar a preferência de sítios de infestação no corpo dos esfingídeos por ácaros eritreídeos em uma área da Chapada do Araripe no município de Santana do Cariri, CE

Causa da variação	**Graus de liberdade (GL)**	**Soma dos quadrados (SQ)**	**Quadrado médio (QM)**	**Valor de f**	**Valor de p**
Entre grupos (Tratamentos)	8	125,0	15,62	0,9372	0,5109>0,05*
Resíduo	18	300,0	16,67		
Total	**26**	**425,0**			

* Tukey 0,05%

2.6 Discussão

Prospecções de ácaros otofeidomenídeos até a presente data foram realizadas em espécimes de coleções de museus, ou seja, foram escolhidas espécies, quantidades e localidades de procedência dos esfingídeos para análise, com exceção de uma expedição realizada no Peru, que teve duração de oito dias, resultando na descrição de *P. incanus*, coletada em esfingídeos vivos (Prasad, 2018). Até o momento, os eritreídeos também não tinham sido objeto de estudos baseados em levantamentos de hospedeiros em longo prazo. Entretanto, os poucos dados existentes na literatura serão apresentados na presente discussão.

Além dos Otopheidomenidae, ácaros foréticos de Acaridae, Ascidae e Erythraeidae também foram objetos de estudados em esfingídeos há quase 50 anos (Prasad, 1975). O primeiro relato de descritores de parasitismo, como taxa de infestação de otofeidomenídeos em esfingídeos decorreu de Prasad (1975), quando taxa de infestação total de 1,0% foi observada em 6.524 espécimes avaliados em nove coleções pertencentes a Museus e Universidades. O acervo era procedente de 14 países e três zonas ecológicas: Afrotropical (Congo, Madagascar e Moçambique); Indomalásia (Índia, Indonésia e Filipinas) e Neotropical (Bolívia, Brasil, Equador, Honduras, Jamaica, Peru, Suriname e Venezuela), quando taxas de infestação foram calculadas para cada país, houve um gradiente de 1,5 a 33,3%; sendo a mínima observada para a Índia e a máxima para Suriname. Nesse mesmo período, uma taxa de infestação de esfingídeos por otofeidomenídeos de 1,6% foi apresentada para o Brasil (Prasad, 1975). Quando, um total de 123 espécimes, com dois deles infestados, foi trabalhado, não sendo determinadas quais eram as espécies de *Prasadiseius* verificadas (Prasad, 1975; Prasad 2011b). Essa taxa de infestação relatada foi considerada baixa por Prasad (2013a), justificando que as mariposas vieram de muitos países, incluindo a Zona Neártica, onde os ácaros otofeidomenídeos não haviam sido encontrados em associação com os esfingídeos.

Em Prasad (2013a) apenas 12, de um total de 668 indivíduos do gênero *Manduca* que foram examinados da Coleção do "*Florida Museum of Natural History, Florida, USA",* estavam infestados por *P. cocytes* e *P. donahuei*, exibindo a taxa de infestação de 1,8%. Em outro artigo desenvolvido com esfingídeos pertencentes as coleções do "*Museum of the Department of Entomology, Michigan State University, Michigan, USA* e do "*Chicago Natural History Museum, Chicago, USA*", Prasad (2013b) analisou 727 indivíduos e encontrou 24 infestados por quatro espécies de otofeidomenídeos, o que dá uma taxa de infestação total de 3,2%. Porém, quando esse número foi referente apenas à Região Neotropical (240 espécimes), de onde todos os esfingídeos infestados vieram, a taxa de infestação nesta ecozonas subiu para

10%. Esse valor pode ter sido superestimado, por levar em conta um número de espécimes depositados de diferentes áreas, não refletindo a realidade. O remanescente de 487 espécimes distribuídos nas zonas ecológicas Afrotropical, Australasia, Indomalaya e Paleártica não revelaram infestação.

Em 2018, Prasad fez uma lista de otofeidomenídeos com todas as localidades e espécies registradas em associação com esfingídeos no mundo e *P. donahuei* não tinha registro para o Brasil. No entanto, essa espécie já havia sido coletada no sudeste do Brasil e o evento havia sido apenas apresentado em congresso. Este é o primeiro registro da espécie para o nordeste do Brasil, ampliando assim sua distribuição geográfica conhecida até então.

Em quase meio século de estudo de Otopheidomenidae, um grande número esfingídeos (623 spp.) foi examinado por Prasad em busca dessas relações de parasitismo. Algumas das espécies de esfingídeos pesquisadas como *E. fasciatus, M. diffissa* e *M. florestan* foram investigadas somente com representantes de outros países. No entanto, essas espécies ocorrem também no Brasil, tendo sido registradas na presente pesquisa para a Chapara do Araripe, porém sem ectoparasitos. Apesar disso, em algumas outras espécies procedentes do Brasil, que em outras pesquisas não apresentaram ácaros na ocasião, mas que agora exibiram infestação por otofeidomenídeos, destacam-se: *A. cingulata, E. alope, E. ello* e *X. tersa.* Essas espécies foram muito bem amostradas, com mais de 150 espécimes examinados e isso pode ter sido um dos fatores que influenciaram esse registro, visto que anteriormente, menos de 15 exemplares somente haviam sido investigados.

Erinnyis crameri, P. ficus e *N. dynaeus,* assim como em Prasad (2013b), não apresentaram ácaros. provavelmente por serem, em conjunto, registradas para a Chapada do Araripe por apenas seis vezes, com no máximo 10 espécimes nos dois anos de busca.

Houve uma diferença na quantidade de esfingídeos parasitados e a taxa de infestação foi o dobro da encontrada por Prasad (1975) para o Brasil em espécimes de coleções. Essa taxa de infestação também flutuou de acordo com as espécies, os meses e a sazonalidade da área de amostragem, a qual em alguns períodos os hospedeiros tiveram sua abundância bastante reduzida. A presença de apenas ovos de otofeidomenídeos em alguns espécimes ainda não havia sido relatada, de modo que, suspeita-se que a fêmea tenha caído no momento da coleta ou realizado a postura e migrado para outro hospedeiro. Todos os ovos foram registrados para o período chuvoso o que pode indicar que para esse período há uma maior intensidade reprodutiva e consequentemente um aumento na população, provavelmente associada a abundância do hospedeiro.

Outro fato que não há relatos em pesquisas anteriores é a associação de mais de uma

espécie de ácaro a um único esfingídeo. Prasad (2013b) mencionou que em mais de 40 anos de estudos nunca encontrou infestação de uma única mariposa por duas espécies de *Prasadiseius*. Essa utilização do mesmo hospedeiro por *Prasadiseius* e *Callidosoma* parece ser mais fácil de ocorrer pelo fato de *Callidosoma* não utilizar o hospedeiro para completar o seu ciclo de vida e, sim, como uma fonte de alimento durante um estágio de vida, portanto não haveria uma real disputa de recursos em comum. Porém, as espécies de *Prasadiseius* utilizam os mesmos recursos e disputam sítios específicos no hospedeiro, o que tornaria a presença de um deles um fator menos favorável para a presença da segunda espécie no hospedeiro. No caso, do hospedeiro estar frágil por conta da primeira infestação ou com o sistema imunológico afetado, isso o torna mais vulnerável a múltiplo parasitismo (Begon *et al*., 2007).

Erythraeidae é uma família de ácaros bem distribuída mundialmente, mas os gêneros no presente estudo possuem poucos registros no Brasil. O gênero *Caeculisoma* possui apenas uma espécie, *C. nestori*, registrada para o país, a qual foi coletada em plantas. No único espécime de *Caeculisoma*, aqui coletado, infelizmente por problemas de preservação, não foi possível visualização de todos os caracteres necessários para confirmação da espécie. Já espécie *Caeculisoma huxleyi* Southcott, com distribuição na Nova Zelândia, foi verificada em *Xanthorrhoe* sp. (Geometridae) (Southcott, 1972; Beron, 2008). Sendo assim, esse é o primeiro registro do gênero em esfingídeo para o Brasil. O gênero *Callidosoma*, teve a espécie *C. selmae* descrita para o Brasil em 2017 por Costa *et al*. no estado de Minas Gerais. Segundo os autores, os ácaros estavam localizados em pequenos lepidópteros não identificados, que pela descrição provavelmente não seriam esfingídeos. Então, esse é um novo registro para espécie, com ampliação de distribuição geográfica e hospedeiro. Não há pesquisas específicas para o parasitismo de Erythraeidae em esfingídeos.

Hemípteros da família Pyrrhocoridae, representantes de Treatiinae também tiveram taxa de infestação relatada a partir de coleção. De diferentes zonas ecológicas, 1.002 espécimes investigados apresentaram uma taxa de infestação de 8% (Treat, 1965). Em um trabalho realizado por Chmielewski (2006), com amostras de espécimes adultos de hemípteros na Polônia, foram analisados 1.706 insetos com 21,4% infestados pelo otofeidomenídeo *Hemipteroseius adleri* Costa, quando representantes de todo o ciclo foram observados. No entanto, essa prevalência variou entre populações de 5,9 a 47,3%. Em algumas outras localidades na Polônia e na Lituânia, prevalências médias foram de 17,9 e 2,8%, respectivamente para as mesmas espécies de hospedeiro e parasito. Em Israel, a prevalência de *H. adleri* em *Pyrrhocoris apterus* (Linnaeus) não ultrapassou 5% e chegou a quase 50% em apenas um caso (Levandowski & Szafranek, 2005). Ou seja, a prevalência de *H. adleri* apresentou uma

grande variação entre populações de insetos adultos infestados.

A taxa de infestação também pode variar entre os espécimes vivos e os espécimes preservados em coleções. O momento de coleta e montagem seria um dos fatores que impactariam nessa diferença, na qual os ácaros poderiam deixar o hospedeiro depois de mortos nos frascos de coletas ou caírem durante o ato de distender as asas. Além disso, a porcentagem de infestação provavelmente é inerente ao local, a forma de transmissão entre os hospedeiros e a sazonalidade (Treat, 1985).

Entretanto, os otofeidomenídeos foram mais abundantes e frequentes que os eritreídeos, sendo *P. donahuei* a que apresentou um número significativo de espécies parasitadas e teve as maiores prevalências em quase todos os meses. Esses resultados corroboram o que vem sendo reportado por outros autores, isto é, que Otopheidomenidae é bem representada principalmente nos trópicos e subtrópicos (Treat, 1975; Zhang, 1995). Esse fato também abre a discussão sobre os poucos estudos existentes com os eritreídeos no país. Além disso, esses ácaros são reconhecidos por parasitar várias famílias de Lepidoptera, o que diminui a probabilidade de serem encontrados em esfingídeos. Para as espécies citadas no Brasil, *C. wallaceanum* e *C. welbourni* estavam nos seguintes hospedeiros: *Pseudaletia adultera* (Schaus) (Noctuidae) e *Lophocampa annulosa* Walker (Erebidae).

As duas espécies de ácaros otofeidomenídeos, *P. cocytes* e *P. donahuei*, foram anteriormente coletados em diferentes hospedeiros e em diferentes países (Prasad *et al*., 2011). Porém, foram registradas juntas no mesmo país até o momento apenas em *M. rustica*, que apresentou essas duas espécies no México. Aqui isso ocorreu com três espécies, mas *M. rustica* apresentou apenas *P. donahuei*, mesmo tendo sido coletados espécimes nos meses que *P. cocytes* também ocorreu em outros hospedeiros. O que pode ter acontecido é que não houve contato de nenhum indivíduo com as zonas de infestações dessa espécie de mariposa.

Há registros dos meses em que algumas espécies de esfingídeos e seus ectoparasitos foram coletados no Brasil (Prasad *et al*., 2011; Prasad, 2013a; b) apesar de serem em áreas com clima e vegetação diferentes, dados que não podem ser omitidos e podem ajudar em futuras comparações. No Brasil, no estado de Rondônia *C. duponchel* foi coletado em agosto de 1993 e *E. cypete* em abril de 1996, ambos infestados por *P. cocytes.* Na Chapada do Araripe, *C. duponchel* apresentou *P. donahuei* em maio de 2018 e *E. ocypete* não apresentou ectoparasitos. Já para o estado de São Paulo *M. rustica* foi observada com *P. cocytes*, coletados em julho de 1985 no e na presente pesquisa essa mesma espécie foi encontrada em maio de 2018 infestada por *P. donahuei*.

Prasadiseius kayosiekeri foi coletada no estado de Rondônia sobre *P. resumens*, sendo

sua coleta reportada em novembro de 1991 e em *P. darceta* em agosto do mesmo ano. Apesar de *P. kayosiekeri* ter sido registrado para espécies de esfingídeos que ocorrem na região, como *P. resumens* e *E. lugubris*, também foi assinalado em outras regiões do Brasil, esse ectoparasito não foi registrado para a área da Capada do Araripe em Santana do Cariri - CE. Isso pode ter acontecido por essas espécies de esfingídeos terem sido raras na região, com poucos espécimes coletados, mesmo tendo sido registradas para meses em que outras espécies estavam infestadas por outras espécies de ácaros. O eritreídeo, *C. selmae* foi coletado em vários meses no presente estudo. No entanto, essa mesma espécie havia sido reportada anteriormente em agosto de 2012 (Costa *et al*., 2017). Um único espécime de *Caeculisoma* foi citado, no presente, apenas em abril, porém esse mesmo gênero já havia sido encontrado no Brasil, em março de 2003 (Haitlinger, 2004).

É certo que no município de Santana do Cariri a influência do clima semiárido e a sazonalidade bem marcada influenciou a distribuição dos hospedeiros e ectoparasitos nos períodos chuvoso e seco. É provável que *P. donahuei* e *C. selmae* sejam tolerantes às variações climáticas, mas com aumento de populações no período chuvoso e consequentemente picos de infestação também durante essa estação climática. Em trabalhos desenvolvidos em partes da Europa, os ácaros *H. adleri* ocuparam os corpos de insetos durante todo o ano, mas a intensidade de infestação em *P. apterus* aumentou no final da primavera, verão e início do outono. Os autores sugeriram que esse fato esteja associado à atividade sazonal de seus hospedeiros (Chmielewski, 2006; Levandowski & Szafranek, 2005; Socha, 1993).

Prasad (2013a) definiu a intensidade de infestações de otofeidomenídeos por hospedeiro em leve, média, moderada e pesada. Segundo o autor, a infestação leve seria aquela com no máximo 10 ácaros por hospedeiro; média de 11 a 20; moderada de 21 a 30 e pesadas com mais de 31 ácaros. O autor ainda afirmou que essas infestações geralmente variam, de 3 a 30 ácaros e, ocasionalmente, infestações com mais de 100 ácaros por esfingídeo podem ser vistas. Ainda Prasad (2011b), sugeriu que em alguns espécimes quando verificada a infestação média, todos os estágios de vida do ectoparasito estão presentes no hospedeiro e afirmou que vários fatores podem influenciar nisso, como: a) adequação do hospedeiro; b) distribuição geográfica do hospedeiro; c) fatores biológicos e ecológicos do hospedeiro e do parasito; d) falta de predadores ou parasitos adequados ou suficientes e e) vários parasitos invadirem o hospedeiro ao mesmo tempo.

De acordo com a classificação de Prasad, em Santana do Cariri foram verificadas infestações leves em 87 espécimes; médias em cinco e pesadas em sete espécimes e nenhuma infestação moderada foi observada. Todas as infestações pesadas foram referentes a *P.*

donahuei sobre *E. ello ello.* Essa foi a espécie de esfingídeo mais utilizada como recurso pelos ectoparasitos de ambas as famílias e foi também a única espécie que apesar de apresentar infestações pesadas, nenhum caso foi tão extremo como os citados acima por Prasad, visto que, no máximo 88 ácaros foram encontrados por espécime. *Erinnyis ello ello* quando infestada por *P. donahuei* também apresentou os maiores descritores de parasitismo. Essa é considerada uma espécie com importância econômica, principalmente para acultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) em todo o país e o entorno da Chapada do Araripe é uma região produtora de mandioca importante. O controle biológico de *Erinnyis ello ello* tem sido investigado. Dos 645 ácaros encontrados, 506 eram *P. donahuei* sobre *E. ello ello.* O potencial desse ácaro como agente de controle biológico de populações desse inseto deve ser melhor investigado.

O caso de maior infestação previamente registrado ocorreu em *M. rustica*, coletada no Equador, em uma área de floresta tropical no mês de outubro de 2001. A mariposa abrigou mais de 1.000 de *P. cocytes*, incluindo todas as fases e os ácaros estavam principalmente no mesotórax, metatórax e do primeiro ao terceiro tergo abdominal. Outros estavam presente em escamas modificadas, nas bases e dorsos das asas anteriores e posteriores. Nenhum ácaro foi visto na cabeça, sobre ou ao redor dos olhos e/ou ligado a probóscides (Prasad & Walker, 2011; Prasad, 2013b).

Em outro caso, com o ectoparasito *P. kayosiekeri* em *P. resumens* na Guatemala, observou-se mais de 300 ácaros presentes principalmente na parte dorsal do espécime. Entretanto, muitos ácaros estavam presentes no protórax havendo representantes de várias estágios como ovos, larvas, ninfas e os adultos o que é considerado raro. Alguns estavam na cabeça, antenas, olhos, probóscide, asas anteriores e posteriores. Acredita-se que, possivelmente, a mariposa tinha sido infestada no dia em que foi capturada e os ácaros ainda estavam se movendo para cima do espécime através da probóscide e passando para áreas que comumente são encontradas infestadas. Este é apenas o primeiro caso deste tipo conhecido, quando muitos ácaros estavam no protórax (Prasad, 2011b).

Chmielewski (2006) encontrou uma variação parecida de 1 a 56 ácaros de *H. adleri* em *P. apterus* e com todos os estágios de desenvolvimento quando as infestações eram de médias a pesadas. Estando esses ácaros localizados geralmente no abdômen e sob as asas, principalmente a base da delas. Treat (1975) acredita que a presença de apenas alguns ácaros em um hospedeiro poderia indicar uma infestação nova. Já para Wilson *et al*. (2002), a presença poucos ácaros está relacionada às distribuições de ectoparasitos, que geralmente são agrupadas, podendo surgir em hospedeiros individuais, de acordo com a sua suscetibilidade à infestação por fatores genéticos ou devido a variação de exposições sofrida por cada indivíduo. Quanto

mais isolados entre si os hospedeiros estiveram, mais remotas serão as chances de um parasito se propagar entre eles. A infestação, então, tende a ser concentrada, ao menos inicialmente, junto à sua fonte original, e não ocorrer em indivíduos de áreas ainda não-infestadas ou onde outrora houve ocorrência, mas os hospedeiros se recuperaram. A alta taxa de infestação em um indivíduo também poderia ser explicada por sua imunidade baixa ou revisitação ao local onde foi infestado.

Em relação aos sítios de infestação, representantes dos gêneros *Otopheidomenis*, *Noctuiseius* e *Prasadiseius*, todos de Otopheidomeninae, são encontrados no dorsa da parte posterior do tórax e dorso da parte anterior do abdome, bem como em áreas axilares de asa tanto de noctuídeos como de esfingídeos (Treat, 1965; Prasad, 1968; Wainstein, 1972). Nos primeiros registros feitos para *Prasadiseius*, no Peru, *P. cocytes* em todos os estágios de desenvolvimento: ovo, larva, ninfas e adultos foi reportado em *C. duponchel*. localizados em escamas modificadas atrás e ao redor da base da asa esquerda. Já em *P. donahuei*, no mesmo país, os ovos e adultos foram encontrados ao redor da base da asa direita de *E. obscura* (Prasad, 1970).

Todos os estágios de vida dos ácaros anteriormente estudados foram encontrados no dorso, principalmente na área onde ocorre o “tímpano” dos noctuídeos, sendo essa estrutura ausente em esfingídeos. Alguns autores denominam essa depressão como "acarinarium", que fica entre o metatórax e o primeiro segmento abdominal dos esfingídeos, porém muitos ácaros, principalmente otofeidomenídeos, também são encontrados nos escleritos que suportam as asas (Treat, 1965; Prasad, 1975; Speidel *et al*., 1996). Ácaros geralmente são encontrados em ambos os lados do corpo de uma mariposa (Prasad, 2011b). Ocasionalmente, são vistos na probóscide, ao redor dos olhos, na cabeça e asas. Além disso, também é comum a presença de todos os estágio de desenvolvimento nos hospedeiros (Prasad, 2013b). Os otofeidomenídeos podem ser encontrados em grandes populações, quando ovos, larvas, ninfas e adultos estão presentes. Os ovos são ovalados, brancos e colocados individualmente no corpo dos hospedeiros, podendo estar presentes na parte posterior da região torácica e em áreas abdominais. Nenhum ovo foi encontrado em qualquer outra parte do corpo de um esfingídeo (Prasad, 2012). Segundo Begon *et al*. (2007), a maioria dos ectoparasitos é especializada em viver apenas em partes específicas do seu hospedeiro e especializam-se em locais ou tecidos exclusivos nos seus hospedeiros, sugerindo uma ampla oportunidade de diferenciação de sítios.

Assim como observado por Prasad (2013a) anteriormente, aqui também os otofeidomenídeos foram encontrados nos estágios de ovo, larvas, protoninfa, deutoninfa e adultos dos dois sexos. Aqui também os ácaros se fizeram presentes nos dois lados dos hospedeiros e os sítios de infestação com maior número de ectoparasitos também foi o dorso

do metatórax. Corroborando os resultados de Prasad, poucos ácaros foram encontrados nas pernas e nenhum foi observado nas probóscides e nem nas asas.

Os ovos obtidos estavam individualizados entre as escamas modificadas, nos escleritos da base do 1º e 2º par de asas de ambos os lados e no dorso do metatórax, o que já era esperado. *Prasadiseus donahuei* ocorreu em todos os sítios de infestação, o que parece ser habitual na espécie, visto no exemplo da infestação em *P. resumens.* Em relação a *P. cocytes,* foram utilizadas mais sítios que aqueles relatados na super infestação em *M. rustica* reportada por Prasad (1970), como por exemplo o protórax. Já no caso dos eritreídeos, com um menor número de ácaros e de sítios de infestação registrados, como em outros trabalhos, aparentemente não há uma tendência desses se instalarem em áreas definidas, tanto que relatos de sítios de infestação em hospedeiros, geralmente foram omitidos.

Tanto *P. donahuei* como *P. cocytes*, ambas as espécies exploraram vários sítios de infestação dos hospedeiros, sem preferência por nenhum deles. Isso pode ter sido sugerido em dois eventos quando *E. ello ello* apresentou 88 e 62 ácaros, em vários estágios de desenvolvimento, distribuídos em mais de 7 sítios, corroborando com o que disse Prasad (2013b), de que não há preferência entre os sítios. Aqui o protórax não pareceu ser utilizado apenas como caminho para chegar a outros sítios, pois en vários espécimes de duas espécies de otofeidomenídeos utilizaram essa área sem distinção entre os meses. Uma das razões para maior concentração em algumas áreas pode estar relacionada ao tamanho relativo, pois o protórax possui uma área menor que o meso e metatórax, mas todo o tórax dos esfingídeos está protegido de correntes de ar durante o voo, pois, em um estudo de aerodinâmica em *M. sexta,* o vórtice das asas parecem não deslocar a massa de ar diretamente para as regiões da base da asa e também não deslocam para as depressões entre protórax e o metatórax (Ellington *et al*., 1996).

Além disso, a base das asas, o pro e metatórax possuem escamas modificadas, onde há maior probabilidade de fixação dos ectoparasitos do que nas escamas normais; longe do alcance dos mecanismos de limpeza empregados como a epífise. A não utilização das pernas para infestação foi inesperada. Provavelmente, com a morte do hospedeiro, talvez tenha havido uma movimentação dos parasitos para outros sítios de infestação, mas também a ausência de ácaros nesse sítio, pode indicar que esses possam usar as pernas além da probóscide como pontes de acesso ao hospedeiro, no caso de realmente as flores serem um local de depósito de ácaros para dispersão. Isso porque algumas flores que são recursos na alimentação dos esfingídeos apresentam estames com filetes longos, os quais muitas vezes entram em contato com as pernas dos indivíduos.

No meio de tantas questões a serem respondidas, uma que ainda estava sem conclusão

foi abordada aqui: os ácaros otofeidomenídeos possuem uma preferência de infestação entre os sexos de esfingídeos? No caso de preferência por fêmeas, por exemplo, esse fato poderia estar relacionado a infestações a partir dos locais de oviposição. Prasad (2013a) também encontrou uma razão sexual combinada de uma fêmea para um macho de esfingídeo infestadas com *P. cocytes* e *P. donahuei*, indicando que não houve preferência dos ácaros pelo sexo desses hospedeiros. Tomando em consideração apenas a espécie *M. rustica* (total = 8), *P. donahuei* infestou cinco fêmeas e três machos, o que não foi uma grande diferença. Apesar de ser um tema importante e nunca estudado antes, o autor considerou os dados como insuficientes para alcançar uma conclusão se há ou não preferência sexual (Prasad, 2013a).

Nesse ponto, após dois anos de coletas e com todas as espécies de esfingídeos com ectoparasitos representadas em ambos os sexos, é possível ter um panorama ao menos da região amostrada. Em algumas espécies houve infestação somente em um dos sexos, porém isso refletiu a menor amostragem do sexo oposto, ou seja, esfingídeos com apenas fêmeas parasitadas tiveram uma coleta maior desse sexo, por exemplo: em *C. grisescens* 129 fêmeas e 102 machos foram registrados e em *I. caricae* 8 fêmeas e 3 machos. No entanto, razão sexual diferentes em infestações ocorreram em *M. rustica* com 13 machos e 1 fêmea infestados; *P. pallida* com 54 machos e 4 fêmeas e *P. strigilis* com 14 machos e 8 fêmeas. Houve duas exceções, são elas: *C. duponchel*, com uma quantidade igual de machos e fêmeas (5/5) e *E. analis* com mais machos que fêmeas (8/2).

Otofeidomenídeos infestaram 3,4% de fêmeas (58/1.703) e 2,3% de machos (46/1.987) e em relação ao total de espécimes coletados as fêmeas infestadas representaram 1,6% (58/3.690) e os machos 1,2% (46/3.690), ou seja, a cada 100 esfingídeos examinados a probabilidade de encontrar um macho ou uma fêmea infestados era praticamente a mesma. A espécie *P. cocytes* infestou oito fêmeas e 13 machos, enquanto *P. donahuei* infestou 43 fêmeas e 32 machos. Tomando dados individuais, *E. ello ello* foi utilizada como exemplo porque essa teve altos valores de infestação; foram 29 fêmeas e 23 machos infestados com *P. donahuei* e cinco fêmeas e dois machos infestados com *P. cocytes*.

Aparentemente, os ácaros não causaram nenhum dano ao exoesqueleto do esfingídeos. Até mesmo os espécimes com maior infestação não pareciam estar debilitados, ou apresentar algum tipo de indicação de não estar bem alimentado. Danos ao hospedeiro também não foram relatados por outros autores (Prasad, 2013b). Nem sempre é fácil demonstrar o dano sofrido pelo hospedeiro, mas, por exemplo, uma infestação pesada pode atrapalhar ou incomodar o voo, deixando o espécime parasitado mais suscetível à predação (Toft & Karter, 1990).

Alguns autores cogitaram que, por serem estreitamente relacionados aos fitoseídeos, os

otofeidomenídeos teriam “adultos invasores”, que ficariam em flores ou em troncos de árvores à espera dos esfingídeos para transferir-se quando esses fossem se alimentar ou descansar, respectivamente (Chant & McMurtry, 2007; Krantz & Walter., 2009). Ou seja, algumas plantas funcionariam como um depósitos de ácaros à espera do hospedeiro e os ácaros usariam essa estratégia para aumentar sua dispersão para além da infestação no momento da cópula de hospedeiros.

Treat (1965) até questiona como os otofeidomenídeos nunca foram coletados em flores e afirma que estudos em flores na estação correta provavelmente registariam esses ácaros. Se isso ocorre, é possível que os otofeidomenídeos estejam ativos em períodos noturnos e a maioria das coletas botânicas são realizadas de dia. Além disso, esses ácaros são amarelados e pequenos o que dificultaria a visualização e, sem a indicação de flores realmente visitadas pelos esfingídeos, achá-los seria como “procurar uma agulha em um palheiro”.

A presente pesquisa ainda contemplou durante dois anos, na mesma região, uma investigação sobre quais flores os esfingídeos visitavam para obtenção de recurso alimentar através de análise polínica, dados que aumentam significativamente as chances de trazer uma resposta para questões como: otofeidomenídeos estão presentes em flores? O que esses ácaros utilizam como fonte alimentar quando não estão nos hospedeiros? Alimentar-se também de estruturas florais? Como, por raspagem? Ou não se utilizam de plantas? Por exemplo, Muitos Phytoseiidae utilizam pólen como fonte alimentar e Parasitengona do gênero *Balaustium* também se alimentam de pólen (Childers & Rock, 1981; Bernardi *et al*. 2017), porém esses ácaros apresentam estruturas de quelíceras diferentes das dos otofeidomenídeos.

Algumas outras perguntas ainda continuam sem respostas, tais como: Qual seria a história de vida dos otofeidomenídeos? Há danos aos hospedeiros? *Prasadiseius kayosiekeri* realmente não ocorre nessa região, ou não foi amostrada por conta dos hospedeiros serem raros? Eles poderiam ser chamados de raspadores? É certo que eles só possuem um o dígito móvel nas quelíceras com dentículos e a sugestão é que essas funcionem como raspadores de tecido do hospedeiro. Existem exemplos de ácaros otofeidomenídeos de Treatiinae (*H. indicus*) e Otopheidomeninae (*Otopheidomenis ascalaphae* Syed & Goff) que possuem estrutura semelhante, sendo o primeiro conhecido como raspador (Treat, 1955; Costa, 1968; Syed & Goff, 1983). Pela forma de pentes que as quelíceras apresentam, elas poderiam auxiliar na sustentação desses ácaros nas escamas modificadas.

A associação dos hospedeiros e ectoparasitos aqui encontrados parece ser resultado de uma longa interação histórica entre encaixe ecológico, oscilação (aumento de alcance do hospedeiro com o isolamento em hospedeiros específicos) e impulso de táxons (cíclicos de

expansão e isolamento geográficos) e não de uma co-especiação máxima (Hoger & Brooks, 2008), assim como resultados encontrados em alguns estudos desenvolvidos com piolhos mastigadores (Psocodea) e vertebrados (Weckstein, 2004).

Existe um amplo consenso de que os parasitos são especialistas em recursos, podendo ser uma característica plesiomórfica de um clado, com isso uma determinada espécie hospedeira ocorrendo em mais de uma área, pode ser habitada por duas espécies diferentes de parasitos relacionadas umas às outras, mas não necessariamente com o grau de parentesco próximo (Brooks & McLennan, 2002). Isso poderia explanar a ocorrência de espécies diferentes de Otopheidomenidae e Erythraeidae associados aos mesmos hospedeiros.

A Hipótese do Impulso de Táxon (TPH) aborda padrões gerais e únicos na diversificação e biogeografia (Halas *et al*., 2005), além de abordar a "oscilação hipótese" (OH) sobre a interação entre o encaixe ecológico e a oscilação (Janz *et al*., 2006; Janz & Nylin, 2007). Segundo Hoberg & Brooks, 2008, com a interação das duas (TPH e OH), quatro resultados são possíveis: 1) afinidades coevolutivas retidas (hospedeiros e parasitos exibem a mesma expansão - não há troca de hospedeiro); 2) colonização de parasitos (parasitos se dispersam e mudam de hospedeiro); 3) colonização do hospedeiro (os hospedeiros dispersam e adquirem novos parasitos) e 4) colonização do hospedeiro e parasito (hospedeiros e os parasitos se dispersam e a troca de hospedeiros ocorre em ambas as direções).

Todas essas interações puderam ser percebidas, por meio de vários trabalhos, nos quais os esfingídeos e os ácaros tiveram sua distribuição bem ampla pela zona Neotropical, sendo a mesma espécie de ácaro responsável pela infestação da mesma espécie em regiões distantes, por exemplo: *M. rustica* e *P. cocytes* com infestações descritas do México ao Brasil. Espécies de *P. cocytes* e *P. donahuei* infestando diversas espécies de esfingídeos com ampla distribuição. Estudos filogenéticos futuros poderão esclarecer melhor essas relações.

2.7 Conclusões

Antes dessa pesquisa, apenas um único levantamento em campo de apenas oito dias tinha sido realizado com espécimes vivos de otofeidomenídeos. A ampla amostragem realizada nesse estudo foi capaz de aumentar consideravelmente o registro de espécies de Sphingidae parasitadas e assinalar *Prasadiseius donahuei* para a Chapada do Araripe, região Nordeste do Brasil e pela primeira vez as pernas dos esfingídeos foram registradas com ácaros otofeidomenídeos. Este é o primeiro registro de *Callidosoma selmae* utilizando esfingídeos como hospedeiros. Além disso, os testes estatísticos utilizados na presente pesquisa demonstraram não haver preferências por sítios de infestação, fato que já havia sido sugerido por Prasad com espécimes em coleções. A importância da sazonalidade na dinâmica populacional desses animais também foi demonstrada.

2.8 Referências bibliográficas

Begon, M.; Townsend, C. R. & Harper, J. L. 2007. Ecologia: de indivíduos a ecossistemas. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 752p.

Bernardi, L. F. O.; Wohltmann, A.; Lorenzon, I. M. & Ferreira, R. L. 2017. A novel symbiotic relationship between mites and recluse spiders (Sicariidae: Loxosceles), with a description of a new *Callidosoma* species (Trombidiformes: Erythraeidae). Zootaxa, 4338 (3): 459-474.

Beron, P. 2008. Acarorum catalogus I. Acariformes: Calyptostomatoidea (Calyptostomatidae), Erythraeoidea (Smarididae, Erythraeidae). Pensoft Publishers and the National Museum of Natural History, Sofia Bulgarian Academy of Sciences.

Brooks, D. R. & McLennan, D. A. 2002. The Nature of Diversity: An Evolutionary Voyage of Discovery. Chicago: University of Chicago Press.

Bush, A. O.; Lafferty, K. D.; Lotz, J. M. & Shostak, A. W. 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis *et al*. Revisited. The Journal of Parasitol., 83(4): 575-583.

Chant D.A. & McMurtry J.A. 2007 - Illustrated keys and diagnoses for the genera and subgenera of the Phytoseiidae of the world (Acari: Mesostigmata) — Indira Publishing House, West Bloomfield, Michigan, USA. 1-220 pp.

Childers C.C. & G.C. Rock. 1981. Observations on the occurrence and feeding habits of *Balaustium putmani* (Acari: Erythraeidae) in North Carolina apple orchards. – International Journal of Acarology, **7**: 63-68.

Chmielewski, W. 2006. Occurrence of Hemipteroseius adleri (Acari: Mesostigmata: Otopheidomenidae) infesting Pyrrhocoris apterus (Insecta: Heteroptera: Pyrrhocoridae) in Pulawy and other localities in Poland and Lithuania. Biological Lett, 43 (2): 157-161.

Clark, J. 2014. New erythraeids (Parasitengona) from recent glacial outwash, Southern Alps, New Zealand; *Callidosoma*, *Momorangia*, *Grandjeanella*, and *Pukakia* gen. nov.; with a description of the deutonymph of *Callidosoma tiki*. International Journal of Acarology, 40(2): 174-204.

Costa, M. 1968. Notes on the genus Hemipteroseius Evans (Acari: Mesostigmata) with the description of a new species from Israel. Journal of Natural History, 2: 1-15.

Costa, S. G. S.; Klompen, H.; Santos, E. B.; Favretto, M. A.; Pepato, A. R. 2017. (Two new Brazilian Parasitengona larvae: *Callidosoma* (Acari, Erythraeidae) parasite of Lepidoptera and *Durenia* (Acari, Trombellidae) parasite of Culicidae (Diptera), with keys to the species. Systematic and Applied Acarology, 22(1): 42-57.

Ellington, C. P., Coen van den B., Willmott, A. P. & Thomas, A. L. R. 1996. Leading-edge vortices in insect flight. Nature, 384: 626-630.

Haitlinger, R. 2004. *Callidosoma leodegari* n. sp. and new record of *Callidosoma welbourni* Treat, 1985 (Acari: Prostigmata: Erythraeidae) from Argentina and Brazil. International Journal of Acarology, 30(3): 251–254.

Halas, D.; Zamparo, D. & Brooks, D. R. 2005. A historical biogeographical protocol for studying diversification by taxon pulses. Journal of Biogeography, 32: 249-60.

Hoberg, E. P. & Brooks, D. R. 2008. A macroevolutionary mosaic: Episodic host-switching, geographical colonization and diversification in complex host-parasite systems. Journal of Biogeography, 35: 1533-1550.

Janz, N. & Nylin, S. 2007. Host plant range and speciation: the oscillation hypothesis. *In:* Tilmon K. J. (ed) Specialization, speciation, and radiation: the evolutionary biology of herbivorous insects. University of California Press.

Janz, N.; Nylin, S. & Wahlberg, N. 2006. Diversity begets diversity: host expansions and the diversification of plant-feeding insects. BMC Evolutionary Biology, 6: 4.

Krantz, G. W. & Walter, D. E. 2009. A manual of Acarology. 3 ed. Texas, Tech University Press, Lubbock: 807 pp.

Levandowski, M. & Szafranek, P. 2005. Ectoparasitic mite *Hemipteroseius adleri* (Acari: Otopheidomenidae) on the red firebug *Pyrrhocoris apterus* (Heteroptera: Pyrrhocoridae). Experimental and Applied Acarology, (35): 251-257.

Lindquist, E. E; Kantz, G. W & Walter, D. E. 2009. Order Mesostigmata. *In:* Krantz, G. W, Walter, D. E. (eds) A manual of acarology, 3rd edn. Texas Tech University Press, Lubbock, pp. 124-232.

Makol, J. & Wohltmann, A. 2012. An annotated checklist of terrestrial Parasitengona (Actinotrichida: Prostigmata) of the world, excluding Trombiculidae and Walchiidae. Annales Zoologici, 62(3): 359-562.

Moraes, G. J.; Flechtmann, C. H. W. 2008. Manual de acarologia: acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil. Ribeirão Preto: Holos, Editora. 308p.: il.; 23cm.

Munoz-Cárdenas, K.; Fuentes-Quintero, L. S.; Rueda-Ramirez, D.; Rodríguez, C. D. & Cantor, R. F. 2015. The Erythraeoidea (Trombidiformes: Prostigmata) as biological control agents, with special reference to the genus *Balaustium*. *In:* Carrillo, D.; Moraes, G. & Peña, J. (eds) Prospects for Biological Control of Plant Feeding Mites and Other Harmful Organisms. Progress in Biological Control, Springer, 19: 207-239.

Prasad, V. 1968. *Noctuiseius treati*, a new genus and species of moth mite from Hawaii and Easter Island- Annals of the Entomological Society of America, 61(2): 411-413.

Prasad, V. 1970. Two new species of Otopheidomenis mites from South America (Acarina: Phytoseiidae) - Acarologia, 12(1): 28-33.

Prasad, V. 1972. New species of Otopheidomenis (Acarina: Phytoseiidae) ectoparasitic on sphingid moths from Uganda – Acarologia, 14(3): 345-249.

Prasad, V. 1973. A new species of *Otopheidomenis* (Acarina: Otopheidomenidae) from India. Acarologia, 15(2): 193-196

Prasad, V. 1975. Ectoparasitic mites (Acarina: Otopheidomenidae) on sphingid moths. Acarologia, 17 (3): 375-383.

Prasad, V. 2011a. An unusual case of very heavy infestation of *Prasadiseius cocytes* (Prasad, 1970) (Acari: Otopheidomenidae) in *Manduca rustica* (Fab.) (Lepidoptera: Sphingidae) collected in Ecuador. International Journal of Acarology, 37: 31-41.

Prasad, V. 2011b. Rediscovery of *Prasadiseius cocytes* (Prasad, 1970) (Acari: Otopheidomenidae) in the neotropical countries. International Journal of Acarology. 37: 347–354.

Prasad, V. 2012. Description of immature stages of *Prasadiseius cocytes* (Prasad, 1970) (Acari: Otopheidomenidae). Acarologia, 52 (1): 59 - 86.

Prasad, V. 2013a. Survey results of Manduca species (Lepidoptera: Sphingidae) with first record of *Prasadiseius* species (Acari: Otopheidomenidae) in Colombia, Cuba and USA: significance of their findings. International Journal of Acarology. 39 (5): 377-392.

Prasad, V. 2013b. Infestation of Sphingidae (Lepidoptera) by otopheidomenid mites in Intertropical Continental Zones and observation of a case of heavy infestation by *Prasadiseius kayosiekeri* (Acari: Otopheidomenidae). Acarologia 53 (3): 323-345.

Prasad, V. 2018. Redescription of paratype female of *Prasadiseius achlora* (Prasad, 1972) (Acari: Otopheidomenidae). Persian J. Acarology, 7 (2): 115-133.

Prasad, V. 2020. Redescription of females of *Otopheidomenis zalelestes* Treat, 1955 (Acari: Otopheidomenidae) including details of the leg chaetotaxy, sigilla, and spermatheca. Persian J. Acarol., 9 (2): 95–128.

Prasad, V. & Walker G. 2011. Scanning electron microscopic studies on *Prasadiseius kayosiekeri* (Prasad, 1970) (Acari: Mesostigmata: Otopheidomenidae): Idiossoma. International Journal of Acarology, 37:43–52.

Prasad, V.; Guanilo, A. D.; Grados, J. & Prasad, I. 2011. A new species of *Prasadiseius* Wainstein, 1970 (Acari: Otopheidomenidae) From Hawkmoths (Lepidoptera: Sphingidae) in Peru. Acarologia, 51(1): 99-125.

Socha, R. R. 1993. *Pyrrhocoris apterus* (Heteroptera) - an experimental model species: a review.European Journal Entomology. 90: 241 - 286.

Southcott, R.V. 1972. Revision of the larvae of the tribe Callidosomatini (Acarina: Erythraeidae) with observations on post-larval instars. Australian Journal of Zoology Supplementary Series, 13: 1-84.

Southcott, R.V. 1995. A new larval Erythraeidae mite (Acarina: Erythraeidae) from Spain. Acarologia, 36: 223-228.

Speidel, W.; Fänger, H. & Naumann, C. M. 1996 - The phylogeny of the Noctuidae (Lepidoptera) - Systematic Entomology, 21: 219-251

Syed, R. A. & Goff, M. L. 1983 A new species of Otopheidomenis (Acari: Otopheidomenidae) ectoparasitic on *Ascalapha odorata* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Hawaiian Islands, with a key to the species in the genus. International Journal of Entomology, 25 (4): 316-320.

Toft, C. A. & Karter, A. J. 1990. Parasite-host coevolution. Trends in Ecology and Evolution, 5: 326-329.

Treat, A.E. 1975. Mites of Moths and Butterflies. Cornell University Press, Ithaca, N.Y. and London, U.K. 362 pp.

Treat, A. E. 1955. An ectoparasite (Acarina: Mesostigmata) from moths of the genus Zale. Journal of Parasitology, 41: 555-561.

Treat, A. E. 1965. Otopheidomenids from the Antilles and elsewhere. Acarologia, 7 (1): 1-16. Treat, A. 1975. Mites of Moths and Butterflies. Cornell University Press.

Treat, A. E. 1985. Larval *Callidosoma* (Acari, Erythraeidae): new records and a new rearing from the Americas. International Journal of Acarology, 11(2): 93-124.

Wainstein, B. A. 1972. On the system of ectoparasitic mites of the family Otopheidomenidae Treat, 1955 (Parasitiformes). Parazitologiya, 6: 451-456

Walter, D. E.; Lindquist, E. E.; Smith, I. M.; Cook, D. R. & Krantz, G.W. 2009. Order Trombidiformes. *In:* Krantz, G.W. & Walter, D. E. (Eds) A manual of Acarology 3ed. Texas Tech University Press, 83-97.

Weckstein, J. D. 2004. Biogeography explains cophylogenetic patterns in toucan chewing lice. Systematic Biology, 53:154-164.

Wilson, K.; Bjornstad, O. N. & Dobson, A. P. 2002. Heterogeneities in macroparasite infections: patterns and processes. *In:* The Ecology of Wildlife Diseases, P.J. Hudson, A. Rizzoli, B. T. Grenfell, H. Heesterbeek & A. P. Dobson (eds). Oxford University Press, Oxford, 6 - 44 pp.

Zhang, Z. Q. 1995. Review of the systematics and biology of the Otopheidomenidae (Acari: Mesostigmata) with a description of Eickwortius gen.n. from a termite (Isoptera: Termitidae). Systematic Enotomology, 30: 239-246.

Zheng, Bo-yi. 2002. A new species of the genus *Caeculisoma* Berlese (Acari: Erythraeidae) in China. Entomologia Sinica, 9 (3): 61-64.

Capítulo 3. Esfingídeos (Lepidoptera: Sphingidae) e o uso dos recursos florais de Santana do Cariri, Ceará, Brasil

---

3.1 Abstract

Hawkmoths (Lepidoptera: Sphingidae) are considered important pollinators in tropical communities. Observing them when visiting flowers is difficult because they mostly have nocturnal habits, which makes the information acquired through pollen adhering to their bodies relevant, indicating ecological interactions between these groups. Although Chapada do Araripe, Ceará, has a heterogeneous flora of great importance for the region, little is known about its pollinators and floral visitors. In order to find out what resources are used by these moths and facilitate future work on sphingophilia, proboscis was extracted from 3,690 specimens from 37 species collected during August 2016 to July 2018, in the municipality of Santana do Cariri, CE. For preparation of pollen slides, they were separated by species, sex and month and the acetolysis method was used. There was a record of pollen in 29 species, with 91 pollen types belonging to 36 families identified, with new records for Brazil of 11 of them and 63 pollen types. The predominance of pollen types for the two years was Fabaceae (20%), Rubiaceae (13%), Euphorbiaceae and Malvaceae (7%). Of the pollen types used, only *Eucalyptus* does not occur naturally in the Neotropical region. *Erinnyis ello ello*, *Xylophanes tersa* and *Agrius cingulata* had the highest records of pollen types adhered to proboscis with 65, 31 and 28, respectively. A total of 15% of species and 41% of angiosperm families registered for the region were visited by hawkmoths. For Brazil, there was an expansion of 18% of plant families and 28% of pollen types. For the state of Ceará, all data are new records.
Keywords: Fabaceae, pollen, *E. ello ello*, Chapada do Araripe, new records.

3.2 Resumo

Os esfingídeos (Lepidoptera: Sphingidae) são considerados importantes polinizadores nas comunidades tropicais. Observá-los em visita às flores é difícil por terem hábitos noturnos em sua maioria, o que torna relevante as informações adquiridas através do pólen aderido aos seus corpos, a fim de indicar interações ecológicas entre esses grupos. Apesar de a Chapada do Araripe, Ceará, ter uma flora heterogênea e de grande importância para a região, pouco é conhecido sobre seus polinizadores e visitantes florais. No intuito de descobrir quais recursos são utilizados por essas mariposas e facilitar trabalhos futuros sobre esfingofilia, foram

extraídas probóscides de 3.690 espécimes de 37 espécies coletadas durante agosto de 2016 a julho de 2018, no município de Santana do Cariri, CE. Para preparação das lâminas de pólen, estas foram separadas por espécie, sexo e mês e utilizado o método de acetólise. Houve um registro de pólen em 29 espécies de esfingídeos, sendo indentificados nas probóscides dos espécimes coletados 91 tipos polínicos pertencentes a 36 famílias de angiospermas, possibilitando assim novos registros do uso dos recursos florais por esfingídeos no Brasil para 11 famílas de angiospermas e 63 tipos polínicos. O predomínio de tipos polínicos para os dois anos foi Fabaceae (20%), Rubiaceae (13%), Euphorbiaceae e Malvaceae (7%). Dos tipos polínicos utilizados, somente o *Eucalyptus* não ocorre naturalmente na região Neotropical. *Erinnyis ello ello*, *Xylophanes tersa* e *Agrius cingulata* tiveram os maiores registros de tipos polínicos aderidos a probóscides com 65, 31 e 28 tipos, respectivamente. Um total de 15% das espécies e 41% das famílias de angiospermas registradas para a região foram visitadas por esfingídeos. Para o Brasil, houve uma ampliação de 18% das famílias de plantas utilizadas pelos esfingídeos como recurso floral e de 28% dos tipos polínicos. Para o estado do Ceará, todos os dados são novos registros.

Palavras-chave: Fabaceae, tipos polínicos, *E. ello ello*, Chapada do Araripe, Nordeste, novos registros.

3.3 Introdução

Estruturas semelhantes a flores aparecem em registros fóssil há aproximadamente 140 milhões de anos, no Jurássico. O sucesso e a predominância das angiospermas foram possíveis graças a essas estruturas que possibilitaram vias mais eficazes na reprodução cruzada, com consequente diversificação floral através da polinização por insetos, há cerca de 70 milhões de anos, quando as angiospermas, então, se espalharam pela Terra (Soltis & Soltis, 2004).

As flores são a parte da planta onde ocorrem a produção e o abrigo dos gametófitos, e estão envolvidas nas várias etapas do processo reprodutivo das angiospermas, como a recepção do grão de pólen pelo estigma e o direcionamento do tubo polínico através do estilete até o óvulo, e posteriormente ao saco embrionário (Lersten, 2004). Podem se apresentar solitárias ou agrupadas em inflorescências, porém, o tipo mais comum observado é a flor pedunculada com quatro conjuntos de órgãos, os verticilos florais (cálice), corola, androceu e gineceu, constituídos, respectivamente, por sépalas, pétalas, estames e carpelos.

As pétalas são consideradas a principal atração visual para visitantes florais**,** por exibirem formas, cores e brilho na corola, podendo também dispor de atração olfativa através das glândulas de odor ou osmóforos (Endress, 1994; Marinho *et al.*, 2014). Apesar de serem sugeridas muitas explicações para essa heterogeneidade, é perceptível que a interação com os visitantes florais exerceu a maior pressão seletiva dessas características (Tanaka & Brugliera, 2006). A principal função dos atrativos florais é sinalizar aos visitantes a presença de recursos e instigar os animais a realizarem visitas; no entanto, o recurso pode estar realmente presente ou não, quando não ocorrem são chamadas de "flores de engodo".

O estame é geralmente subdividido em filete e antera, onde ocorre a produção de pólen e também podem assumir funções de produção de odor e néctar. Em alguns casos, os grãos de pólen produzidos são utilizados como alimento pelos visitantes florais e polinizadores, pois são ricos em nutrientes como aminoácidos, polissacarídeos, lipídios e vitaminas, sendo considerados uma importante recompensa floral, principalmente para besouros, moscas e abelhas (Teixeira *et al*., 2014).

Além disso, o pólen tem sido um marcador natural importante no entendimento das interações entre os visitantes e as plantas (Silva *et al*., 2012), pois a partir da identificação das plantas usadas na dieta dos visitantes, é possível observar o comportamento de visita diretamente na planta e avaliar a sua participação efetiva na polinização da mesma.

Com relação aos nectários, onde ocorre a produção do néctar (recurso floral importante para atração dos visitantes florais), podem estar em qualquer órgão aéreo da planta, e, dependendo de sua localização, são classificados em nectários florais (ocorrem na flor) e extraflorais (ocorrem no corpo vegetativo) (Heil, 2011). Porém, algumas flores oferecem óleos, ao invés de néctar e pólen, que são produzidos e liberados em glândulas denominadas elaióforos (Marinho *et al.*, 2014).

A maioria das angiospermas apresenta flores hermafroditas, com androceu e gineceu funcionais em todas as suas flores (Barrett, 2002), o que implica em mais de 90% das espécies do grupo apresentarem flores com carpelos e estames funcionais. A separação dos elementos reprodutivos pode acontecer temporalmente, seja em diferentes momentos de antese das flores masculinas ou femininas, seja pelo amadurecimento sequencial do androceu ou do gineceu dentro da mesma flor, fenômenos chamados de dicogamia (Bertin & Newman, 1993). Algumas espécies vegetais, porém, podem apresentar os elementos reprodutivos feminino e masculino em flores diferentes. Tais flores são chamadas de unissexuais ou diclinas.

Essas características, além das mudanças de coloração, do horário de abertura, de fechamento da flor e da duração do recurso floral oferecido, podem interferir nos serviços de

polinização, com seleção para os tipos de visitantes florais e influenciando no fluxo e na qualidade do pólen que chega à flor. Segundo Maloof & Inouye (2000), até mesmo a interferência de pilhadores pode gerar interações com resultados imprevisíveis. Para ser efetivo, o recurso deve satisfazer pelo menos uma das três principais necessidades dos animais: alimentação (pólen, néctar, lipídeos e tecidos florais), reprodução e construção de ninho (fragrâncias e resinas), sendo a alimentação responsável pela maioria das visitas às flores.

Os visitantes florais podem ser esporádicos, frequentes, oportunistas, pilhadores, generalistas ou especialistas, mas para ser um polinizador efetivo**,** precisa realizar a transferência do pólen das anteras para o estigma da flor de uma mesma espécie de planta. Esse processo é denominado polinização e pode ocorrer com o pólen e estigma de uma mesma flor (autopolinização), entre a antera e estigma de flores diferentes de um mesmo indivíduo (geitonogamia), entre antera e estigma de flores de indivíduos diferentes (xenogamia) (Agostini *et al*., 2014).

As angiospermas, ao longo de sua evolução, desenvolveram uma grande variedade de mecanismos de polinização (Raven *et al*., 2001). As características florais e as interações de plantas com outras espécies, ou fatores abióticos para a realização da polinização, são conhecidas como síndromes de polinização, divididas de acordo com Vogel (1954) e Faegri & van der Pijl (1979) em: anemofilia - flores polinizadas pelo vento e que não apresentam coloração e estruturas atrativas a visitantes florais; melitofilia - polinização por abelhas, flores com antese diurna, cores variando do ultravioleta ao amarelo intenso, frequentemente com guias visuais de néctar ou pólen; psicofilia - polinização por borboletas, flores delicadas e eretas com recurso floral quase exclusivo de néctar, com odor agradável, frequentemente com guias de néctar e hipocrateriformes, antese diurna e com grande variação de cores; esfingofilia (+falenofilia) - polinização por esfingídeos e outras mariposas noturnas, com antese e liberação de odor noturnas, cores claras ou amarelas, sem guia de néctar, hipocrateriformes, com tubos florais estreitos e compridos, em forma de pincel e orientação das flores frequentemente horizontal, o néctar escondido, odor muito forte, adocicado até narcótico; miofilia - polinização por moscas, a cor das flores variadas, geralmente com manchas coloridas abundantes, com brilho e odor forte, superfície verrucosa, antese sem periodicidade, flor aberta, em forma de disco, com mecanismo de aprisionamento temporário; cantarofilia - polinização por besouros, flores geralmente com antese noturna ou crepuscular, sem coloração específica, flores/inflorescências abertas em forma de disco ou formando uma câmara de polinização, flores robustas, com termogênese e odor forte.

Para os esfingídeos, a observação das visitas às flores é bastante restrita, por apresentarem comportamento quase exclusivamente noturno, o que torna difícil consequentemente a avaliação de sua importância no sistema, baseando-se quase que totalmente em taxas de sucesso reprodutivo nas espécies que apresentam atributos de esfingofilia. Evidência de visitas às flores por parte do polinizador/visitante pode ser indiretamente acessada pela presença de pólen em partes de seu corpo (Alexandersson & Johnson, 2002; Nattero *et al*., 2003; Marques-Souza *et al*, 2007; Ávila Jr., 2009).

Neste sentido, a associação da ecologia da polinização com técnicas de palinologia é de extrema importância, porém, poucos estudos com esfingídeos têm utilizado tal associação em nível comunitário (Darrault & Schilindwein, 2002). Embora tal associação não possibilite interpretar a eficiência do polinizador, pode colaborar muito para a confirmação de possíveis interações não registradas anteriormente pelas dificuldades da observação noturna.

Apesar de darem indícios de quais seriam seus polinizadores, as espécies vegetais fenotipicamente especializadas, ou com características florais restritivas, também podem ser polinizadas por diferentes grupos taxonômicos de animais (Rech *et al*., 2014). Tornando-se necessário estimular o conhecimento da fauna de polinizadores, aumentando as amostragens em muitas regiões e aprimorando o conhecimento sobre sua biologia e necessidades (Santos *et al.*, 2016), visto que a polinização é um dos serviços ambientais fundamentais para o homem (Klein *et al*., 2007).

Mesmo com a beleza dos esfingídeos e da sua importância como polinizadores noturnos, especialmente nos trópicos, existem poucos trabalhos relacionando a esfingofauna e a utilização de recursos florais (Haber & Frankie, 1989; Darrault & Schlindwein, 2002; Machado & Lopes 2004; Amorim, 2008; Ávila Jr *et al.*, 2010). Para o estado do Ceará, até o presente momento, inventários da fauna de esfingídeos foram publicados com referências a coletas em Fortaleza (Rocha, 1954; Silva, 1967), outro no Parque Botânico do Ceará, no município de Caucaia (Silva *et al*., 2015), dois desenvolvidos no Parque Nacional de Ubajara (Lima *et al*., 2014; Câmara *et al*., 2017). Porém, nenhum tratou dos usos dos recursos florais utilizados pelos esfingídeos apesar de no estado do Ceará serem reconhecidas 11 unidades fitoecológicas (Figueiredo, 1997) sendo que nenhum foi reportado para a região de coleta desse estudo.

Na Chapada do Araripe predominam oito dessas unidades sendo: o cerrado, cerradão e manchas de carrasco (platô sedimentar), Floresta Subperenifólia Tropical Pluvio-nebular (Mata úmida), Floresta Estacional Semidecidual (Mata seca) (encosta) e em pontos mais secos no sotavento o predomínio é de Floresta Caducifólia Espinhosa (Caatinga arbórea), Caatinga arbustiva densa chegando à Caatinga arbustiva aberta (fronteira com o estado do Pernambuco)

(Ribeiro-Silva *et al*., 2012). A partir do compilado de artigos e livros chegou-se ao número de 89 famílias de angiospermas com 615 espécies para o estado do Ceará, ampliando para 144 famílias se contarmos com os estados do Piauí e Pernambuco (IBAMA, 2003; Costa *et al*., 2004; Lima *et al*., 2007; Alencar, 2012; Ribeiro-Silva *et al*. 2012; Silva, 2013; Neto *et al*. 2014; Loiola *et. al*., 2015; Tabosa, 2016; MMA, 2016; Reflora, 2018).

Apesar dos levantamentos e dados sobre a fenologia de floração de algumas espécies para a região, ainda há muito a conhecer sobre a flora do entorno, então seguimos o que recomenda Silva (2014) e atribuímos a denominação "tipos" e não espécies para os pólens, pois os mesmo foram identificados com ajuda das coleções de pólen e/ou à literatura especializada. Visto que um mesmo tipo polínico pode incluir grãos de pólen de diferentes espécies morfologicamente semelhantes, dificultando a distinção no microscópio óptico. No entanto, Silva (2009) lembra que o conhecimento da flora local, uma Palinoteca expressiva e a descrição polínica podem assegurar a identificação do grão de pólen até o nível específico em mais de 90% dos casos.

No Brasil foram registradas 51 famílias de angiospermas, pelo menos 140 tipos polínicos em estudos de polinização e em pólen depositados nos esfingídeos quando utilizados os recursos florais (Apêndice 3.1). Na Chapada do Araripe não há registro de ocorrência para 10: Amaryllidaceae, Asparagaceae, Begoniaceae, Campanulaceae, Gentianaceae, Liliaceae, Scrophulariaceae, Tiliaceae, Ulmaceae e Zingiberaceae.

O presente estudo teve como objetivos responder as seguintes perguntas: 1) Qual é a composição dos recursos florais para a comunidade de esfingídeos (Lepidoptera, Sphingidae) na Área de Proteção Ambiental da Chapada do Araripe medida através dos tipos polínicos? 2) Tal composição dos recursos alimentares reflete as características de esfingofilia preditas para esta interação? 3) Existem itens mais importantes e como estão distribuídos temporalmente?

3.4 Materiais e Métodos

3.4.1 Preparação, montagem e identificação das lâminas de pólen

Para a preparação das lâminas de pólen foram retiradas todas as probóscides dos 3.690 (1.706 fêmeas e 1.984 machos) esfingídeos coletados, sendo separados por espécie, sexo e mês e depositadas nos tubos de ensaio devidamente etiquetados com os números correspondentes aos espécimes. Com isso, quantificou-se o número de grãos de pólen de determinada espécie de planta por espécie de esfingídeo dentro de cada mês de coletas, e não em cada indivíduo.

Na sequência, foi iniciado o método de acetólise de Erdtman (1960) que consistiu na adição de ácido acético glacial nos tubos de ensaio e, após retirada do excesso do mesmo, acrescentou-se uma solução de anidrido acético e ácido sulfúrico (9:1), onde permaneceram em banho-maria a aproximadamente 100 ºC, por 1 minuto e 30 segundos. Após o descarte do excesso da solução, foi acrescentada outra solução de álcool com água destilada (1:10) e a última etapa constituiu no acréscimo de uma mistura de água destilada mais glicerina (1:1).

Todas as etapas foram seguidas de centrifugações com duração de cinco minutos a 1.800rpm, apenas a última foi realizada após uma hora de descanso da solução. Posteriormente, com a ajuda de um pincel com a ponta de metal os grãos de pólen foram montados entre lâminas de microscopia e lamínulas utilizando gelatina glicerinada e sendo vedadas com parafina. O pincel foi esterilizado no fogo a cada processo de montagem para não ocorrer contaminação das amostras.

A análise taxonômica dos tipos polínicos foi realizada em colaboração com Ângela Maria da Silva Corrêa, do Laboratório de Palinologia do Instituto de Botânica de São Paulo e para isso foram utilizados como base das identificações Atlas Palinológicos e diversos trabalhos sobre morfologia polínica (Melhem *et al*., 1984, 2003; Roubik & Moreno, 1991; Santos & Makinon, 1997; Silva *et al*., 1999; Buril, 2010; Fourny, 2010; Gasparino, 2014; Lorente, 2017). As lâminas com o material polínico serão disponibilizadas para a Palinoteca do Instituto de Botânica de São Paulo e duplicatas depositadas no Laboratório de Sistemática de Lepidoptera do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo – MZUSP.

3.4.2 Análises dos dados

Os tipos polínicos foram contabilizados quanto à sua frequência em cada mês e estabelecido um valor de importância para cada espécie/tipo polínico relativo à sua

proporcionalidade no total da flora e quanto a sua incidência na comunidade de esfingídeos. Tal metodologia foi estabelecida com o intuito de minimizar os possíveis efeitos das diferentes cargas polínicas de cada espécie e as possíveis presenças acidentais na amostra. (Ávila Jr., 2009). Onde:

(a) **Índice de proporcionalidade (ip)** = $\frac{\text{nº de grãos de pólen da espécie i}}{\text{nº total de grãos de pólen das spp do mês j}}$ X 100

(b) **Índice de ocorrência (io)** = $\frac{\text{nº de spp. de esfingídeos com presença de pólen i}}{\text{nº total de esfingídeos do mês j}}$

(c) **Valor de importância (vi)** = ip X io

Foi realizado também um gráfico Bi-partido referente às interações entre as espécies de esfingídeos e as famílias de plantas amostradas nas probóscides, no qual ocorreram o uso de recurso floral. Para isso foi utilizado o 'software' UCInet versão 6 (Borgatti *et al*., 2002). O comprimento das probóscides foram recolhidos de dados publicados por Amorim (2008), Darrault & Schlindwein (2002) e Moré *et al*. (2014), sendo separados por três categorias de probóscides: grande (acima de 8 cm), média (entre 3 e 8 cm) e pequena (abaixo de 3 cm).

3.5 Resultados

Dos 3.690 esfingídeos coletados foram amostradas 37 espécies de Sphingidae e houve registro de pólen para 29 delas (76%), totalizando a identificação de 91 tipos polínicos de angiospermas, sendo que 71 ocorreram no primeiro ano e 56 no segundo, com 36 ocorrendo nos dois anos. Porém, apenas 23 tiveram correspondência em pelo menos um mês entre os dois anos. Um total de 36 famílias foram identificadas, o primeiro ano foram representadas 31 famílias e 26 no segundo, sendo que 21 ocorreram nos dois anos.

Dessa forma, das 36 famílias de angiospermas que foram verificadas para Santana do Cariri, 11 delas (Anacardiaceae, Burseraceae, Clusiaceae, Connaraceae, Gesneriaceae, Lauraceae, Malpighiaceae, Marcgraviaceae, Meliaceae, Nyctaginaceae, Urticaceae) e 63 tipos polínicos ainda não tinham registro de interações com esfingídeos para o Brasil e 22 tipos já haviam sido citados em outros trabalhos (Apêndice 3.1). Em seis tipos polínicos foi possível somente chegar até nível de família. Todos os tipos polínicos registrados possuem distribuição ampla e ocorrência para o estado do Ceará, somente os gêneros *Alchornea* (Prancha 5), *Marcgravia* (Prancha 7), *Euterpe*, *Eriotheca* e a espécie *Mimosa pudica* (Prancha 7) não possuem registros para o estado, porém possuem registro para o estado vizinho Pernambuco que também faz parte do complexo da Chapada do Araripe.

Dos 11 novos registros para famílias, oito ocorreram no primeiro ano e seis no segundo, apenas três (Anacardiaceae, Connaraceae e Urticaceae) ocorreram nos dois anos, seis delas ocorrendo apenas uma vez durante todo o período de coleta. Apesar disso, não apresentaram os menores valores de IP e vi do que as famílias que já haviam registros na literatura. Duas delas (Connaraceae e Gesneriaceae) apresentaram valores altos se comparados com famílias que já possuíam registros de uso como recurso floral. Em relação aos tipos polínicos, dos 91 coletados um total de 42 ocorreu apenas uma vez sendo 28 no primeiro ano e 14 no segundo, mas somente 11 estiveram dentro dos menores valores para os meses que ocorreram.

O maior número de tipos polínicos observado para o primeiro ano ocorreu nos meses de janeiro (17 spp.), abril (29 spp.), maio (28 spp.) e os menores em outubro (5spp.), setembro (9spp.) e fevereiro (10spp.) (Tabela 11). Não ocorreu coleta em março de 2017 e não houve incidência de pólen nas probóscides nos meses de junho e julho de 2017. Dos tipos polínicos amostrados 39% tiveram presença exclusivamente em um mês e apenas *Capparis* (Prancha 5) e *Senna* (2,8%) (Prancha 7) estiveram presentes nos 9 meses onde ocorreu pólen.

Foram observados os valores de proporcionalidade e de importância para os meses amostrados, ou seja, foi verificado se o tipo polínico com maior abundância ou maior valor de

IP também foi o mais frequente demonstrado através do maior valor de importância. Todos os meses exceto o mês de maio de 2017, tiveram tipos polínicos com valor de maior abundância sendo também o de maior frequência. No mês maio/17 o tipo *Rourea* (Prancha 5) foi o mais abundante, porém *Capparis* foi o mais frequente. Isso acontece porque a estimativa do valor de importância reflete a associação entre a abundância do tipo polínico e sua distribuição na comunidade de esfingídeos. Quando o valor de importância caí significa que o tipo polínico mais abundante não foi o mais frequente nas espécies de esfingídeos de determinado mês.

O predomínio de tipos polínicos para os dois anos foi Fabaceae (20%), Rubiaceae (13%), Euphorbiaceae e Malvaceae (7%) (Tabela 13 e 14). Quando analisados separadamente, nos dois anos também houve predomínio de Fabaceae (21,1% e 23,6%) e Rubiaceae (11,3% e 14,5%), dados para o primeiro (ago/16 a mai/17) e segundo (out/17 a jul/18) ano respectivamente. Porém, no primeiro ano Malvaceae também teve uma representatividade razoável com 7% e no segundo ano só representou 3,6%, ficando Euphorbiaceae e Asteraceae com 7,3% maior número de representantes. Ou seja, juntas representaram 39,4% das famílias registradas no primeiro ano e 45,4% para no segundo ano.

No primeiro ano de coleta o tipo polínico que apresentou maior valor de proporcionalidade foi o *Capparis* com 91,4% e valor de importância para o período foi *Guettarda viburnoides* com 20 (Prancha 10). Tiveram muitos tipos polínicos com valores de proporcionalidade e importância baixos, mas *Eriotheca* apresentou o menor valor de IP 0,003% e vi de 0,0001 em conjunto com mais 6 tipos com o mesmo valor. Porém, somente quatro *Eriotheca, Euterpe, Sida e Eugenia* ocorreram apenas uma vez (Tabela 13).

Entretanto, também houveram tipos com uma única ocorrência como é o caso de *Alibertia* (Prancha 8), *Rourea e Tibouchina* que tiveram valor de IP consideráveis no mês que ocorreram de 41,51%, 33,5% e 14,3%, respectivamente. Em relação a valor de importância, somente *Alibertia* teve valor de 2,4, enquanto os outros todos tiveram valores abaixo de 1. O único tipo utilizado que não ocorre naturalmente na região Neotropical foi o *Eucalyptus*, que tem sua origem na Oceania e sua introdução no Brasil data de 1825 e está entre as espécies exóticas mais plantadas no Ceará (MMA, 2016). Este ocorreu apenas no mês de agosto de 2016 com valores de IP 0,5% e vi 0,05 (Tabela 13).

As famílias que tiveram os números de IP e valor de importância no período foram Capparaceae, Connaraceae, Fabaceae, Rubiaceae e Rutaceae. Sendo que Rubiaceae teve os maiores valores para agosto e setembro de 2016 com *Guettarda viburnoides* (77,21% e 20) e *Alibertia* sp. (41,51% e 2,4), respectivamente. Para o mês de outubro/16 foi Rutaceae que

obteve os maiores valores com *Zanthoxyllum* (51% e 11,22) (Prancha 10), para os meses de novembro e dezembro de 2016 Capparaceae com *Capparis* (56,1% e 1,6; 91,4% e 14,6).

Nos meses de janeiro, fevereiro e abril de 2017 foi Fabaceae que teve os maiores valores com três tipos polínicos diferentes um para cada mês, sendo eles: *Senna* (33,6% e 1), *Centrosema* (32% e 0,09) (Prancha 6) e *Mimosa* (45,3 % e 0,4) (Prancha 7), respectivamente. No mês de maio/17 Connaraceae com *Rourea* (33,5% e 0,06), porém *Capparis* teve o IP menor que *Centrosema* em fevereiro/17, mas o valor de importância foi igual (0,09) e o valor maior que Rourea (0,1) em maio/17.

Os menores valores estiveram distribuídos em um maior número de famílias: Acanthaceae, Arecaceae, Bignoniaceae, Cactaceae, Caryocaraceae, Convolvulaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Lauraceae, Malvaceae, Meliaceae, Myrtaceae, Orquidaceae, Passifloraceae, Rubiaceae e Sapindaceae. Os meses de janeiro (0,4% e 0,0004), abril (0,1% e 0,0001) e maio (0,6% e 0,001) de 2017 foram os que apresentaram maior número de famílias com baixos números de IP e valor de importância, cada um com seis. Seguido por dezembro/16 (0,06% e 0,0006) com 4 famílias. Os meses de agosto/16 (0,2 % e 0,01) e fevereiro/17 (0,3% e 0,0004) com duas famílias. Os meses de setembro/16 (0,003% e 0,0001), outubro/16 (1% e 0,11) e novembro/16 (0,02% e 0,0002) com representantes de apenas uma família.

Tabela 13. Tipos polínicos com dados de proporcionalidade e valor de importância referentes as interações com os esfingídeos no período de 08/16 a 07/17 no município de Santana do Cariri, CE. *Primeiro registro de utilização de recurso floral por Sphingidae para família ou tipo polínico no Brasil. Em negrito os valores mais altos do mês. #sobrescrito para os menores valores do mês. = Para os tipos que ocorreram nos dois anos.

Famílias/ mês	ago/16		set/16		out/16		nov/16		dez/16		jan/17		fev/17		abr/17		mai/17	
	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI
ACANTHACEAE																		
Justicia sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6#	0,001#
ANACARDIACEAE*																		
Anacardium sp.*	-	-	-	-	-	-	0,16	0,001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Astronium sp.*=	0,5	0,02	-	-	-	-	6,4	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ARECACEAE																		
Euterpe sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1#	0,0001#	-	-
ASTERACEAE																		
Mikania sp.*=	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,2	0,06	1,9	0,003
Vernonia sp.=	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	0,0006	-	-
BIGNONIACEAE																		
Anemopaegma sp.*	-	-	-	-	-	-	0,16	0,001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mansoa sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4	0,001	1,3	0,002
Pithecoctenium sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6#	0,001#
Tabebuia sp.*=							0,02#	0,0002#	5,4	0,1	0,4#	0,002#						
BORAGINACEAE																		
Cordia sp.=	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	0,003	-	-	-	-	-	-	3,9	0,007
BROMELIACEAE																		
Billbergia sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,3	0,002
BURSERACEAE*																		
Protium sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0,02	-	-	-	-	-	-

Tabela 13. Continuação

Famílias/ mês	ago/16		set/16		out/16		nov/16		dez/16		jan/17		fev/17		abr/17		mai/17	
	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI
CACTACEAE																		
Harrisia sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6	0,001	-	-
Pilosocereus sp.*[=]	-	-	-	-	-	-	-	-	0,06[#]	0,0006[#]	5,3	0,05	5,4	0,02	-	-	4,6	0,03
CAPPARACEAE																		
Capparis sp.[=]	7,5	1,1	0,41	0,12	32,6	7,1	**56,1**	**1,6**	**91,4**	**14,6**	21,1	0,4	24,8	**0,09**	0,9	0,002	11,1	**0,1**
CARYOCARACEAE																		
Caryocar sp[=]	-	-	-	-	-	-	9,44	0,09	0,1	0,001	-	-	-	-	0,1[#]	0,0001[#]	-	-
CONNARACEAE*																		
Rourea sp.*[=]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**33,5**	0,06
CONVOLVULACEAE																		
Convolvulus sp.*[=]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6[#]	0,001[#]
Ipomoea sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4	0,0008	-	-
EUPHORBIACEAE																		
Alchornea sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,1	0,1	-	-	-	-	-	-
Chamaesyce sp.*[=]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	0,0006	-	-
Croton sp.[=]	0,2[#]	0,01[#]	-	-	-	-	-	-	0,06[#]	0,0006[#]	-	-	0,8	0,0008	0,1[#]	0,0001[#]	-	-
Phyllanthus sp.*	3,5	0,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FABACEAE																		
Acacia sp.[=]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4	0,0004[#]	-	-	-	-
Bauhinia sp.[=]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4	0,001	-	-	0,6[#]	0,001[#]
Caesalpinia sp.*	-	-	-	-	-	-	0,16	0,001	-	-	0,4[#]	0,002[#]	-	-	-	-	-	-
Calopogonium sp.*[=]	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	0,001	-	-	-	-	-	-	-	-
Centrosema sp.*	-	-	-	-	-	-	0,16	0,001	0,1	0,001	-	-	**32**	**0,09**	-	-	-	-
Chamaecrista sp.*	3,2	0,32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4	0,0004	-	-

Tabela 13. Continuação

Famílias/ mês	ago/16		set/16		out/16		nov/16		dez/16		jan/17		fev/17		abr/17		mai/17	
	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI
Dalbergia sp.*[=]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,6	0,01	1,9	0,009
Desmodium sp.*[=]	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	0,003	0,8	0,008	-	-	-	-	-	-
Galactia sp.*	0,2[#]	0,01[#]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Inga sp.[=]	-	-	0,006	0,0007	1[#]	0,11[#]	1,4	0,01	0,2	0,0006[#]	-	-	-	-	0,3	0,0006	-	-
Mimosa sp.[=]	0,2[#]	0,01[#]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4	0,0004[#]	**45,3**	**0,4**	1,3	0,006
Mimosa pudica[=]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,9	0,003	0,6[#]	0,001[#]
Piptadenia sp.*[=]	-	-	-	-	-	-	0,16	0,001	-	-	-	-	-	-	3,6	0,01	3,9	0,02
Senna sp.*[=]	1,77	0,2	0,11	0,01	1[#]	0,11[#]	16,4	0,1	0,3	0,003	**33,6**	**1**	1,6	0,004	0,7	0,0007	1,3	0,002
Fabaceae spp	-	-	-	-	-	-	0,16	0,001	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6[#]	0,001[#]
LAMIACEAE																		
Hyptis sp.*[=]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	0,001	1,9	0,003
LAURACEAE*																		
Ocotea sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4[#]	0,002[#]	-	-	-	-	-	-
MALVACEAE																		
Eriotheca sp.*	-	-	0,003[#]	0,0001[#]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Helicteres sp.*[=]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,9	0,02	-	-	-	-	-	-
Quararibea sp.*	1,5	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pseudobombax sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,3	0,002
Sida sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1[#]	0,0001[#]	-	-
MARCGRAVIACEAE*																		
Marcgravia sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,3	0,004	-	-
MELASTOMATACEAE																		
Tibouchina sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14,3	0,02	-	-
Melastomataceae spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	0,001	-	-

Tabela 13. Continuação

Famílias/ mês	ago/16		set/16		out/16		nov/16		dez/16		jan/17		fev/17		abr/17		mai/17	
	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI
MELIACEAE*																		
Cedrela sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	0,06#	0,0006#	-	-	-	-	-	-	-	-
MYRTACEAE																		
Eucalyptus sp.*	0,5	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eugenia sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1#	0,0001#	-	-
Myrcia sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4	0,0004	-	-
Myrtaceae spp.=	-	-	-	-	14,1	1,5	5,1	0,05	0,1	0,003	0,8	0,0004#	-	-	0,4	0,0004	-	-
NYCTAGINACEAE*																		
Guapira sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	0,001	-	-	-	-	-	-	-	-
ORQUIDACEAE																		
Orquidaceae spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6#	0,001#
PASSIFLORACEAE																		
Passiflora sp.*=	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4#	0,002#	-	-	-	-	-	-
RUBIACEAE																		
Alibertia sp.	-	-	**41,51**	**2,4**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Borreria sp.=	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	0,001	1,9	0,009
Chomelia sp.*=	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,6	0,1	-	-	0,4	0,0004	5,2	0,01
Diodia sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4#	0,002#	-	-	-	-	-	-
Genipa sp.	-	-	0,6	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Guettarda viburnoides=	**77,21**	**20**	-	-	-	-	-	-	-	-	2,9	0,02	0,3#	0,002	0,1#	0,0001#	-	-
Psychotria sp.*=	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6#	0,001#
Rubiaceae spp.	-	-	0,3	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,9	0,003

Tabela 13. Continuação

Famílias/ mês	ago/16		set/16		out/16		nov/16		dez/16		jan/17		fev/17		abr/17		mai/17	
	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI
RUTACEAE																		
Zanthoxyllum*[=]	0,2	0,01	2,7	0,32	**51**	**11,22**	1,4	0,01	0,2	0,002	-	-	-	-	-	-	-	-
SAPINDACEAE																		
Serjania sp.[=]	-	-	-	-	-	-	0,16	0,001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sapindaceae spp.[=]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6[#]	0,001[#]
SOLANACEAE																		
Solanum sp.*[=]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,8	0,002	9,3	0,02	3,2	0,02
URTICACEAE*																		
Cecropia sp.*[=]	2,5	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-	1,6	0,009	-	-	-	-	9,8	0,01
VOCHYSIACEAE																		
Vochysia sp.[=]	0,5	0,025	1,5	0,09	-	-	-	-	0,8	0,008	1,6	0,01	-	-	-	-	1,9	0,009
Total	**14**		**9**		**5**		**15**		**16**		**17**		**10**		**29**		**28**	

Dessas 16 famílias apenas cinco tiveram representantes com valores mais baixos em mais de um mês. Fabaceae foi uma delas e esteve em seis meses com representantes de oito tipos polínicos, sendo que dois (*Mimosa* e *Inga*) foram os únicos que estiveram presentes em mais de um mês. No caso de Euphorbiaceae, Bignoniaceae e Rubiaceae tiveram valores mais baixos em três meses, estando *Croton* presente nos três, *Tabebuia* (Prancha 4) e *Guettarda viburnoides* em dois meses, respectivamente. Myrtaceae (Prancha 8) esteve presente em dois meses com um tipo em cada mês (Tabela 13).

Para o segundo ano, os meses com maiores números de tipos polínicos foram janeiro (28 spp.), dezembro (18 spp.) março e abril (14 spp.) e os menores foram junho (1 spp.), julho (2 spp.) e fevereiro (9 spp.), não houve registro de pólen para os meses de agosto e setembro de 2017 (Tabela 14). Dos tipos polínicos amostrados 25% tiveram presença exclusivamente em um mês e nenhum esteve presente nos 10 meses, o tipo mais frequente foi *Sinningia* sp. presente em 6 meses. Quando comparado com o primeiro ano de coleta os meses de janeiro e abril também corresponderam ao maior número de tipos polínicos, porém com valores invertidos. Fevereiro esteve com o menor número de tipos polínicos com quase o mesmo valor do primeiro ano.

As famílias com os maiores IP e valor de importância no segundo ano de coleta foram Fabaceae, Gesneriaceae, Malvaceae, Myrtaceae e Rubiaceae. Dessas famílias, Myrtaceae foi a que apresentou em outubro de 2017 os maiores valores de IP (20,5%) e de vi (0,2) e também em julho de 2018 com valores de IP de 96,8% e de vi 4,8. Nos meses de novembro (IP 73,4% e vi 4,4), dezembro de 2017 (89,2% e 0,8) e janeiro de 2018 (IP 36,5% e iv 0,7) foi Gesneriaceae com *Sinningia* que apresentou os valores de IP e vi mais elevados.

Rubiaceae teve em fevereiro (IP 78,3% e vi 3,1), março (80,8 e 1,6) e abril (25,7% e 0,2) de 2018 os maiores valores com o tipo polínico *Guettarda viburnoides.* No mês de abril de 2018, assim como *Guettarda viburnoides,* o tipo polínico *Piptadenia* de Fabaceae também apresentou o mesmo vi de 0,2. No mês de maio de 2018 foi Fabaceae com o tipo polínico *Mimosa* (IP 34,7% e vi 1) que teve destaque nos maiores valores e em junho de 2018 a família Malvaceae com *Apeiba* com IP de 100% e vi de 5, este foi o único mês em que ocorreu apenas um tipo polínico. Apesar de essas famílias terem apresentado valores altos de IP e vi no segundo ano, somente duas famílias estiveram presentes em ambos os anos com os valores mais altos: Fabaceae com o tipo polínico *Mimosa* e Rubiaceae com *Guettarda viburnoides,* porém com valores e meses diferentes.

Assim como, no primeiro ano de coleta, ocorreu também um maior número de famílias com menores valores, são elas: Asteraceae, Bignoniaceae, Boraginaceae, Cactaceae, Caryocaraceae, Convolvulaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Lamiaceae, Passifloraceae, Rubiaceae e Sapindaceae. No mês de outubro de 2017 foi encontrado o tipo polínico *Piptadenia* 0,01% e 0,0001 de Fabaceae com o menor valor. No mês de novembro, as famílias Euphorbiaceae e Fabaceae foram representadas cada uma com um tipo polínico *Croton* e *Dalbergia* com os valores de 0,1% e 0,002, na devida ordem. Em dezembro, Cactaceae e Fabaceae com *Pilosocereus* e *Acacia* e números de 0,05% e 0,0001.

Em 2018, o mês de janeiro apresentou representantes de três famílias: Euphorbiaceae (*Cnidoscolus ulei*), Fabaceae *(Anadenanthera)* e Sapindaceae (*Serjania* e Sapindaceae spp.), e os tipos polínicos referentes a elas, ambos com os valores de 0,1% e 0,0003. Fevereiro teve como representantes Bignoniaceae, Fabaceae, Passifloraceae e Rubiaceae com o número de 1,2% e 0,01 representados cada um por um tipo polínico *Tabebuia, Bauhinia, Passiflora* e *Psychotria*, respectivamente. As famílias Asteraceae com o tipo polínico *Mikania* e Rubiaceae com *Borreria* e *Chomelia* tiveram o valor de 0,3% e 0,0009, o menor para março. Asteraceae também teve o valor menor de 1% e 0,002 em abril por meio do tipo polínico *Trixis,* concomitante com *Caryocar* pertencente a Caryocaraceae.

Em maio, Boraginaceae com *Cordia,* Convolvulaceae com *Convolvulus*, Lamiaceae com *Hyptis* obtiveram os valores de 2,1% para proporcionalidade e 0,02 como valor de importância. Junho teve apenas um tipo polínico por isso não foi possível analisar o menor valor. Em julho a família Euphorbiaceae teve o menor valor com o tipo polínico *Cnidoscolus ulei* apresentando os seguintes valores 3% e 0,1 (Tabela 14). Em relação aos menores valores todos ocorreram mais de uma vez durante o segundo ano, sendo *Trixis* e *Cnidoscolus ulei* os únicos que não ocorreram também no primeiro ano. Somente os tipos polínicos *Pilosocereus* e *Caryocar* tiveram correspondência entre os dois anos com os meses de dezembro com valor mais baixo e abril com valor mais alto, respectivamente.

Tabela 14. Tipos polínicos com dados de proporcionalidade e valor de importância referentes as interações com os esfingídeos no período de 08/17 a 07/18 no município de Santana do Cariri, CE. *Primeiro registro de utilização de recurso floral por Sphingidae para família ou tipo polínico no Brasil. Em negrito os valores mais altos do mês. #sobrescrito para os menores valores do mês. = Para os tipos que ocorreram nos dois anos.

Famílias/ mês	out/17		nov/17		dez/17		jan/18		fev/18		mar/18		abr/18		mai/18		jun/18		jul/18	
	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI
ANACARDIACEAE*																				
Astronium sp.*$^{=}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,7	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-
ASTERACEAE																				
Bacharys sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,5	0,06	-	-	-	-
Mikania sp.*$^{=}$	-	-	0,3	0,006	-	-	-	-	-	-	0,3$^{\#}$	0,0009$^{\#}$	7,2	0,01	4,3	0,04	-	-	-	-
Trixis sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1$^{\#}$	0,002$^{\#}$	-	-	-	-	-	-
Vernonia sp.$^{=}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,3	0,04	-	-	-	-
BIGNONIACEAE																				
Tabebuia sp.*$^{=}$	-	-	5	0,1	4	0,02	-	-	1,2$^{\#}$	0,01$^{\#}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BORAGINACEAE																				
Cordia sp.$^{=}$	-	-	2	0,04	0,25	0,0007	2,9	0,01	-	-	-	-	5,1	0,02	2,1$^{\#}$	0,02$^{\#}$	-	-	-	-
CACTACEAE																				
Pilosocereus sp.*$^{=}$	-	-	-	-	0,05$^{\#}$	0,0001$^{\#}$	2	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAPPARACEAE																				
Capparis sp.$^{=}$	0,07	0,002	0,7	0,02	-	-	2,1	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CARYOCARACEAE																				
Caryocar sp.$^{=}$	-	-	3,9	0,1	0,2	0,0006	2,2	0,006	-	-	-	-	1$^{\#}$	0,002$^{\#}$	-	-	-	-	-	-
CONNARACEAE*																				
Rourea sp.*$^{=}$	-	-	-	-	2,9	0,008	4,5	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CONVOLVULACEAE																				
Convolvulus sp.*$^{=}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,1$^{\#}$	0,02$^{\#}$	-	-	-	-

Tabela 14. Continuação

Famílias/ mês	out/17		nov/17		dez/17		jan/18		fev/18		mar/18		abr/18		mai/18		jun/18		jul/18	
	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI
CLUSIACEAE*																				
Clusia sp.*	0,03	0,0003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EUPHORBIACEAE																				
Chamaesyce sp.*[=]	-	-	-	-	-	-	0,4	0,001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Croton sp.[=]	-	-	0,1[#]	0,002[#]	0,2	0,001	0,3	0,0009	-	-	0,6	0,001	2	0,01	-	-	-	-	-	-
*Cnidoscolus ulei**	-	-	-	-	0,1	0,0003	0,1[#]	0,0003[#]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3[#]	0,1[#]
Cnidoscolus urens	-	-	-	-	0,1	0,0003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FABACEAE																				
Acacia sp.[=]	-	-	-	-	0,05[#]	0,0001[#]	0,2	0,0006	-	-	1,3	0,003	-	-	-	-	-	-	-	-
Anadenanthera sp.*	-	-	0,2	0,004	-	-	0,1[#]	0,0003[#]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bauhinia sp.[=]	-	-	-	-	-	-	-	-	1,2[#]	0,01[#]	0,6	0,004	-	-	-	-	-	-	-	-
Bauhinia guianensis	-	-	-	-	-	-	1,1	0,003	-	-	0,6	0,001	-	-	-	-	-	-	-	-
Calopogonium sp.*[=]	-	-	-	-	-	-	0,8	0,002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dalbergia sp.*[=]	-	-	0,1[#]	0,002[#]	-	-	1,4	0,004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Desmodium sp.*[=]	-	-	0,3	0,006	-	-	0,8	0,008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hymenaea sp.*	-	-	-	-	-	-	13,7	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Inga sp.[=]	1,2	0,01	-	-	0,2	0,001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mimosa sp.[=]	1,2	0,01	-	-	0,4	0,002	-	-	-	-	1,3	0,003	4,1	0,02	**34,7**	**1**	-	-	-	-
Mimosa pudica[=]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0,004	-	-	-	-	-	-
Piptadenia sp.*[=]	0,01[#]	0,0001[#]	-	-	-	-	0,4	0,001	-	-	-	-	21,6	**0,2**	23,9	0,4	-	-	-	-
Senna sp.*[=]	-	-	-	-	0,2	0,0006	0,3	0,001	4,8	0,04	-	-	3	0,01	-	-	-	-	-	-
GESNERIACEAE*																				
Sinningia sp.*	0,3	0,003	**73,4**	**4,4**	**89,2**	**0,8**	**36,5**	**0,7**	-	-	3	0,03	18,5	0,1	-	-	-	-	-	-

Tabela 14. Continuação

Famílias/ mês	out/17		nov/17		dez/17		jan/18		fev/18		mar/18		abr/18		mai/18		jun/18		jul/18	
	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI
LAMIACEAE																				
Hyptis sp.*[=]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,1[#]	0,02[#]	-	-	-	-
MALVACEAE																				
Apeiba sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**100**	**5**	-	-
Helicteres sp.*[=]	-	-	-	-	-	-	4,6	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MALPIGHIACEAE*																				
Janusia sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	2,4	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Stigmaphylon sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	0,01	-	-	-	-	-	-
MYRTACEAE																				
Myrtaceae spp.[=]	**20,5**	**0,2**	-	-	0,3	0,0009	-	-	-	-	1	0,01	-	-	10,8	0,1	-	-	**96,9**	**4,8**
PASSIFLORACEAE																				
Passiflora sp.*[=]	-	-	-	-	-	-	0,2	0,0006	1,2[#]	0,01[#]	-	-	-	-	8,6	0,08	-	-	-	-
PIPERACEAE																				
Piper sp.*	5,1	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
POLYGONACEAE																				
Coccoloba sp.*	-	-	-	-	-	-	1,6	0,004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RUBIACEAE																				
Borreria sp.[=]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3[#]	0,0009[#]	-	-	-	-	-	-	-	-
Chomelia sp.*[=]	-	-	-	-	-	-	19	0,19	4,8	0,09	0,3[#]	0,0009[#]	-	-	-	-	-	-	-	-
Coutarea sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	4,8	0,04	1	0,007	3	0,01	-	-	-	-	-	-
Guettarda viburnoides[=]	-	-	-	-	0,6	0,001	-	-	**78,3**	**3,1**	**80,8**	**1,6**	**25,7**	**0,2**	-	-	-	-	-	-
Posoqueria sp.	-	-	-	-	-	-	0,9	0,002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Psychotria sp.*[=]	-	-	-	-	-	-	-	-	1,2[#]	0,01[#]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabela 14. Continuação

Famílias/ mês	out/17		nov/17		dez/17		jan/18		fev/18		mar/18		abr/18		mai/18		jun/18		jul/18	
	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI	IP%	VI
Randia sp.	-	-	-	-	-	-	0,5	0,001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tocoyena sp.	-	-	-	-	8,4	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RUTACEAE																				
Pilocarpus sp.*	0,06	0,0006	0,2	0,004	0,2	0,0006	-	-	-	-	-		2	0,004	-	-	-	-	-	-
Zanthoxyllum sp.*[=]	0,17	0,001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SAPINDACEAE																				
Paullinia sp.*	2,5	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Serjania sp.[=]	-	-	-	-	-	-	0,1[#]	0,0003[#]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sapindaceae spp.[=]	-	-	-	-	-	-	0,1[#]	0,0003[#]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SOLANACEAE																				
Solanum sp.*[=]	-	-	-	-	-	-	1,5	0,009	-	-	1,6	0,004	-	-	-	-	-	-	-	-
URTICACEAE*																				
Cecropia sp.*[=]	-	-	13,2	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VOCHYSIACEAE																				
Vochysia sp.[=]	1,2	0,01	-	-	0,9	0,002	0,3	0,001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	**12**		**12**		**18**		**28**		**9**		**14**		**14**		**10**		**1**		**2**	

Quando relacionados os dois anos de coletas, os dados de proporcionalidade, importância e presença em pelo menos oito meses, as plantas consideradas como mais relevantes para extração de recursos florais pelos esfingídeos foram: Capparaceae (*Capparis*), Fabaceae (*Mimosa* e *Senna*), Myrtaceae e Rubiaceae (*Guettarda viburnoides*). Apesar de ter apresentado dados de proporcionalidade e importância com valores altos, Gesneriaceae (*Sinningia*) ocorreu somente no segundo ano em três meses. Lembrando que todos os meses em que foram observados tipos polínicos, eles apresentaram o valor de maior abundância sendo também o de maior frequência.

Para estabelecer as plantas que tiveram os recursos florais pouco explorados foram utilizados os seguintes parâmetros: presença em apenas um ano de coleta; presença em, no máximo, três meses; valores de proporcionalidade e importância baixos e/ou não terem sido citados em outras literaturas, sendo designados os seguintes táxons vegetais: Anacardiaceae (*Anacardium*), Arecaceae (*Euterpe*), Bignoniaceae (*Anemopaegma*), Clusiaceae (*Clusia*), Fabaceae (*Galactia*), Lauraceae (*Ocotea*), Malvaceae (*Eriotheca* e *Sida*), Meliaceae (*Cedrela*) e Nyctaginaceae (*Guapira*).

No Ceará, Capparaceae está bem registrada em vegetação de mata seca (Floresta Estacional Semidecidual), no complexo vegetacional da zona litorânea e na Caatinga, estando concentrada principalmente na região norte e sul do estado (Hall *et al.*, 2002; Neto *et al*., 2014). No domínio fitogeográfico da Caatinga, aparece como uma das principais famílias, tanto por possuir um número considerável de espécies, quanto por apresentar espécies de ampla distribuição (Moro *et al.*, 2014).

A família Fabaceae é considerada como a mais abundante para o estado do Ceará e teve duas espécies de *Mimosa* entre as mais frequentes e abundantes (MMA, 2016). Junto com *Mimosa*, o gênero *Senna* está entre os principais dessa família e foram os dois gêneros que apresentaram maior riqueza na Chapada do Araripe depois de *Croton* da família Euphorbiaceae, de acordo com as literaturas disponíveis até o momento para a Chapada do Araripe (Ribeiro-Silva *et al*., 2012).

As famílias Myrtaceae e Rubiaceae também tiveram uma riqueza expressiva para a Chapada do Araripe e para o Ceará. Porém, gêneros com características bem clássicas de esfingofilia como *Tocoyena* e *Guettarda* que possuem ampla distribuição no Brasil representadas em 12 e 20 espécies, segundo a literatura disponível, só possuem uma

espécie cada uma para a Chapada do Araripe (MMA, 2016; Ribeiro-Silva, 2012; Loiola *et al.*, 2014; Reflora, 2019).

Dos gêneros com maiores valores de IP e vi, *Capparis* (Capparaceae) e *Apeiba* não podem ser classificadas totalmente como esfingófilas, pois algumas características não estão inclusas nas flores, por exemplo, ambas tem sua antese classificada como diurna, mas possuem cores clara e amarelas geralmente, presença de odor, forma de pincel e orientação da flor frequentemente horizontal, sendo as duas últimas características referentes apenas a *Capparis*.

Os esfingídeos também visitaram flores assiduamente dos tipos polínicos *Cecropia, Senna, Solanum* que não possuem características de esfingofilia e só possuem pólen como recurso floral, sendo os dois últimos caracterizados como síndrome do pólen e liberação por vibração (Machado & Lopes, 2004; Maia-Silva, 2012; RCpol, 2018). Um total de 13 espécies foram identificadas com esses tipos polínicos nas probóscides sendo 4, 12 e 6 na devida ordem.

As famílias que tiveram representantes citados entre os menos utilizados para extração de recursos florais como Bignoniaceae (*Anemopaegma*) e Fabaceae (*Galactia*) apesar de terem alta taxa de riqueza para a região, os tipos polínicos retratados foram de gêneros com apenas duas espécies identificadas para cada um até o momento (Ribeiro-Silva, 2012; Loiola *et al.*, 2014). O gênero *Anemopaegma* possuí flores com corola tubulosa, longa e cores claras, o que esperado da síndrome de esfingofilia, o que provoca outras questões sobre essa falta de correlação, diferente de *Galactia* que possuí flores pequenas.

Ainda que a família Arecaceae seja uma das mais abundantes junto com Anacardiaceae para o estado do Ceará, não há registro para o gênero *Euterpe* o que justificaria seus valores tão baixos, já para *Anacardium* há registro de três espécies para a Chapada do Araripe (MMA, 2016). Dos tipos polínicos com baixos valores de IP e vi para Malvaceae um (*Eriotheca)* também não tem registro para o estado do Ceará e o outro (*Sida*) possuí seis espécies para a Chapada do Araripe, mas nenhuma delas com flores esfingófilas.

Por fim, as famílias Lauraceae (*Ocotea*), Meliaceae (*Cedrela*), Nyctaginaceae (*Guapira*) e Clusiaceae (*Clusia*) também tiveram pouco impacto na utilização de recursos florais pelos esfingídeos e possuem poucos representantes para a flora do estado, a última não tem registro para Chapada do Araripe.

Verificou-se que 42 tipos polínicos ocorreram apenas uma vez durante os dois anos de coleta e desses 32 tiveram correlação com apenas uma espécie de esfingídeo, dentre eles os que foram citados anteriormente como os menos utilizados para extração de recursos florais. E *Erinnyis ello ello* foi a espécie com a maior presença desses tipos polínicos, estando relacionada a 16, enquanto outras 9 espécies de esfingídeos se correlacionaram com a outra metade (Figura 18).

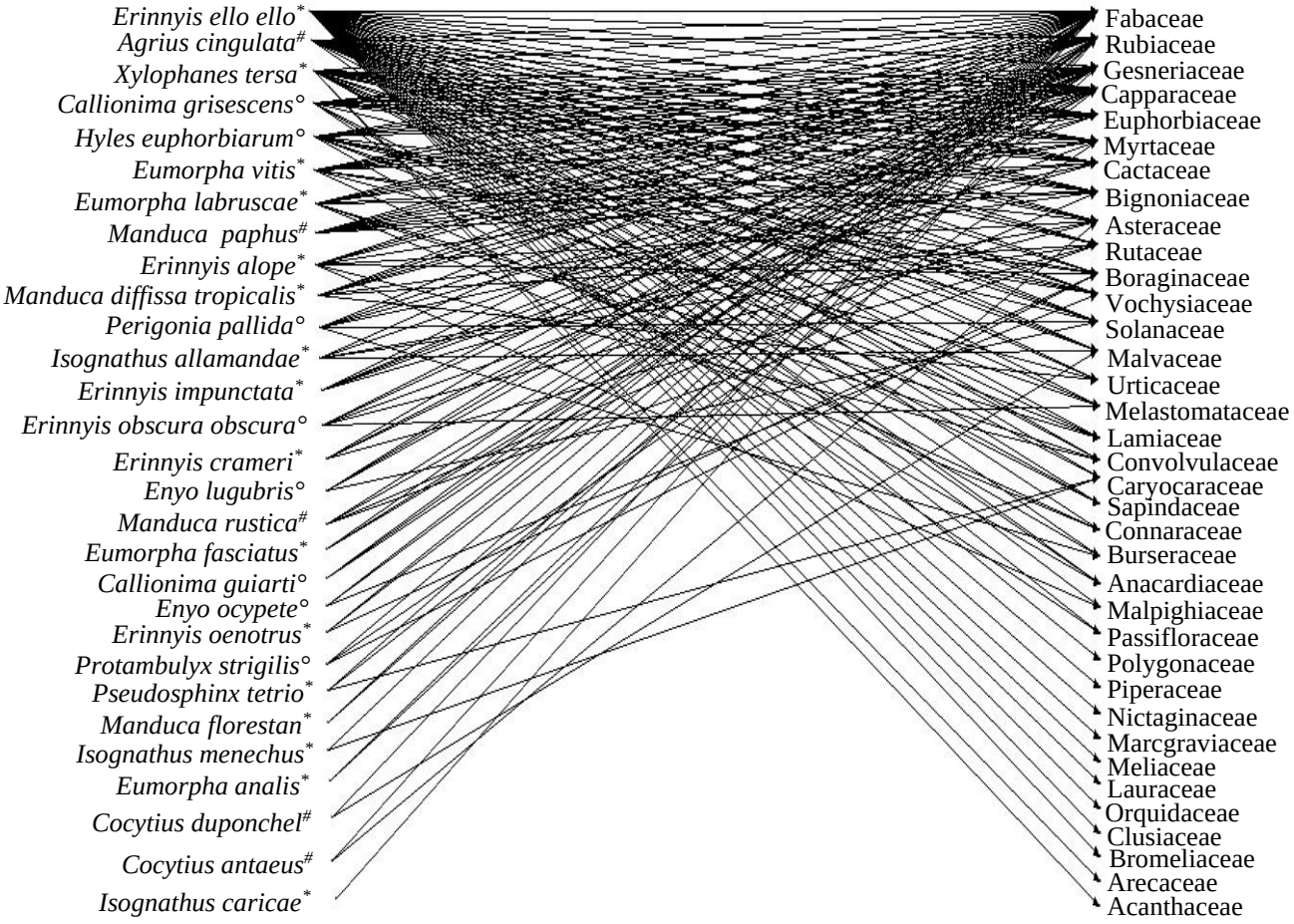


Figura 18. Interações das espécies de esfingídeos com as famílias dos tipos polínicos amostrados nas probóscides, representadas no gráfico Bi-partido referente ao período de 08/2016 a 07/2018 no município de Santana do Cariri, CE. #Probóscides com tamanho grande (acima de 8 cm), * Probóscides com tamanho médio (3 - 8 cm) e ° Probóscides com tamanho pequeno (menor que 3 cm) medidas retiradas de Moré *et al*. (2014), Amorim (2008) e Darrault & Schlindwein (2002).

Considerando que foram identificadas através da literatura 615 espécies e 89 famílias de angiospermas na área estudada, até o momento, e considerando todos os tipos

polínicos, até os registrados apenas uma vez, aproximadamente 15% das espécies e 41% das famílias de angiospermas foram visitadas por esfingídeos. Sendo utilizadas os tipos arbóreos, subarbustos e herbáceas. E também vários formatos de corola.

O número de gêneros ou espécies de angiospermas que foram utilizadas para extração de recurso floral pelos esfingídeos teve uma variação de 1 a 65. Contudo, durante os dois anos de amostragem foi observado que a maioria dos esfingídeos (55%) visitou até 5 espécies de angiospermas, pórem não foi tão baixo o percentual (31%) dos que visitaram acima de 10 plantas, sendo o intervalo entre 5 e 10 o que apresentou menor valor com apenas 14% (Figura 20).

As espécies de esfingídeos com maiores registros de tipos polínicos foram *Erinnyis ello ello, Xylophanes tersa* e *Agrius cingulata* com 65, 31 e 28, respectivamente. E com menor foram *Cocytius anteus, Cocytius duponchel, Eumorpha analis, Isognathus menechus e Manduca florestan* com 2 tipos polínicos e *Isognathus caricae* com apenas um. Os tipos polínicos mais encontrados foram *Sinningia, Capparis* e *Guettarda virbunoides* e *Mimosa,* com 16, 15 e 14 espécies de esfingídeos correlacionadas.

As 29 espécies onde foram encontrados os tipos polínicos foram separadas em grupos por tamanho de probóscides, apenas cinco delas (17%) apresentaram comprimento acima de 8 cm (grande), 16 espécies (55%) tiveram probóscides com comprimento entre 3 e 8 cm (média) e oito espécies (28%) com probóscides com menos de 3 cm (pequena). O grupo com probóscides médias demonstrou também o maior número de tipos polínicos encontrados com 84 (92,3%), já os grupos com probóscides grandes e pequenas tiveram uma diferença pequena com 34 (37,4%) e 37 (40,6%), nesta ordem.

Notamos que os esfingídeos de probóscides médias usufruíram de 36 (39,6%) tipos polínicos, número bem maior que o encontrado nas de probóscides grandes e pequenas, apenas três (3,3%) e quatro (4,4%), respectivamente. Ao todo 19,8% foram usados pelos três grupos e 32,9% por dois deles. Dos que foram utilizados pelos três grupos, apenas quatro (*Guettarda viburnoides* (2,5 - 4,5 cm) *Tabebuia* (3,1 - 6,1 cm), *Sinningia* (3 - 3,5 cm) e *Pilosocereus* (6 - 9 cm)) são consideradas grandes o que poderia impedir o acesso ao néctar pelos esfingídeos de probóscides pequenas. Apesar disso, com exceção de *Guettarda* viburnoides, todas as outras possuem uma abertura do tubo ampla o que poderia diminuir o comprimento até a câmara nectarífera, e teria que ser visto

também a altura da lâmina de néctar, o que tornaria viável a espécies com 1,5 cm de probóscide terem acesso ao recurso.

Os esfingídeos com probóscides longas como *C. antaeus* e *C. duponchel* que possuem aproximadamente 8,1 e 8,4 de comprimento foram bem marcados, ocorrendo apenas de março a junho no período dos dois anos. No entanto, mesmo ocorrendo no mesmo período de floração de espécies com características esfingófilas como *Guettarda viburnoides*, essas espécies não apresentaram esse tipo polínico. Isso pode ter ocorrido devido à pequena amostragem dessas espécies com 14 e 10 espécimes, respectivamente, o que pode ter causado uma subamostragem das flores utilizadas para obtenção de recurso.

Para *C. antaeus* e *C. duponchel*, os pólens encontrados nas probóscides foram de flores de todos os tamanhos, formas e recurso diferentes, por exemplo, em *C. antaeus* havia tipos polínicos de *Mikania e Mimosa* com néctar disponível e flores muito pequenas claras com forma tubular em inflorescência, em *C. duponchel* tipos polínicos de *Apeiba* que até o momento só tem registro de uma espécie (*Apeiba tibourbon*) para a região que possui cor amarela, flor aberta média e pólen como recurso e *Bauhinia* que possui flores grandes, claras e néctar disponível.

Outros esfingídeos com probóscides longas que também tinham carga polínica de *Mikania* foram *A. cingulata* aproximadamente 10,1 cm de probóscide e *M. paphus* com 9,7 cm, porém essas duas espécies visitaram também flores esfingófilas por exemplo: *Guettarda viburnoides*, *Inga* e *Pilosocereus*. Do mesmo modo, apresentaram tipo polínico de *Senna* que possuí flores com apenas pólen como recurso. Ambos ocorreram nos períodos seco e chuvoso.

A espécie *M. rustica* com mais de 12 cm de aparelho bucal teve somente carga polínica de flores grandes e com néctar, sendo a única que apresentou pólen de *Tocoyena* que tem somente uma espécie identificada até a presente data para a região, *Tocoyena formosa*, considerada a maior flor da área de amostragem. No entanto, só foram amostrados em ambos os períodos 14 espécimes, o que pode não refletir todas as angiospermas utilizadas como recurso floral pela espécie.

Ademais as angiospermas que foram utilizadas por todos os esfingídeos independentemente do tamanho da probóscides, tipos polínicos como *Piper* que possuem flores muito pequenas e somente pólen como recurso acabaram sendo utilizadas por espécies com probóscides médias, bem como *Justicia* que na região possui uma espécie

(*Justicia aequilabris*) registrada com flores vermelhas com tubo de 2,5 cm e néctar como recurso. Também houveram tipos polínicos utilizados apenas por espécies com probóscide pequena, como *Trixis* e *Galactia* apresentando flores pequenas de até 1,4 cm e néctar.

Um montante de 46 espécies de esfingídeos possuem informação de pelo menos uma planta utilizada como recurso floral no Brasil. Os dados coletados ampliaram esse conhecimento para 21 espécies de esfingídeos e trouxeram informações novas para 7 espécies e suas correlações com uso dos recursos florais. As espécies que tiveram mais informações ampliadas sobre os tipos polínicos utilizados foram *Erinnyis ello ello* com 56 novos tipos, *Xylophanes tersa* com 27 e *Agrius cingulata* com 25. Das espécies que tiveram dados pela primeira vez três (*E. lugubris*, *E. crameri* e *E. impunctata*) apresentaram o maior número de tipos polínicos com 5. Foi observado também que machos e fêmeas da mesma espécie utilizam os mesmos recursos (Tabelas 15, 16 e 17).

Tabela 15. Associação entre os tipos polínicos e os esfingídeos (fêmea e macho) no período de 08/2016 a 07/2018 no município de Santana do Cariri, CE. *Primeiro registro de utilização de recurso floral por Sphingidae para família no Brasil. # sobrescrito para primeiro registro do tipo polínico como uso de recurso floral para espécie de esfingídeo no Brasil. Negrito para as espécies de esfingídeos com primeira informação.

Famílias/ Espécie	*Agrius cingulata*	*Callionima grisescens*	***Callionima guiarti***	*Cocytius antaeus*	***Cocytius duponchel***	***Enyo lugubris***	*Enyo ocypete*	*Erinnyis alope*	***Erinnyis crameri***	*Erinnyis ello ello*	***Erinnyis impunctata***
ANACARDIACEAE*											
Anacardium sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	F#	-
Astronium sp.*	M#	-	-	-	-	-	-	-	-	M#	-
ASTERACEAE											
Mikania sp.*	M/F#	-	-	M/F#	-	-	-	M#	-	M/F#	-
BIGNONIACEAE											
Anemopaegma sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	F#	-
Mansoa sp.*	F#	-	-	-	-	-	-	-	-	F#	-
Tabebuia sp.*	-	M#	-	-	-	-	-	-	-	M/F#	-
BORAGINACEAE											
Cordia sp.	F#	-	-	-	-	-	-	F#	-	M/F#	-
BROMELIACEAE											
Billbergia sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	M#	-
BURSERACEAE*											
Protium sp.*	-	F#	-	-	-	-	-	-	-	M#	-
CACTACEAE											
Harrisia sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	F#	-
Pilosocereus sp.*	M/F#	F#	-	-	-	-	-	-	-	M/F#	F#
CAPPARACEAE											
Capparis sp.	M/F#	F#	-	-	-	-	-	-	F#	M/F#	M/F#
CARYOCARACEAE											
Caryocar sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	M/F	-

Tabela 15. Continuação

Famílias/ Espécie	*Agrius cingulata*	*Callionima grisescens*	***Callionima guiarti***	*Cocytius antaeus*	***Cocytius duponchel***	***Enyo lugubris***	*Enyo ocypete*	*Erinnyis alope*	***Erinnyis crameri***	*Erinnyis ello ello*	***Erinnyis impunctata***
CONNARACEAE*											
Rourea sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	M/F#	-
CONVOLVULACEAE											
Convolvulus sp.*	F#	-	-	-	-	-	-	F#	-	-	-
Ipomoea sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	F#	-
CLUSIACEAE*											
Clusia sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	M#	-
EUPHORBIACEAE											
Alchornea sp.	M#	M#	-	-	-	-	-	-	-	M#	-
Chamaesyce sp.*	-	F#	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Croton sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	M/F#	F#
*Cnidoscolus ulei**	-	F#	-	-	-	-	-	-	-	F#	-
Cnidoscolus urens	-	-	-	-	-	-	-	-	-	F#	-
Phyllanthus sp.*	M#	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FABACEAE											
Acacia sp.	-	-	F#	-	-	-	-	-	-	M/F#	-
Anadenanthera sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	M/F	-
Bauhinia sp.	F#	-	-	-	F#	-	-	-	-	F#	-
Caesalpinia sp.*	-	M#	-	-	-	-	-	-	-	F#	-
Calopogonium sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	F#	-
Centrosema sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	F#	-
Chamaecrista sp.*	F#	-	-	-	-	-	-	-	F#	-	-
Dalbergia sp.*	M#	-	-	-	-	-	-	M#	-	M#	-
Desmodium sp.*	-	M#	-	-	-	-	-	-	-	M#	-

Tabela 15. Continuação

Famílias/ Espécie	*Agrius cingulata*	*Callionima grisescens*	***Callionima guiarti***	*Cocytius antaeus*	***Cocytius duponchel***	***Enyo lugubris***	*Enyo ocypete*	*Erinnyis alope*	***Erinnyis crameri***	*Erinnyis ello ello*	***Erinnyis impunctata***
Galactia sp.*	-	M#	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hymenaea sp.*	-	F#	-	-	-	-	-	F#	-	M/F#	-
Inga sp.	M	-	-	-	-	-	-	M	-	M /F	-
Mimosa sp.	M/F#	-	-	F#	-	F#	-	M/F#	-	M/F#	F#
Mimosa pudica	M#	M#	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Piptadenia sp.*	F#	-	-	-	-	M/F#	-	-	-	M/F#	-
Senna sp.*	M#	F#	-	-	-	-	M#	M#	F#	M/F#	-
Fabaceae spp	F	-	-	-	-	-	-	-	-	M	-
GESNERIACEAE*											
Sinningia sp.*	-	F#	M#	-	-	F#	-	F#	F#	M/F#	M/F#
LAMIACEAE											
Hyptis sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	F#	-
LAURACEAE*											
Ocotea sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	M#	-
MALVACEAE											
Apeiba sp.*	-	-	-	-	F#	-	-	-	-	-	-
Helicteres sp.*	M#	-	-	-	-	-	-	-	-	M/F#	-
Pseudobombax sp.	M/F#	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sida sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	F#	-
MALPIGHIACEAE*											
Janusia sp.*	-	-	-	-	-	-	-	F#	-	-	-
Stigmaphylon sp.*	-	-	-	-	-	-	-	M#	-	M#	-
MARCGRAVIACEAE*											
Marcgravia sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	F#	-

Tabela 15. Continuação

Famílias/ Espécie	*Agrius cingulata*	*Callionima grisescens*	***Callionima guiarti***	*Cocytius antaeus*	***Cocytius duponchel***	***Enyo lugubris***	*Enyo ocypete*	*Erinnyis alope*	***Erinnyis crameri***	*Erinnyis ello ello*	***Erinnyis impunctata***
MELASTOMATACEAE											
Tibouchina sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	F#	-
MELIACEAE*											
Cedrela sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	M#	-
MYRTACEAE											
Eucalyptus sp.*	F#	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eugenia sp.*	-	M#	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Myrcia sp.*	-	-	-	-	-	-	-	M#	-	M#	-
Myrtaceae spp.	M	M	-	-	-	-	-	F	-	M/F	-
NYCTAGINACEAE*											
Guapira sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	M#	-
ORQUIDACEAE											
Orquidaceae spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	F	-
PASSIFLORACEAE											
Passiflora sp.*	-	M#	-	-	-	-	-	-	-	M/F#	-
PIPERACEAE											
Piper sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	M#	-
POLYGONACEAE											
Coccoloba sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	M/F#	-
RUBIACEAE											
Borreria sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	F#	-
Chomelia sp.*	M/F#	F#	-	-	-	-	-	-	-	M/F#	-
Coutarea sp.*	-	-	-	-	-	-	-	M#	-	F#	-
Diodia sp.*	-	F#	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabela 15. Continuação

Famílias/ Espécie	*Agrius cingulata*	*Callionima grisescens*	***Callionima guiarti***	*Cocytius antaeus*	***Cocytius duponchel***	***Enyo lugubris***	*Enyo ocypete*	*Erinnyis alope*	***Erinnyis crameri***	*Erinnyis ello ello*	***Erinnyis impunctata***
Guettarda viburnoides	F#	M/F#	F#	-	-	F#	M	F	-	M/F	-
Posoqueria sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	F	-
Psychotria sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	M#	-
Randia sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	F#	-
RUTACEAE											
Pilocarpus sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	M/F#	-
Zanthoxyllum sp.*	M#	-	-	-	-	-	-	-	F#	M/F#	-
SAPINDACEAE											
Paullinia sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	M#	-
Serjania sp.	-	F#	-	-	-	-	-	-	-	M	-
Sapindaceae spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	M	-
SOLANACEAE											
Solanum sp.*	M/F#	-	-	-	-	F#	-	-	-	M/F#	-
URTICACEAE*											
Cecropia sp.*	M#	-	-	-	-	-	-	-	-	F#	-
VOCHYSIACEAE											
Vochysia sp.	F#	F#	-	-	-	-	M#	-	-	M/F#	-
Total	**28**	**22**	**3**	**2**	**2**	**5**	**3**	**15**	**5**	**65**	**5**

Tabela 16. Associação entre os tipos polínicos e as espécies de esfingídeos (fêmea e macho) no período de 08/2016 a 07/2018 no município de Santana do Cariri, CE. *Primeiro registro de utilização de recurso floral por Sphingidae para família ou tipo polínico no Brasil. # sobrescrito para primeiro registro do tipo polínico como uso de recurso floral para espécie de esfingídeo no Brasil. Negrito para as espécies de esfingídeos com primeira informação.

Famílias/ Espécie	*Erinnyis obscura obscura*	*Erinnyis oenotrus*	***Eumorpha analis***	***Eumorpha fasciatus***	*Eumorpha labruscae*	*Eumorpha vitis*	*Hyles euphorbiarum*	*Isognathus allamandae*	*Isognathus caricae*
ANACARDIACEAE*									
Astronium sp.*	-	-	-	-	-	-	M#	-	-
ASTERACEAE									
Bacharys sp.*	-	-	-	-	M#	-	-	-	-
Mikania sp.*	-	-	-	-	-	-	M/F#	-	-
Trixis sp.*	-	-	-	-	-	-	M#	-	-
Vernonia sp.	F#	-	-	-	-	-	-	F#	-
BIGNONIACEAE									
Mansoa sp.*	-	-	-	-	M#	-	-	-	-
BORAGINACEAE									
Cordia sp.	-	M#	-	-	-	F#	F#	-	-
CACTACEAE									
Pilosocereus sp.*	-	-	-	-	F#	-	-	-	-
CAPPARACEAE									
Capparis sp.	-	-	-	M#	M/F#	M/F#	F#	M/F#	-
CONNARACEAE*									
Rourea sp.*	-	-	-	-	F#	M#	-	-	-
CONVOLVULACEAE									
Ipomoea sp.	-	-	-	-	F#	-	-	-	-
EUPHORBIACEAE									
Alchornea sp.	-	-	-	-	-	M#	-	-	-

Tabela 16. Continuação

Famílias/ Espécie	*Erinnyis obscura obscura*	*Erinnyis oenotrus*	***Eumorpha analis***	***Eumorpha fasciatus***	*Eumorpha labruscae*	*Eumorpha vitis*	*Hyles euphorbiarum*	*Isognathus allamandae*	*Isognathus caricae*
Chamaesyce sp.*	-	-	-	-	-	-	F#	-	-
Croton sp.	-	-	-	-	-	-	M#	-	-
FABACEAE									
Acacia sp.	-	-	-	-	-	-	M#	-	-
Bauhinia sp.	-	-	-	-	F#	-	-	-	-
Bauhinia guianensis	-	-	-	-	-	-	-	M#	-
Centrosema sp.*	-	M#	-	-	-	-	M#	-	-
Chamaecrista sp.*	-	F#	-	-	-	-	-	-	-
Desmodium sp.*	-	F#	-	-	M#	-	-	-	-
Hymenaea sp.*	-	-	-	M#	-	-	-	M#	-
Inga sp.	-	-	-	-	-	-	M#	M#	-
Mimosa sp.	-	-	-	-	M/F#	M/F#	M/F#	M#	-
Mimosa pudica	-	-	-	-	F#	-	-	-	-
Piptadenia sp.*	-	-	-	-	-	-	M/F#	-	-
Senna sp.*	-	F	-	-	-	M#	M/F#	-	-
GESNERIACEAE*									
Sinningia sp.*	M#	-	M#	M#	F#	M/F#	M#	-	-
LAMIACEAE									
Hyptis sp.*	-	-	-	-	F#	-	F#	-	-
MALVACEAE									
Eriotheca sp.*	-	-	-	-	-	-	-	M#	-
MELASTOMATACEAE									
Tibouchina sp.*	-	-	-	-	-	-	M#	-	-

Tabela 16. Continuação

Famílias/ Espécie	*Erinnyis obscura obscura*	*Erinnyis oenotrus*	***Eumorpha analis***	***Eumorpha fasciatus***	*Eumorpha labruscae*	*Eumorpha vitis*	*Hyles euphorbiarum*	*Isognathus allamandae*	*Isognathus caricae*
Melastomataceae spp.	F	-	-	-	-	-	-	-	-
MYRTACEAE									
Myrtaceae spp.	M	-	-	-	-	M	-	-	-
RUBIACEAE									
Alibertia sp.	-	-	-	-	-	F#	-	-	-
Borreria sp.	-	-	-	-	-	-	F#	-	-
Chomelia sp.*	M#	-	-	-	-	-	M/F#	-	-
Coutarea sp.*	-	M#	-	-	-	-	-	-	-
Genipa sp.	-	-	-	-	-	F#	-	-	-
Guettarda viburnoides	-	-	F#	-	F#	-	M/F#	-	M
Rubiaceae spp	-	-	-	-	-	F	-	-	-
RUTACEAE									
Zanthoxyllum sp.*	-	-	-	-	-	-	-	M#	-
SOLANACEAE									
Solanum sp.*	-	-	-	-	-	-	M/F#	-	-
URTICACEAE*									
Cecropia sp.*	-	-	-	-	-	M#	-	-	-
VOCHYSIACEAE									
Vochysia sp.	-	-	-	-	-	F#	F#	-	-
Total	**5**	**6**	**2**	**3**	**13**	**13**	**21**	**8**	**1**

Tabela 17. Associação entre os tipos polínicos e as espécies de esfingídeos (fêmea e macho) no período de 08/2016 a 07/2018 no município de Santana do Cariri, CE. *Primeiro registro de utilização de recurso floral por Sphingidae para família ou tipo polínico no Brasil. # sobrescrito para primeiro registro do tipo polínico como uso de recurso floral para espécie de esfingídeo no Brasil.

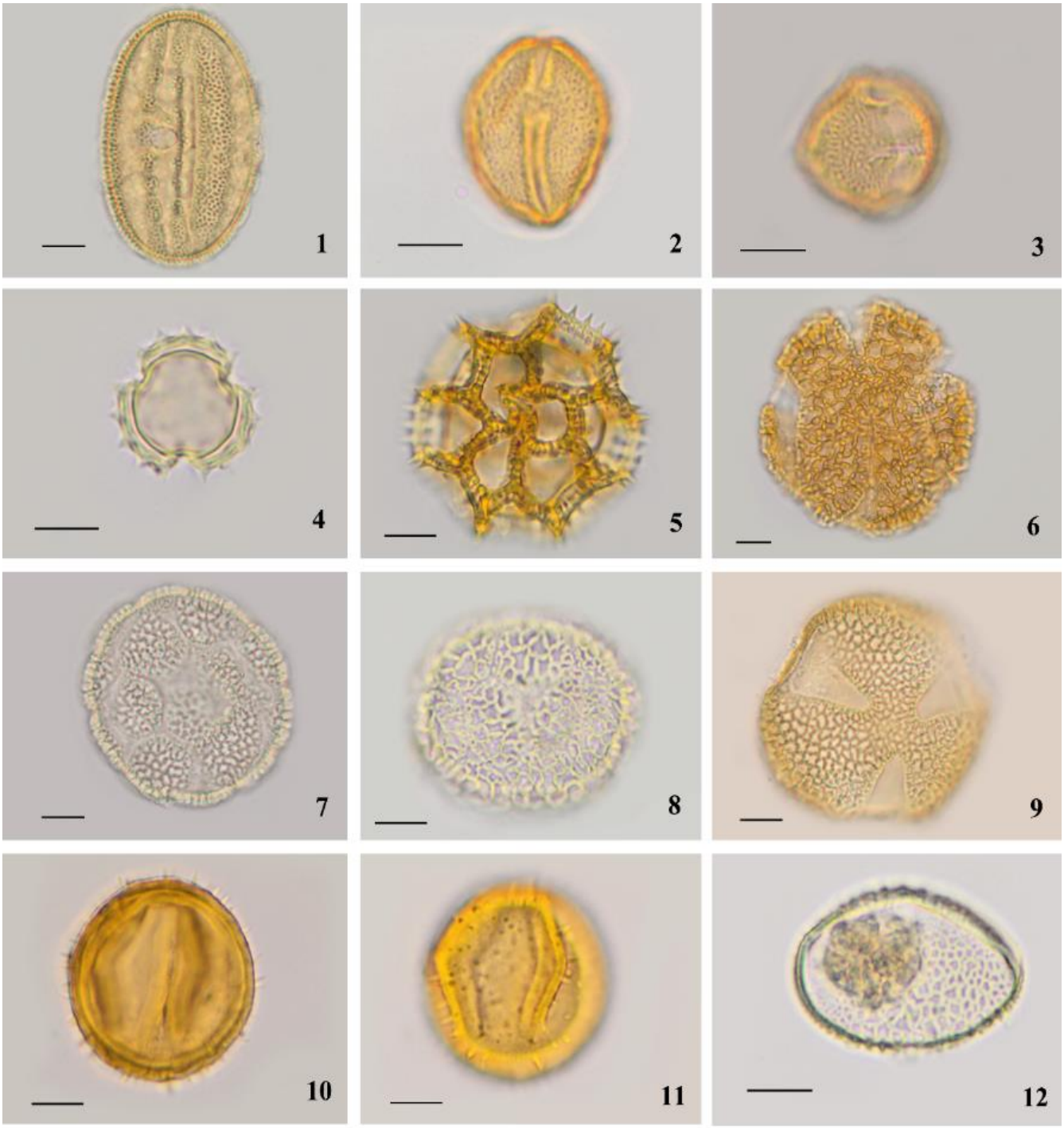
Famílias/ Espécie	*Isognathus menechus*	*Manduca diffissa tropicalis*	*Manduca florestan*	*Manduca rustica*	*Manduca paphus*	*Perigonia pallida*	*Protambulyx strigilis*	*Pseudosphinx tetrio*	*Xylophanes tersa*
ACANTHACEAE									
Justicia sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	F#
ARECACEAE									
Euterpe sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	M#
ASTERACEAE									
Bacharys sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mikania sp.*	-	-	-	-	M#	-	-	-	M/F#
Vernonia sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	M#
BIGNONIACEAE									
Mansoa sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	M#
Pithecoctenium sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	F#
Tabebuia sp.*	-	F#	-	M#	M#	-	-	-	-
BORAGINACEAE									
Cordia sp.	-	-	-	-	-	-	F#	-	-
BURSERACEAE*									
Protium sp.*	-	-	-	-	-	M#	-	-	-
CACTACEAE									
Harrisia sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	M#
Pilosocereus sp.*	-	-	-	-	F#	M#	-	-	F#
CAPPARACEAE									
Capparis sp.	-	F#	-	M#	M/F#	-	-	M#	M/F#

Tabela 17. Continuação

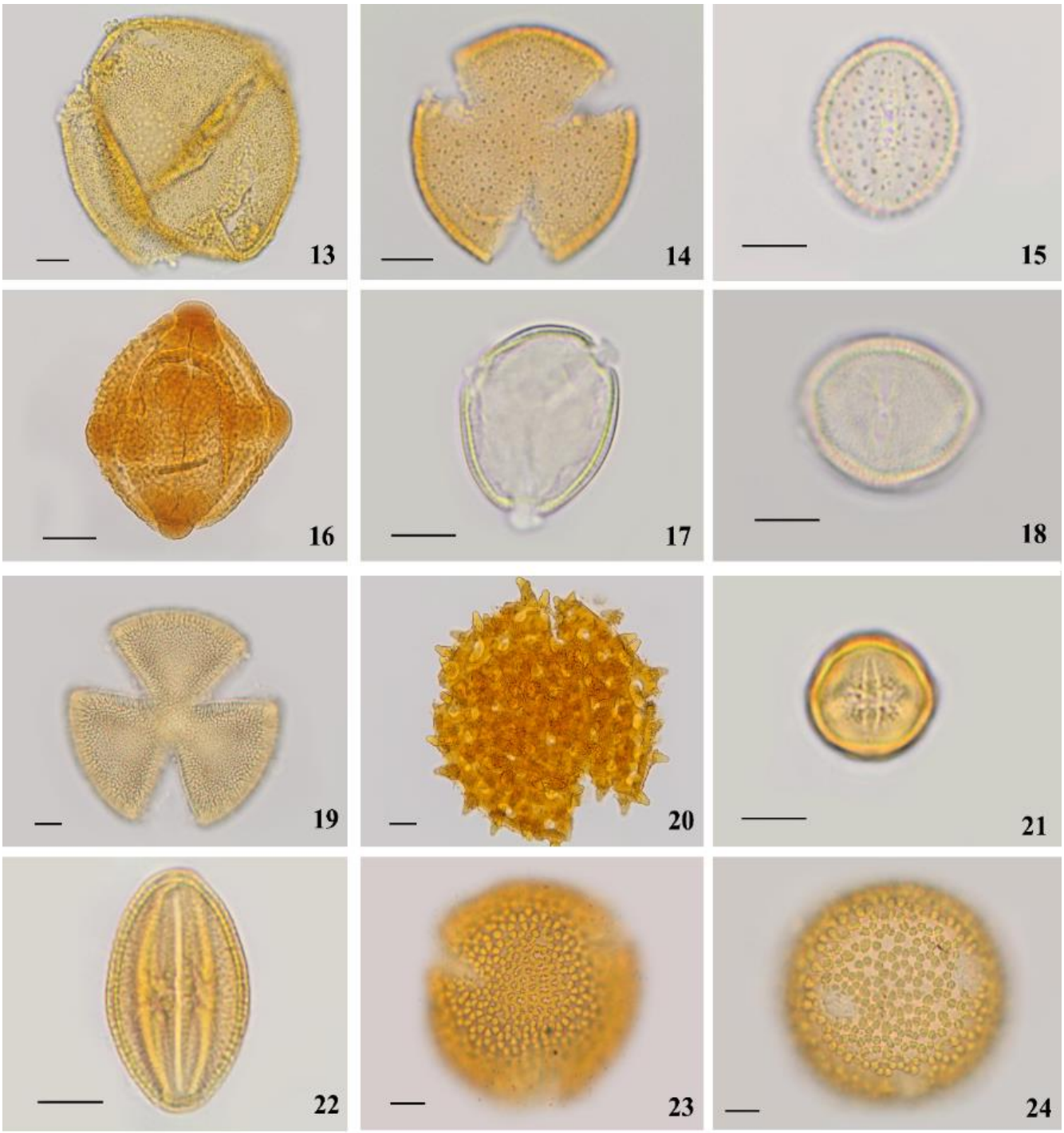
Famílias/ Espécie	*Isognathus menechus*	*Manduca diffissa tropicalis*	*Manduca florestan*	*Manduca rustica*	*Manduca paphus*	*Perigonia pallida*	*Protambulyx strigilis*	*Pseudosphinx tetrio*	*Xylophanes tersa*
CARYOCARACEAE									
Caryocar sp.	M	-	-	-	-	-	-	F	F
EUPHORBIACEAE									
Alchornea sp.	-	-	-	-	M#	M#	-	-	-
Chamaesyce sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	M#
Croton sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	M#
Phyllanthus sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	M#
FABACEAE									
Bauhinia sp.	-	-	M#	-	F#	-	-	-	-
Bauhinia guianensis	-	-	-	-	M#	-	-	-	-
Calopogonium sp.*	-	-	-	-	-	-	-	M#	-
Centrosema sp.*	-	-	-	-	-	-	-	F#	-
Dalbergia sp.*	-	-	-	-	M#	-	-	-	-
Desmodium sp.*	M#	-	-	-	-	-	-	-	F#
Inga sp.	-	F	-	-	-	-	M	-	-
Mimosa sp.	-	-	-	-	M#	-	M#	M#	M/F#
Mimosa pudica	-	-	-	-	-	-	-	-	M#
Piptadenia sp.*	-	-	-	-	-	-	M#	-	M#
Senna sp.*	-	-	-	-	M#	M/F#	-	-	F#
GESNERIACEAE*									
Sinningia sp.*	-	F#	-	-	M#	M#	-	-	-
LAMIACEAE									
Hyptis sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	M#

Tabela 17. Continuação

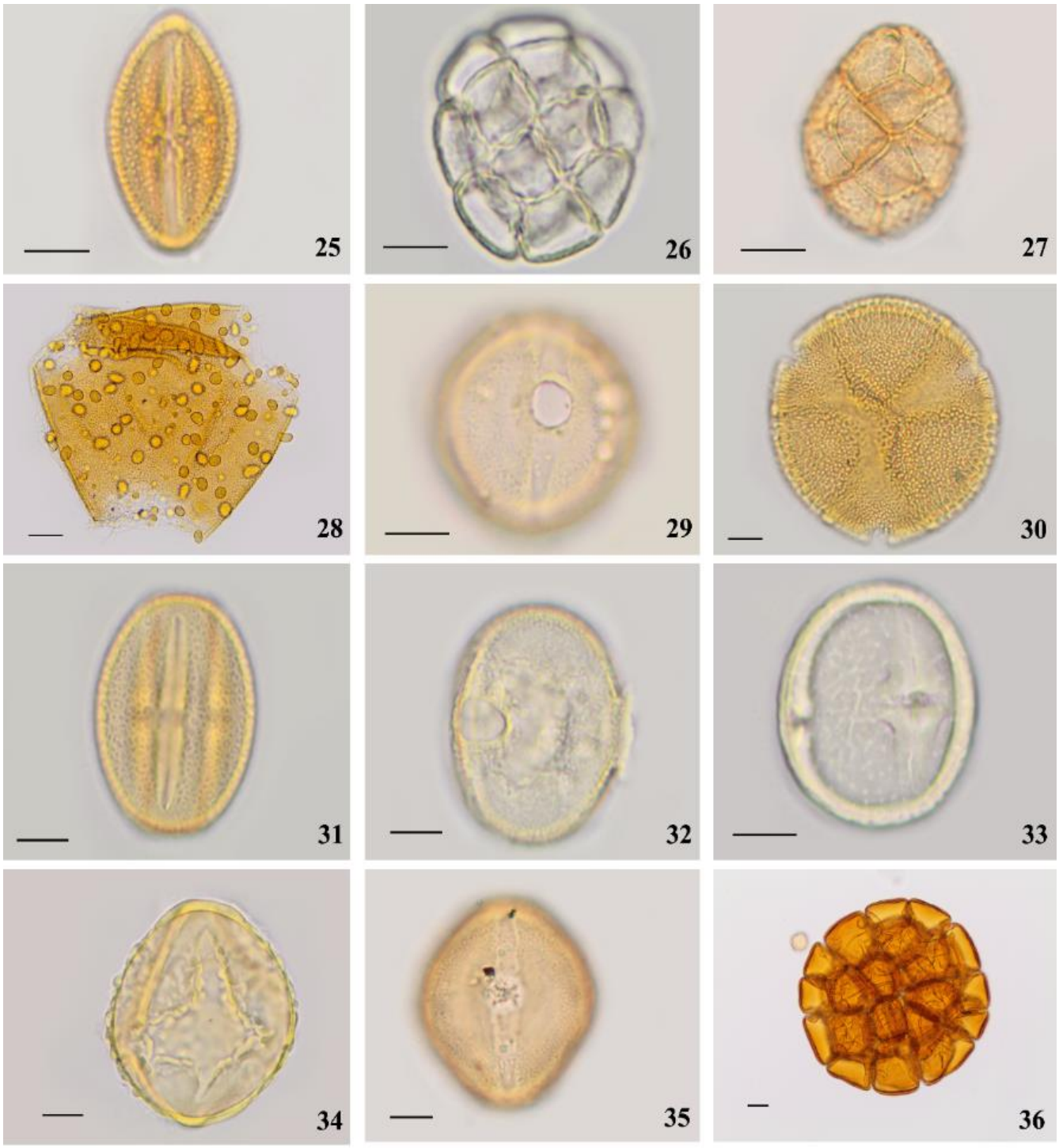
Famílias/ Espécie	*Isognathus menechus*	*Manduca diffissa tropicalis*	*Manduca florestan*	*Manduca rustica*	*Manduca paphus*	*Perigonia pallida*	*Protambulyx strigilis*	*Pseudosphinx tetrio*	*Xylophanes tersa*
MALVACEAE									
Quararibea sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	M#
MELASTOMATACEAE									
Melastomataceae spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	M
MYRTACEAE									
Eucalyptus sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	M#
Myrtaceae spp.	-	-	-	-	M	-	F	-	-
RUBIACEAE									
Borreria sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	M/F#
Coutarea sp.*	-	-	-	-	M#	-	-	-	M#
Guettarda viburnoides	-	M	M/F	-	M/F	-	-	-	M/F
Psychotria sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	M#
Tocoyena sp.	-	-	-	M	-	-	-	-	-
Rubiaceae spp	-	-	-	-	-	-	-	-	M
RUTACEAE									
Pilocarpus sp.*	-	F#	-	M#	-	-	-	-	M#
Zanthoxyllum sp.*	-	-	-	-	-	-	-	-	M#
SAPINDACEAE									
Sapindaceae spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	M
SOLANACEAE									
Solanum sp.*	-	-	-	-	-	M#	-	-	M#
URTICACEAE*									
Cecropia sp.*	-	F#	-	-	-	-	-	-	-
Total	2	7	2	4	14	6	5	5	31



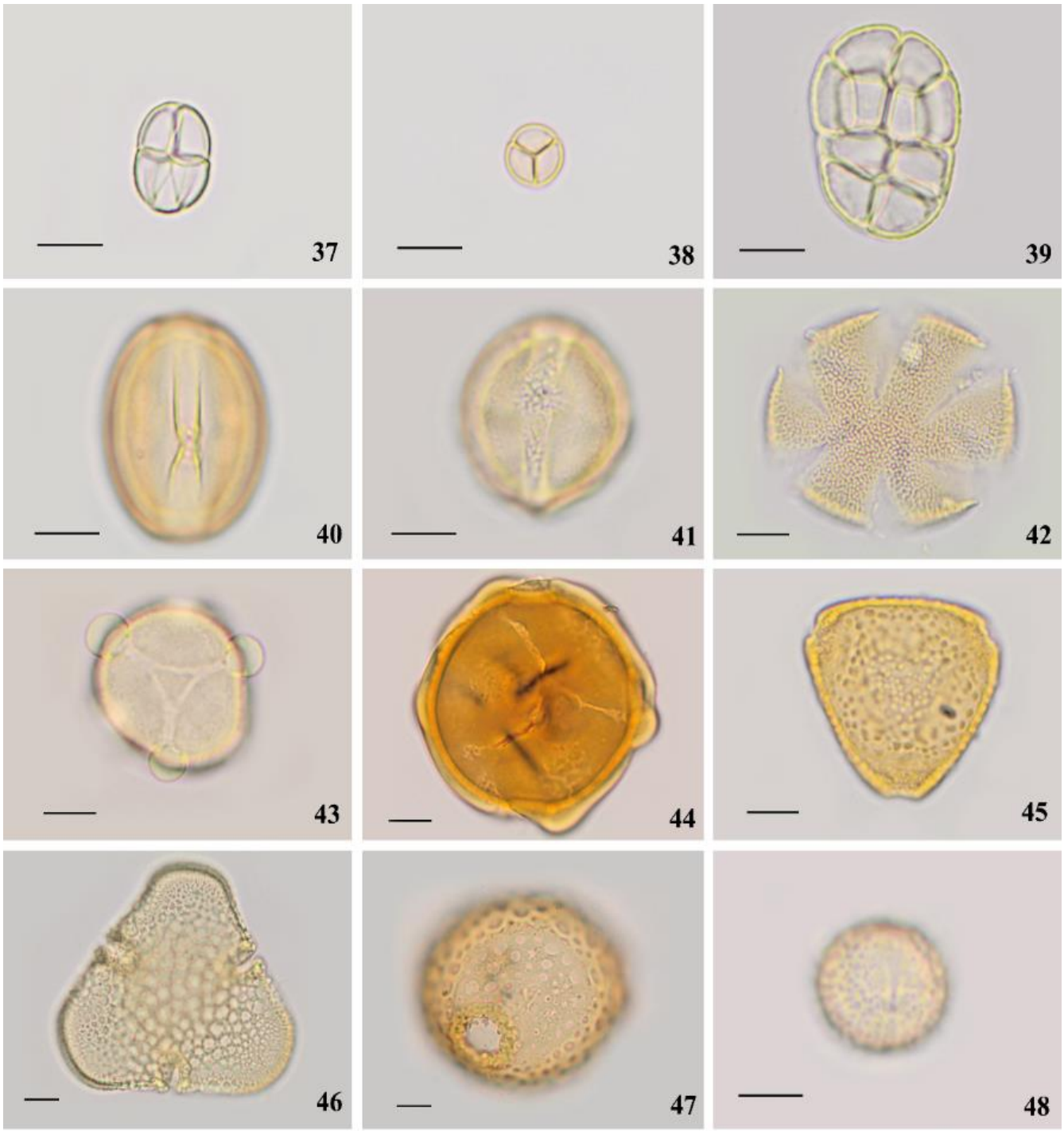
Prancha 4. Tipos polínicos amostrados nos esfingídeos de Santana do Cariri, CE. 1. Acanthaceae: *Justicia*. 2 - 3. Anacardiaceae: 2. *Anacardium*. 3. *Astronium*. 4-5. Asteraceae: 4. *Mikania*. 5. *Vernonia*. 6-9. Bignoniaceae: 6. *Anemopaegma*. 7. *Mansoa*. 8. *Pithecoctenium.* 9. *Tabebuia*. 10-11. Boraginaceae: *Cordia*. 10. Vista equatorial, contorno. 11. Vista equatorial, aberturas. 12. Bromeliaceae: *Billbergia*. Escalas = 10 µm.



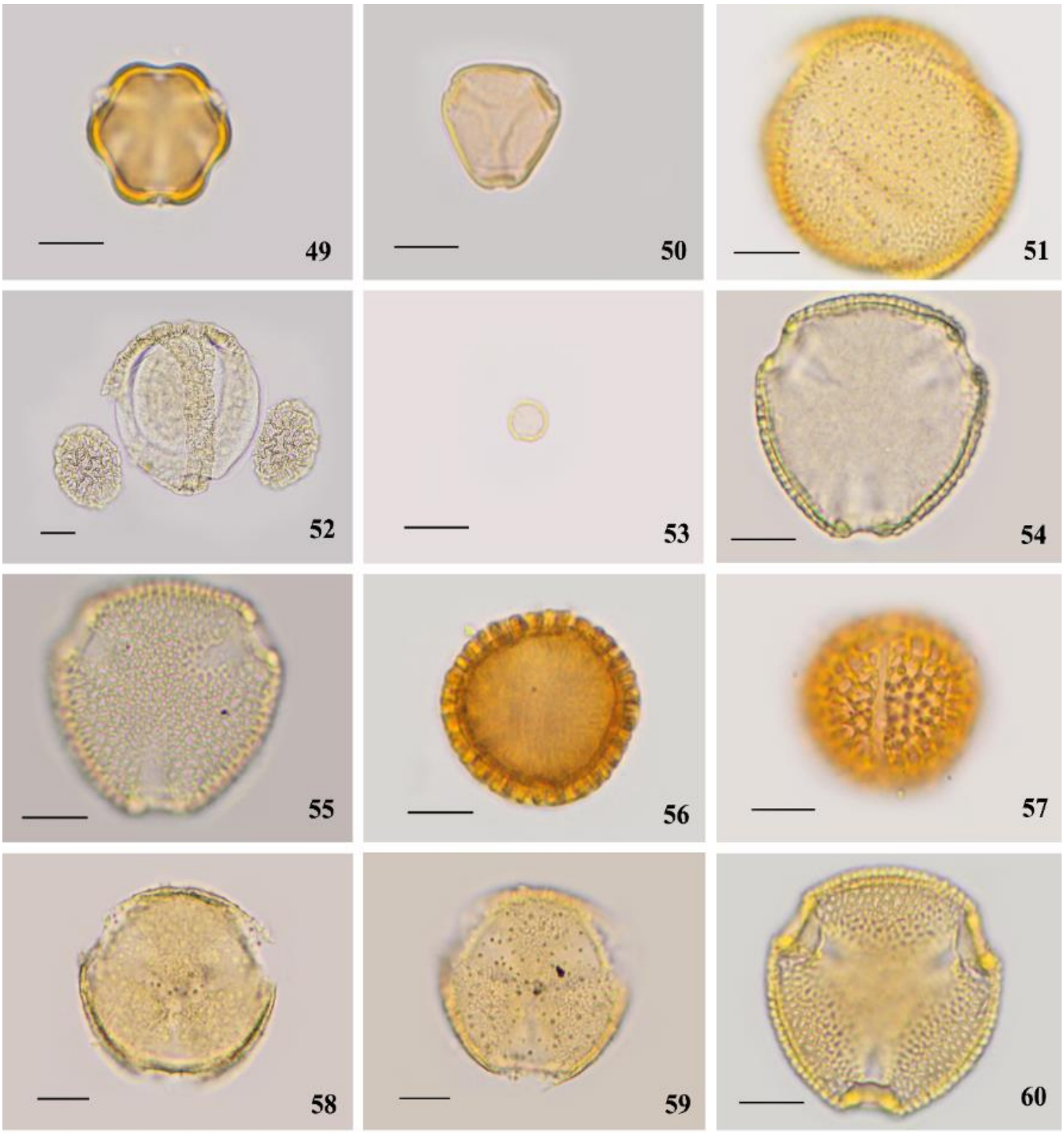
Prancha 5. Tipos polínicos amostrados nos esfingídeos de Santana do Cariri, CE. 13-14. Cactaceae: 13. *Harrisia*. 14. *Pilosocereus*. 15. Capparaceae: *Capparis*. 16. Caryocaraceae: *Caryocar*. 17-18. Connaraceae: *Rourea*. 17. Vista polar. 18. Vista equatorial, abertura. 19-20. Convolvulaceae: 19. *Convolvulus*. 20. *Ipomoea*. 21-24. Euphorbiaceae: 21. *Alchornea*. 22. *Chamaesyce*. 23. *Cnidoscolus ulei*. 24. *Cnidoscolus urens*. Escalas figuras 16, 20 = 20 µm. Demais figuras escala = 10 µm.



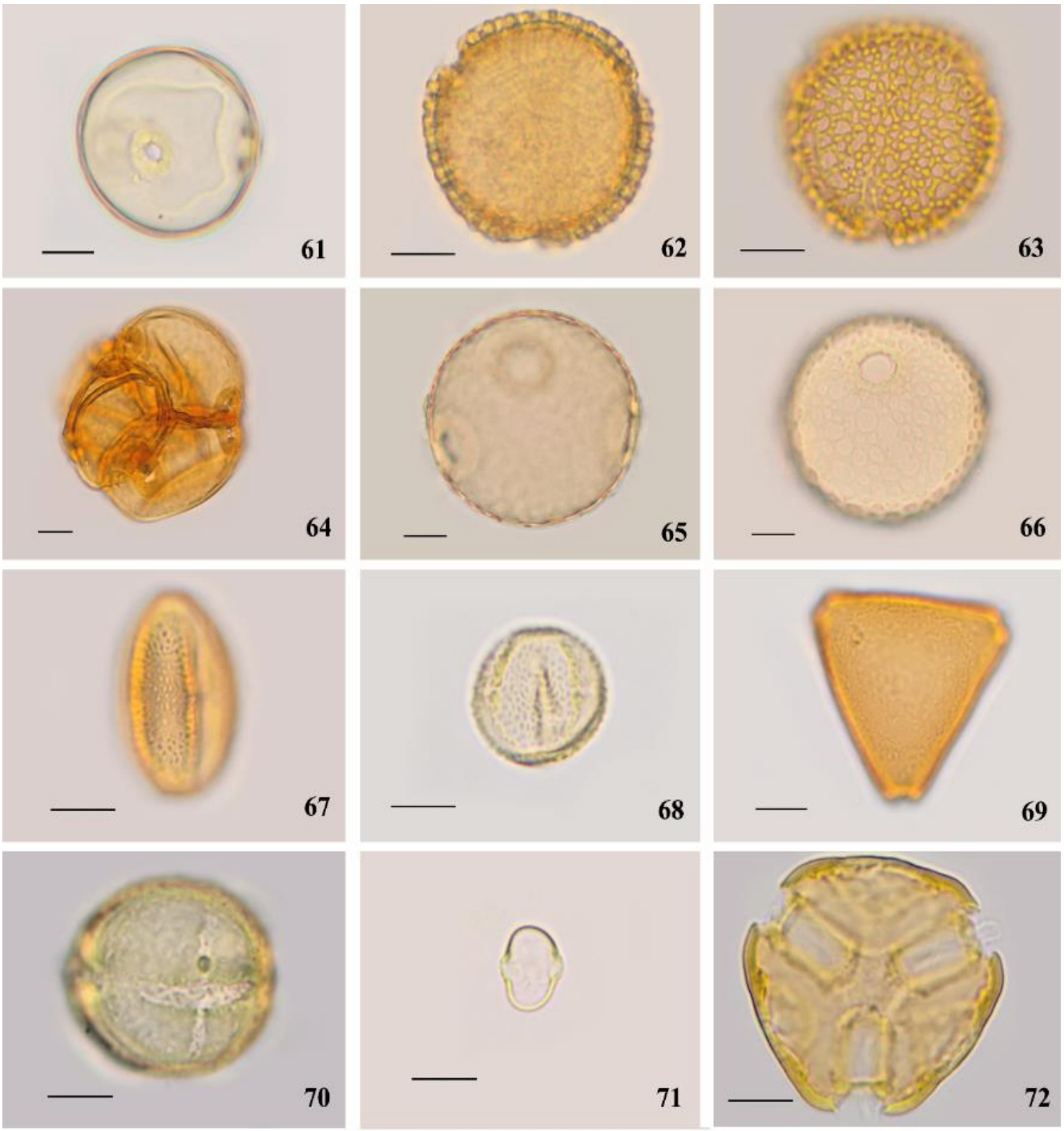
Prancha 6. Tipos polínicos amostrados nos esfingídeos de Santana do Cariri, CE. 25. Euphorbiaceae: *Phyllanthus*. 26-36. Fabaceae: 26. *Acacia*. 27. *Anadenanthera*. 28. *Bauhinia*. 29. *Bauhinia guianensis*. 30. *Caesalpinia*. 31. *Centrosema*. 32. *Dalbergia*. 33. *Desmodium*. 34.*Galactia*. 35. *Hymenaea*. 36. *Inga*. Escalas figuras 28, 36 = 20 µm. Demais figuras = 10 µm.



Prancha 7. Tipos polínicos amostrados nos esfingídeos de Santana do Cariri, CE. 37 - 40. Fabaceae: 37. *Mimosa*. 38. *Mimosa pudica*. 39. *Piptadenia*. 40. *Senna*. 41. Gesneriaceae: *Sinningia*. 42. Lamiaceae: *Hyptis*. 43 – 44. Malpighiaceae: 43. *Janusia*. 44. *Stigmaphyllon*. 45 – 47. Malvaceae: 45. *Helicteres*. 46. *Pseudobombax*. 47. *Quararibea*. 48. Marcgraviaceae: *Marcgravia*. Escalas = 10 µm.



Prancha 8. Tipos polínicos amostrados nos esfingídeos de Santana do Cariri, CE. 49. Melastomataceae. 50. Myrtaceae. 51. Nyctaginaceae: *Guapira*. 52. Passifloraceae: *Passiflora*. 53. Piperaceae: *Piper*. 54 – 60. Rubiaceae: 54- 55. *Alibertia*. 54. Vista polar, contorno. 55. Vista polar, ornamentação. 56-57. *Chomelia*. 56. Vista equatorial, contorno. 57. Vista equatorial abertura. 58-59. *Coutarea*. 58. Vista polar contorno. 59. Vista polar, ornamentação. 60. Genipa. Escala figura 52 = 20 µm. Demais figuras, escalas = 10 µm.



Prancha 9. Tipos polínicos amostrados nos esfingídeos de Santana do Cariri, CE. 61 – 66. Rubiaceae: 61. *Guettarda viburnoides*. 62 – 63. *Posoqueria*. 62. Vista polar, contorno. 63. Vista polar, ornamentação. 64. *Randia*. 65 – 66. *Tocoyena.* 65. Vista equatorial, contorno. 66. Vista equatorial, abertura. 67 - 68. Rutaceae: 67. *Pilocarpus*. 68. *Zanthoxyllum*. 69. Sapindaceae: *Serjania*. 70. Solanaceae: *Solanum.* 71. Urticaceae: *Cecropia*. 72. Vochysiaceae: *Vochysia*. Escalas = 10 µm.

3.6 Discussão

A região amostrada na presente pesquisa mostrou valores próximos e até maiores que outros registros polínicos para o Brasil, mesmo tendo apresentado apenas 29 esfingídeos com carga polínica. Um total de 91 tipos polínicos de angiospermas foram identificados referentes a 36 famílias, sendo no primeiro ano 71 tipos e 31 famílias e no segundo 56 tipos e 26 famílias. A maioria dos estudos foram desenvolvidos em um ano, mas se comparamos apenas o primeiro ano de coleta com outros resultados para o Sudeste, por exemplo realizado por Ávila *et al.* (2010) na Mata Atlântica, onde foram amostradas 49 espécies de esfingídeos com 64 tipos polínicos em 27 famílias, dá para perceber uma proximidade entre os números.

Diante de um trabalho realizado no Cerrado no Sudeste, foi encontrado um baixo número de tipo polínico com apenas 29 representando 12 famílias, uma das justificativas para esse baixo número foi baseada na amostragem reduzida de esfingídeos (316 espécimes e 40 spp.) e que as espécies esfingófilas (~12 cm de tubo da corola) não eram abundantes na área (Amorim, 2008). Em um compilado realizado por Camargo *et al*. (2018) referente às mariposas polinizadoras do Cerrado, não houve uma ampliação na informação registradas para o bioma, com os mesmos números de famílias de plantas e tipos polínicos já referidos acima.

Em outra área em um encrave de Cerrado no Nordeste, foram amostrados 34 tipos polínicos dentro de 14 famílias, sendo nessa área coletados apenas 136 espécimes e 24 espécies de esfingídeos (Darrault & Schlindwein, 2002). Isso demonstra que ainda há muito para ser explorado, mas também que o encrave do Cerrado na Chapada do Araripe teve sua grande heterogeneidade vegetal evidenciada e bem amostrada. Por conta dessa ausência de informações, foi previsível que famílias e tipos polínicos novos fossem encontrados associados aos esfingídeos. Em Santana do Cariri, 11 famílias e 63 tipos polínicos ainda não tinham registro de interações para o Brasil, a ampliação de registros também foi relatada por Ávila Jr. *et al*. (2010) onde das 27 famílias registradas, apenas sete delas eram reconhecidas até então por interações com os esfingídeos.

Em relação aos tipos polínicos, dos 91 coletados referentes aos dois anos um total de 46% ocorreu apenas uma vez, mas somente 11 estiveram dentro dos menores valores para os meses que ocorreram. Ávila Jr. (2010) encontrou um valor semelhante com 54% de tipos polínicos ocorrendo apenas uma vez e Darrault & Schlindwein (2002) um percentual menor com 28%, porém com tempo de amostragem de um ano. Quando comparados os anos separadamente em Santana do Cariri, o primeiro com 39% e o segundo com 25% percebe-se uma aproximação com o valor encontrado em Darrault & Schlindwein (2002).

Desse total, somente um pertencendo a planta exótica, *Eucalyptus*, que possuí a morfologia floral com características esfingófilas como: cor clara, presença de odor e formato de pincel. O que também foi apontado por Amorim (2008), onde o pólen referente a *Hedychium coronarium* (Zingiberaceae) uma espécie esfingófila exótica que invade as áreas úmidas do Cerrado foi relativamente abundante em duas espécies de esfingídeos. Cinco tipos polínicos encontrados nas probóscides não fazem parte das plantas catalogadas para à vegetação do Ceará, mas relatadas para vegetação de Pernambuco que estabelece divisa com o estado. No entanto dois deles, *Eriotheca* e *Euterpe* apresentaram valores de proporcionalidade e importância muito baixos, demonstrado que outros fatores além do deslocamento devem ter influenciado seu uso como recurso. A flor do gênero *Eriotheca* é considerada quiropterófila, e compartilha algumas características com espécies esfingófilas, o que pode gerar visitas ocasionais, já *Euterpe* é considerada como anemofilia o que poderia ser justificado como contaminação, entretanto a presença de tipo polínico da família Arecaceae já foi citada anteriormente o que deveria ser melhor investigado antes de descartar algum tipo de relação com os esfingídeos (Ávila Jr., 2010; Oliveira *et al*., 2014).

O uso de recursos de áreas distante do local de amostragem já foi relatado em uma pesquisa realizada na Floresta Ombrófila Densa Montana, onde foram coletadas três espécies de esfingídeos (*A. cingulata*, *M. brasiliensis* e *M. rustica)* com cargas de pólen de uma espécie exclusiva da vegetação Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, o que indicou trânsito entre as duas áreas que estão separadas entre si por cerca de 15 km em um gradiente altitudinal de 1 km (Amorim, 2012).

Outro fator que influencia os números de proporcionalidade, importância e os usos de tipos polínicos pelos esfingídeos é a sazonalidade para a região que impacta diretamente na floração. Em um estudo desenvolvido sobre a flora da disjunção de cerrado da Chapada do Araripe, Costa *et al*. (2004) obtiveram como resultado que aproximadamente 76% das espécies pertencentes a 41 famílias florescem e frutificam no período chuvoso, com os picos de floração descritos em dois momentos um ocorrendo em outubro e outro de janeiro a abril havendo uma resposta a sazonalidade do clima semiárido. Esse resultado correspondeu com o encontrado nessa pesquisa, pois no período entre os picos de floração para a região de maio a setembro, houveram os menores registros de tipos polínicos utilizados quando estes ocorreram (ago e set/16 e maio a ago/18), sendo justamente o período de junho a setembro de 2017 retratados sem ocorrência de nenhuma amostra de pólen. Esse ciclo também foi observado nos esfingídeos onde houve uma queda a partir do mês de junho com uma elevação na riqueza e abundância retornando em novembro.

A influência da sazonalidade sobre a biota também foi percebida por alguns autores. Em Amorim (2012) e Ávila Jr. (2009) referentes a flora esfingófila da Mata Atlântica do sudeste, também aconteceu a maior concentração de espécies em floração nos meses mais quentes e chuvosos (outubro a março/fevereiro), apesar de haver espécies floridas também no período mais frio e sem precipitação. Tendo a sazonalidade influenciado também a distribuição temporal dos esfingídeos, seguindo o padrão da flora, com decréscimo no período frio e seco.

Em regiões de Cerrado essa correlação também foi demonstrada, no Tabuleiro Paraibano (Darrault & Schlindwein, 2002) e na Estação Ecológica do Paga em Uberlândia – MG (Amorim, 2008) onde a abundância e riqueza de ambos os grupos corresponderam de forma positiva a pluviosidade. Em Oliveira (2004) também em uma área de Cerrado em Brasília foi observada que a fenologia de 13 espécies polinizadas por mariposas, incluindo esfingídeos, também esteve concentrado com o fim do período seco, apesar das mariposas serem observadas em flores de diferentes espécies durante todo o ano.

A correlação de abundância e pluviosidade também foi referido para outros grupos, como abelhas (Apoidea) Silva (2006) e relatado para morcegos em Willig (1985), onde observaram padrões reprodutivos que tendiam a acompanhar os períodos de frutificação, similares entre a Caatinga e Cerrado. Entretanto, essa influência da precipitação pluviométrica foi considerada como indireta, porque também agia sobre os recursos utilizados para alimentação (floração, frutificação das plantas e regula o ciclo de abundância dos insetos).

Quando ampliada a visão para a região Neotropical pode-se observar um padrão semelhante na Costa Rica com a abundância dos esfingídeos e flores esfingófilas florescendo na estação chuvosa (maio-julho) e caindo drasticamente durante a estação seca (dezembro a abril), mas com várias espécies começando a florescer antes do início da estação chuvosa e antes do aumento súbito nos números de esfingídeos após as chuvas (Haber & Frankie, 1989).

Em uma área de deserto no Arizona essa sazonalidade também mostrou-se importante, nessa área foi percebido uma ausência de esfingídeos comparado ao ano anterior das coletas, os pesquisadores sugeriram que o começo tardio das chuvas de verão poderia ser uma das causas para esse resultado, pois ocasionou uma redução significativa da produção de flores, forçando uma migração de adultos a procura de néctar (Alarcón *et al*., 2008). Porém, a variação sazonal pode afetar a ocorrência e abundância não só do estágio adulto (nectarívoros) como das larvas (herbívoras) por ambos dependeram da disponibilidade das plantas como fonte de recurso alimentar (Darrault & Schlindwein, 2002). Entretanto, a única planta (*Tocoyena formosa*) que estaria estrita aos esfingídeos de probóscides grandes, com flores hipocrateriformes e tamanho entre 6,9 e 14,44 cm, de acordo com a literatura para a Chapada do Araripe tem seu pico de

floração em janeiro e foi registrada apenas em dezembro, correspondendo à presença do gênero *Manduca* que foram amostradas de novembro a maio e *A. cingulata* em janeiro, porém *Cocytius* não mostrou o ajustamento fenológico com *T. formosa* sendo coletados apenas de abril a junho.

A ausência de ajustamento fenológico estrito entre esfingídeos e plantas na Mata Atlântica, também foi exposto por Amorim (2012). Pórem, em uma pesquisa realizada pelo mesmo autor em 2008 no bioma Cerrado observou um sincronismo temporal entre a floração das espécies com os tubos florais mais longos e também dos esfingídeos com as probóscides mais longas.

Em uma área de Cerrado do Pernambuco mesmo havendo registro de *Tocoyena* sp. na área onde foram realizadas as amostras de esfingídeos, não foi verificado pólen em nenhum dos meses (Darrault & Schlindwein, 2002). E na Mata Atlântica a espécie *Tocoyena bullata* no único mês que ocorreu não foi a mais abundante e nem a mais utilizado pelas espécies que estiveram presentes no mês. O que pode reforçar uma falta de sincronismo entre esse gênero de planta e algumas espécies de esfingídeos com a probóscide longa ou ainda pequena abundância do gênero para as regiões amostradas. Um dos motivos para essa sincronia seria minimizar a competição por recursos florais entre mariposas com probóscides longas e curtas, dentro de um contexto de forrageamento ótimo no qual polinizadores competem por recursos florais (Rodríguez-Gironés & Santamaría 2007), pórem o que aconteceu na região é que *Tocoyena* teve seu pico de floração associado as espécies de esfingídeos com maior abundância como *A. cingulata* e as espécies do gênero *Manduca,* do que a *Cocytius* que apresentou abundância baixa para as duas espécies amostradas, o que poderia ser mais vantajoso para a polinização da espécie. Uma especialização estrita entre um par ou um grupo pequeno de espécies visitantes poderiam causar grande imprevisibilidade em termos do serviço de polinização para plantas esfingófilas tornando esse estabelecimento menos favorável (Waser *et al*., 1996).

Em relação à flora utilizada, Ávila Jr. *et al*. (2012) citam quatro famílias de plantas (Rubiaceae, Fabaceae, Apocynaceae e Malvaceae) como as principais fontes de alimentos para os esfingídeos. Também em 2012, Amorim registrou em uma área de Floresta Ombrófila Densa Montana 24 espécies com características associadas à síndrome da esfingofilia, sendo as mais representativas quanto ao número de espécies: Fabaceae, Orchidaceae, Rubiaceae e Solanaceae. Em 2014, Oliveira *et al*. acrescentam a essa lista duas famílias (Convolvulaceae e Bromeliaceae) ressaltando que a síndrome típica das flores esfingófilas está presente em apenas parte das espécies que compõem todas essas famílias, com algumas das flores apresentando ausência de corolas tubulares, néctar e odor quase imperceptível.

De acordo com a revisão bibliográfica sobre pesquisas botânicas realizadas na Chapada do Araripe, foi constatada que três delas compõem as famílias de angiospermas mais ricas até o momento para a área. A maior riqueza registrada pertence a Fabaceae com 119 espécies, seguida de Euphorbiaceae (40 spp.), Rubiaceae (34 spp.), Asteraceae (27 spp.) Bignoniaceae (25 spp.), Malvaceae e Myrtaceae ambas com 24 espécies. As outras cinco famílias também ocorrem na região, porém com um menor número de registros, Apocynaceae com 17 spp. seguida de Convolvulaceae e Solanaceae com 11spp., Bromeliaceae e Orquidaceae apenas com 9 e 4 spp., respectivamente.

Corroborando com outras listas para o domínio Caatinga, por exemplo, em um levantamento sobre a flora fanerogâmica realizado em três áreas prioritárias para conservação (Serra das Almas, CE; Curimataú, PB e Betânia, PE), onde foram identificadas 26 famílias, sendo Fabaceae/Leguminosae, Euphorbiaceae, Cactaceae e Rubiaceae as mais ricas (Araújo *et al*., 2005). E também com Drumond (2012) que cita que cerca das 1.500 espécies registradas para o Nordeste, fazem parte de cinco famílias: Fabaceae/Leguminosae (18,4%), Convolvulaceae (6,82%), Euphorbiaceae (4,83%), Malpighiaceae (4,7%) e Poaceae (4,37%). Nessa situação já era esperado, visto que Fabaceae ocorre na maioria das formações vegetais do mundo, e seu maior centro de diversidade está na distribuição geográfica da região Neotropical, exceto no Caribe onde a predominância é de Myrtaceae (Lewis *et al*., 2005; Lugo *et al*., 2006; Queiroz, 2009; Lima *et al.*, 2018;). Segundo Amorim (2014), uma das explicações para isso são as associações simbióticas entre essa família, através das raízes, com bactérias fixadoras de nitrogênio, principalmente *Rhizobium*, que geram o máximo de absorção de compostos nitrogenados que são imprescindíveis ao crescimento das plantas, favorecendo a sua ocupação em solos pouco férteis.

Através da análise da carga polínica foi percebido que a riqueza foi refletida no número de tipos polínicos que representou cada uma na área, Fabaceae por exemplo teve a maior quantidade com 18, não seguindo a mesma ordem, Rubiaceae deteve 12, subsequente com Euphorbiaceae 6 tipos. Porém, pesquisas desenvolvidas no Brasil com no mínimo um ano, apenas Amorim (2008) em uma vegetação de Cerrado do Triângulo Mineiro encontrou mais tipos polínicos de Fabaceae (5 spp.) e outras famílias como Apocynaceae e Vochysiaceae (3 spp.) e somente 2 espécies de Rubiaceae. Para a área a maior riqueza que compõem a flora foi representada por Apocynaceae (11 spp.) seguida de Fabaceae (8 spp.) e Rubiaceae com 4 espécies. Nessa pesquisa 5 tipos não foram identificados até família. E a família Euphorbiaceae não foi amostrada em nenhuma das duas situações (flora e tipo polínico).

Em outras áreas do país, em uma disjunta de Cerrado do Tabuleiro Paraibano a família Rubiaceae (5 spp.) teve maior representantes que Fabaceae/Mimosaceae e Myrtaceae (4 spp.), porém tiveram 9 tipos polínicos classificados como indeterminados. Não foi descrita a riqueza da flora, mas dito que predominam espécies típicas do Cerrado do Brasil Central, entre elas as famílias Apocynaceae, Dilleniaceae, Malpighiaceae, Fabaceae, Myrtaceae, Rubiaceae entre outras. A família Euphorbiaceae foi amostrada com um tipo polínico (*Cnidoscolus* sp.) (Darrault & Schlindwein, 2002).

Na Mata Atlântica, Ávila Jr. (2010) também encontrou um predomínio de Rubiaceae (10 spp.), Bromeliaceae (5 spp.) e Fabaceae (4spp.), com 11 tipos polínicos indeterminados. Para a área estudada, houve uma preponderância de plantas da família Rubiaceae (12 espécies) seguida por Fabaceae/Mimosoidae (03 espécies). Foi ressaltado, que as duas famílias (Rubiaceae e Fabaceae) tem predomínio na área, porém, Rubiaceae tem ampla ocorrência na Floresta Atlântica o que pode ter contribuído para seu domínio na guilda estudada. Euphorbiaceae teve dois tipos polínicos coletados (*Pera* sp. e *Sapium* sp.) e com valor de importância significativo quando comparados a tipos de Rubiaceae.

Em uma coleta feita em 33 localidades da Argentina Subtropical, Moré *et al.* (2014) encontraram o maior número de tipos polínicos referentes as famílias Cactaceae e Solanaceae (12 spp.) seguidas de Asteraceae e Fabaceae (6 spp.) e apenas um de Rubiaceae, não sendo coletado nenhum tipo polínico referente a Euphorbiaceae. Não foi especificado na pesquisa a riqueza da flora das localidades amostradas.

Estudos desenvolvidos por Schlindwein *et al*. (2004) e Duarte Jr. & Schlindwein, (2005) têm demonstrado uma maior prevalência do uso de algumas famílias, principalmente quando há uma maior riqueza dessas na área de amostragem, como Rubiaceae e Apocynaceae que possuem uma convergência de caracteres florais compatíveis com polinização por esfingídeos. A família Fabaceae, embora não tenham flores em sua maioria de forma hipocrateriformes, possuem muitas espécies com flores em forma de pincel que também é uma característica reconhecida como compatível para a esfingófilia (Faegri & van der Pijl, 1979; Haber & Frankie, 1989; Darrault & Schilindwein, 2002). Além disso, ambas possuem grande diversidade e distribuição tropical (Souza & Lorenzi, 2008) o que facilitaria a obtenção de recurso alimentar e poderia facilitar migrações dos esfingídeos entre as áreas da região Neotropical.

Pórem, há uma gama de outras famílias de angiosperma que também são utilizadas por esfingídeos como recurso alimentar. No Cerrado, a polinização por esfingídeos tem sido citada em espécies de pelo menos 12 famílias: Acanthaceae, Apocynaceae, Caryocaraceae,

Chrysobalanaceae, Convolvulaceae, Fabaceae, Lythraceae, Malvaceae, Orchidaceae, Rubiaceae, Solanaceae e Vochysiaceae (Camargo *et al.*, 2018). Em outras partes dos trópicos (e regiões temperadas) a esfingofilia está associada comumente as famílias Apocynaceae, Bignoniaceae, Bombacaceae, Cactaceae, Campanulaceae, Fabaceae, Gesneriaceae, Martyniaceae, Onagraceae, Orchidaceae, Rubiaceae e Solanaceae (Haber, 1983; Endress, 1994; Moré *et al.*, 2005).

Quando os estudos desenvolvidos no Brasil como um todo, Ávila Jr. *et al*. (2012) fizeram um compilado de dados, e encontraram um conjunto de 121 spp. e 22 famílias de plantas relacionados aos esfingídeos, sendo que quatro delas (Rubiaceae 18%, Fabaceae 13%, Apocynaceae 8% e Malvaceae 5%) representaram 44% do total. Esse número foi atualizado em 2014 por Oliveira *et al*., ampliando o número de plantas reconhecidas por oferecer recurso alimentar para os esfingídeos para 137 spp. em 46 famílias, com um aumento significativo no número de famílias, porém variando muito pouco entre as mais utilizadas (Fabaceae (15%), Rubiaceae (14%), Apocynaceae (7%), Convolvulaceae (5%), Bromeliaceae (4%) e Malvaceae (4%)).

No presente estudo Fabaceae (20%) foi considerada como a principal fonte de recurso para os esfingídeos, seguida de Rubiaceae (13%), Euphorbiaceae e Malvaceae (7%), apesar de outras famílias terem apresentado valores altos de IP e valor de importância no período dos dois anos como: Capparaceae, Connaraceae, Gesneriaceae, Myrtaceae e Rutaceae. Somente duas famílias estiveram presentes em ambos os anos com os valores mais altos, Fabaceae com o tipo polínico *Mimosa* e Rubiaceae com *Guettarda viburnoides*, porém com valores e meses diferentes.

Atualizada a lista, após quatro anos da última revisão, com os dados constatados aqui a porcentagem traz hoje para o Brasil como principais famílias utilizadas: Fabaceae (15%), Rubiaceae (11%), Apocynaceae (8%), Euphorbiaceae e Malvaceae (5%). O que demonstra uma semelhança dos dados encontrados com o resultado encontrado no Brasil e de forma pontual em trabalhos desenvolvidos em diferentes tipos de vegetação. A maior diferença entre as porcentagens de uso foi a ausência da utilização de Apocynaceae pelos esfingídeos na Chapada do Araripe, apesar da ocorrência de espécies que já foram citadas em vários trabalhos como *H. speciosa* e *L. pacari*, sendo utilizadas por vários esfingídeos incluindo espécies que ocorreram nas amostragens, pressupõe-se que a abundância das espécies dessa família seja baixa na região de amostragem.

Os maiores valores de IP e vi, foram encontrados em *Capparis* (Capparaceae) e *Apeiba* (Malvaceae) que possuem flor actinomórfica, estando presente na primeira um “pincel de

estames". No Cerrado houve o registro da interação com esfingídeos com *Capparis* através também de análise polínica (Darrault & Schlindwein, 2002), mas *Apeiba* é o primeiro registro. Na Mata Atlântica os maiores valores desses atributos foram indicados para *Inga* que também possuí os estames com filete longo. Em Machado & Lopes (2004), a forma floral que teve maior presença de espécies de esfingídeos foi "*brush*". Isso confirma o importante papel de flores com formato de "pincel" para a taxocenose de esfingídeos. Além das amostras nas probóscides de 13 espécies de esfingídeos de tipos polínicos que não possuem características de esfingofilia e só possuem pólen como recurso floral.

Os maiores valores de IP e importância estiveram concentrados em poucos tipos polínicos e poucas famílias e os menores estiveram distribuídos em um maior número de tipos incluindo os das famílias como Euphorbiaceae, Fabaceae, Myrtaceae e Rubiaceae que foram bem representadas. Porém, algumas famílias de plantas que tiveram valor muito baixo foram apontados como usados por esfingídeos em outros países, por exemplo, Meliaceae na África (Martins & Johnson, 2013), Nyctaginaceae nos Estados Unidos e no México (Grant & Grant, 1983; Martinez & Burquez, 1986; Williamson *et al*., 1994; Hodges, 1995; Saunders & Sipes, 2006), Passifloraceae na Argentina (Garcia & Hoc, 1998).

Tipos polínicos como *Bauhinia* (Fabaceae) foram listados para Venezuela (Hocke & Ramirez, 1990) com *Bauhinia aculeata* e Brasil com *Bauhinia forficata* (Neto, 2013) sendo usada por *M. paphus* e verificada nessa pesquisa. A espécie *Ipomoea chabeliana* (Convolvulaceae) foi registrada como uso de recurso floral em Galápagos (McMullen, 2009) e *Croton* foi registrado na África com duas espécies (*C. dichogamus* e *C. megalocarpus*) (Martins & Johnson, 2013) e *Cnidoscolus* nos Estados Unidos com *C. texanos* (Perkins *et al*., 1975) ambos da família Euphorbiaceae.

Em Ávila Jr. (2010) esse fato também ocorreu e foi tratado como indícios de interações que ocorreram ocasionalmente, porém, na região de coleta (Chapada do Araripe) no período entre 2012 e 2018, houve a estiagem considerada como a mais grave desde 1910 para o estado do Ceará, sendo a macrorregião do Cariri a única que em 2019 continuou com as chuvas abaixo da média histórica (Funceme, 2016; Funceme, 2019). O que torna pertinente olhar para essas plantas como uma complementação durante períodos de escassez de alimento e aumento de competição, e não só como interações ocasionais, já que apenas nove tipos foram considerados pouco explorados.

O tipo polínico mais visitado pelos esfingídeos foi *Sinningia*, primeira vez citado como fonte de recurso. Em outros trabalhos *Inga vera*, *Guettarda platipoda* e *Hancornia speciosa* foram as mais visitadas (Amorim, 2008; Darrault & Schlindwein, 2002). Os polens de quatro

gêneros *Caryocar*, *Inga*, *Guettarda*, *Tocoyena* e *Serjania* também foram encontrados nas mesmas espécies de esfingídeos em outras áreas do Brasil (Gribel & Hay, 1993; Oliveira *et al*., 2004, 2014; Amorim, 2008; Ávila Jr. *et al*., 2012; Camargo, 2018). Assim como, *Mimosa* sp. que também foi utilizada por *M. sexta* em uma área árida dos Estados Unidos no táxon *Mimosa dysocarpa* (Alarcón *et al*., 2008).

Aproximadamente 15% das espécies e 41% das famílias de angiospermas foram visitadas por esfingídeos na amostragem, sendo representadas por vários formatos de corola. Se ampliado para a todas as espécies que ocorrem no Nordeste, e incluindo todas os tipos polínicos aqui apresentados, até os que foram utilizados apenas uma vez, esse número representaria que os esfingídeos podem utilizar um total 6% das plantas registradas para esta região do Brasil. Seria compatível com o valor dos sistemas esfingófilos de 7% que Machado & Lopes (2004), registraram para trechos da Caatinga e remanescentes da Mata Atlântica nordestina (Kimmel *et al*., 2010)

O número de gêneros ou espécies de angiospermas que foram utilizadas para extração de recurso floral pelos esfingídeos teve uma variação de 1 a 65, que foi bem maior do que encontrado por outros autores de 1 a 23 (Darrault & Schlindwein, 2002) e 1 a 20 (Amorim, 2008). Isso pode ter ocorrido em função de *E. ello ello*, o esfingídeo com maior registro de tipos polínicos (65) e com a maior presença de polens que só ocorreram uma vez (16), ter tido ampla amostragem de 1.676 espécimes bem como sua ocorrência em quase todos os meses. Seguido de *X. tersa* (498) com valor de 31, mas próximo do que foi encontrado em outras pesquisas.

Corroborando com Darrault & Schlindwein (2002) que registraram *E. ello ello* durante quase todo ano, e com amostras de pólen de flores de diferentes formas, incluindo as hipocrateriformes, em forma de disco, goela e pincel e *X. tersa* como a segunda com maior riqueza de polens (22), ficando atrás apenas de *I. menechus* (23). Essas três espécies de esfingídeos foram abundantes na pesquisa realizada por Darrault & Schlindwein (2002), porém em Santana do Cariri apenas dois espécimes de *I. menechus* foram coletas, não sendo possível fazer um comparativo real. Em Amorim (2008), a espécie mais abundante e também com a maior riqueza de polens foi *P. strigilis*.

Os números da quantidade de visitas contudo, tiveram uma diferença entre esses autores, em Santana do Cariri (55%) visitou até 5 espécies de angiospermas, o que fica abaixo de 65% para o Cerrado (Sudeste) (Amorim, 2008) e 70% para o Cerrado (Nordeste) (Darrault & Schlindwein, 2002). Porém a diferença entre o percentual aqui exposto (31%) dos que visitaram acima de 10 plantas, não pode ser comparado de uma forma segura com o Cerrado (Nordeste)

pois, Darrault & Schlindwein (2002) colocaram que 30% aproximadamente dos esfingídeos usou acima de três plantas.

Entretanto, para o Cerrado (Sudeste) essa diferença foi significativa com apenas 5% utilizando mais de 10 plantas. Sendo invertido os valores entre os intervalos médios entre 5 e 10 o que apresentou menor valor com apenas 14% e no Cerrado (Sudeste) 30% (Amorim, 2008). Essa diferença pode ser de novo uma resposta a grande estiagem que a região ou talvez a falta de espécies vegetais que demonstrem flores com comprimentos restritivos. Apesar disso, 55% ainda é considerado um número razoável de fidelidade entre os esfingídeos e as plantas visitadas, o que pode demonstrar sua eficiência como possíveis polinizadores dessas (Schlindwein & Wittmann, 1997). Sendo necessários estudos com esse foco para confirmação.

Entre as espécies de esfingídeos, a maioria teve comprimento médio e demonstrou também o maior número de tipos polínicos encontrados, usufruindo sozinhos de 39,6% deles, já com probóscides pequenas e grandes tiveram diferença de três espécies e uma diferença pequena no resultado de polens usados, foram estritos apenas 3,3% e 4,4% dos tipos polínicos. Ao todo 19,8% foram usados pelos três grupos e 32,9% por dois deles, não havendo uma especificidade nas escolhas das flores baseada no tamanho da probóscides. A maioria dos tipos polínicos encontrados fazia parte de angiospermas com tamanho de corola acessível a todos os tamanhos de probóscides, sendo apenas *Tocoyena formosa* estrita aos de probóscide longa.

Para a Floresta Ombrófila Densa Montana, também foi relatada apenas quatro espécies com tubos florais estreitos e acima de 5 cm, com as demais espécies apresentaram tubos florais curtos ou flores em pincel, o que permitia a visita de outros grupos de polinizadores (Amorim, 2012). O mesmo ocorreu para o Cerrado onde das 14 plantas identificadas, apenas três (*H. speciosa*, *Guettarda platipoda* e *Mandevilla scabra*) poderiam restringir o uso (Darrault & Schlindwein, 2002).

A ocorrência de mais espécies com probóscides médias é comum na região Neotropical (Haber & Franquie 1989; Darrault & Schlindwein, 2002; Amorim, 2008; Moré *et al*., 2014). Alguns trabalhos, vem demonstrando uma diminuição do comprimento das corolas em espécies vegetais, como resposta as maiores taxas de sucesso reprodutivo em flores com esse intervalo (Oleques & Ávila Jr., 2014), sugerindo que o comprimento vem se tornando mais acessível aos esfingídeos com probóscides médias e consequentemente melhores polinizadores (Oliveira *et al.*, 2014).

Há também uma variação grande entre o tamanho da flores como uma forma de ampliar o número de polinizadores por exemplo, *Tocoyena formosa* (6,9 a 14,44cm), *Guettarda virbunoides* (2,5 - 4,5 cm), *Anemopaegma* (4,1 - 6 cm), *Pilosocereus* (6 – 9 cm e aberta),

Sinningia flor tubular média e vermelha (3 - 3,5 cm). Indivíduos de diferentes populações também podem variar suas características florais e serem explorados por polinizadores diferente (Oliveira *et al*., 2014; Schlumpberger *et al*., 2009).

Evidências que não há muitas relações estreitas e sim relações generalistas entre esfingídeos e as plantas esfingófilas já vem sendo relatadas em trabalhos a algum tempo. Com muitas espécies de plantas sendo visitadas por vários esfingídeos e uma espécie de esfingídeo visitando várias plantas esfingófilas ou não (Haber & Frankie, 1989; Darrault & Schlindwein, 2002; Amorim, 2008; Oliveira *et al*., 2014). Os esfingídeos mostram que com longas probóscides podem ser também generalistas, pois podem usar uma ampla gama de plantas, esse padrão generalista também é comum para outros sistemas planta-polinizador (Gómez & Zamora, 1999; Freitas & Sázima, 2006).

Como citado anteriormente, os esfingídeos têm sido relatados utilizando tanto flores com características consideradas esfingófilas como flores com antese diurna aberta e que não produzem néctar (Ávila *et al*., 2010; Schlindwein *et al*., 2014). Foram também registrados tipos polínicos de plantas com vários hábitos diferentes, por exemplo, *Borreria* (Rubiaceae) reconhecida como herbácea, *Harrisia* (Cactaceae) com hábito subarbusto e *Caryocar* (Caryocaraceae) arbóreo, essa ampla adaptação ao uso de plantas com vários hábitats já foram relatados por Haber & Frankie (1983) e Amorim (2012).

Uma das justificativas que foi dada para a utilização de angiospermas apenas com pólen como recurso floral por esfingídeos seria o engodo (Schlindwein *et al*., 2014). Porém na região onde foi realizada a amostragem uma das flores mais visitadas foi do tipo polínico *Senna* (ausência de odor e pólen como recurso floral), por 12 espécies de esfingídeos com probóscides de tamanhos curto, médio e longo, por exemplo: *C. grisescens*, *E. vitis* e *A. cingulata*, nessa ordem. Somente duas espécies a menos que *Guettarda viburnoides* que possuí características claramente esfingófilas.

Além dessas características, as flores de *Senna* possuem semelhança somente com flores de outros três gêneros (*Bauhinia*, *Poincianella* e *Ouratea*). Entretanto, *Senna* teve números maiores de IP e vi que *Bauhinia* e foram visitadas por esfingídeos da mesma espécie e também tiveram diferença com espécies visitando apenas uma delas. Além disso, as flores desses gêneros se parecem na forma e tamanho, mas diferem na coloração. As flores de *Senna* são amarelas vibrantes e *Bauhinia* (*B. cheilantha*, *B. forficata*, *B. guianensis*, *B. pulchella e B. ungulata*) descritas para a região são brancas ou tons de lilás e somente duas delas possuem a forma parecida com *Senna*.

Os outros dois gêneros não foram visitados ou não apresentaram pólen nas amostras, todavia *Poincianella e Ouratea* possuem flores com a coloração amarela e formas parecidas, sendo a primeira diferente no tamanho (pequena) e a segunda semelhante em forma e tamanho, mas apresentando também só pólen como recurso. Além do que, testes feito por Kelber *et al*. (2002) com a espécie *Deilephila elpenor* demonstraram que a visão noturna desses animais é excelente e mesmo com a mínima quantidade de luz (0,0001 cdm^{-2}) eles conseguiriam destinguir cores das flores em que havia o recurso alimentar. Fatos que reduziriam a possibilidade de engodo.

No estudo de Ávila *et al*. (2010), ele usou a justificativa que o grupo possa realmente está utilizando pólen na sua dieta semelhante à alguns lepidópteros diurnos da subfamília Heliconiinae pertencentes aos gêneros *Heliconius* e *Laparus*, em que o aparelho bucal permite coleta ativa de pólen (Krenn *et al*., 2009) que auxiliariam no incremento de nitrogênio na dieta nectarífera (Eberhard *et al*. 2009), cujas proteínas e aminoácidos também seriam incorporados aos ovos (Penz & Krenn, 2000; Oliveira *et al*., 2014).O que corrobora com essa ideia é o fato dos esfingídeos utilizaram no mesmo período os tipos polínicos de flores com néctar e sem oferta de néctar como recurso, por exemplo, *G. virbunoides* e *Tocoyena* sp. foram encontrados nas probóscides no mês de dezembro assim como *Senna*. Além de ser um mês do período chuvoso onde há maior disponibilidade de recursos.

Tendo em vista que outros tipos polínicos (*Cecropia* e *Solanum*) encontrados em menos esfingídeos, também não apresentam néctar como recurso floral e foram encontrados no período com maior disponibilidade de recursos. Faz-se necessário uma maior investigação sobre qual é a relação que existe entre essas angiospermas e os esfingídeos. Realmente estão utilizando o pólen como recurso alimentar? Os esfingideos estão visitando realmente por engodo mesmo não havendo flores na região, em quais isso poderia ocorrer? Ou será alguma outra relação indireta que não foi vista até aqui?

3.7 Conclusões

Após 45 anos da primeira pesquisa desenvolvida por Silberbauer-Gottsberger & Gottsberger (1975) sobre interações entre esfingídeos adultos e as plantas como recurso floral e depois de alguns estudos desenvolvidos nos últimos anos (Darrault & Schlindwein, 2002; Oliveira *et al.* 2004; Amorim, 2008; Ávila *et al*., 2010; Moré *et al.* 2014; Camargo *et al*., 2018),

apenas 22% das espécies de esfingídeos tem algum tipo de informações disponíveis sobre essas relações. Com os resultados encontrados houve uma ampliação de informações de 3% delas.

Houve uma ampliação de 18% das famílias de plantas sendo utilizadas pelos esfingídeos e 28% dos tipos polínicos para o Brasil. Para o estado do Ceará, todos os dados são novos e vem com o intuito de iniciar as pesquisas sobre essa relação tão importante e entender futuramente o grau de contribuição que esses animais dão para a flora da região. Visto que, um número expressivo de famílias e espécies de plantas da região foram visitadas. A sazonalidade também foi percebida através da quantidade de esfingídeos coletados e tipos polínicos identificados, visto que o período de floração é bem marcada em Santana do Cariri.

O maior valor de IP e vi foram encontrados no tipo polínico *Capparis* (Capparaceae), que possuí como característica "um pincel de estames", entretanto houve um predomínio de tipos polínicos de Fabaceae, com o tipo *Senna* representando flores sem néctar como recurso durante os dois anos em Santana do Cariri. Além disso, o tipo polínico mais visitado por esfingídeos em Santana do Cariri foi *Sinningia*, o qual ainda não havia sido reportado como recurso floral para mariposas e sim como flores utilizadas por espécies de beija-flor.

A espécie *E. ello ello* foi a espécie mais abundante e também responsável pelo maior número de tipos polínicos encontrados, um total de 65, demonstrando ser uma espécie generalista. Na verdade, essa pesquisa corroborou com outros trabalhos desenvolvidos na região Neotropical, onde relatam que as relações entre os esfingídeos e as plantas esfingófilas são generalistas. Também foi amplo o habitat das plantas utilizadas indo de herbácea a arbóreo.

Portanto, pode-se concluir que essa pesquisa ampliou através da análise do pólen das probóscides o número de recursos florais utilizados pelos esfingídeos, trouxe uma direção sobre quais famílias e gêneros onde podem ser aprofundados assuntos como polinização por espécies de esfingídeos.

3.8 Referências bibliográficas

Aona, L. Y. S.; Machado, M.; Panarin, E. R.; Castro, C. C.; Zappi, D.; Amaral, M. C. E. 2006. Pollination biology of three Brazilian species of *Micranthocereus* Backed. (Cereeae, Cactoideae) endemic to the "campos rupestres". Bradleya 24:39-52.

Agostini, K.; Lopes, A. V. & Machado, I. C. 2014. Recursos florais. *In:* Biologia da polinização. Eds. Rech, A. R.; Agostini, K. Rio de Janeiro. Editora: Projeto Cultural, 1 ed. 527p.

Alarcón, R.; Davidowitz, G. & Bronstein, J. L. 2008. Nectar usage in a Southern Arizona hawkmoth community. Ecological Entomology, 33: 503-509.

Alencar, S. R.; Silva, M. A. P.; Macêdo, D. G. & Oliveira, A. S. 2012. Composição Florística do estrato arbóreo de um fragmento florestal da Chapada do Araripe: subsídio para construção de um banco de germoplasma. Caderno de Cultura e Ciência, 11 (1): 20-24.

Alexandersson, R. & Johnson, S. D. 2002. Pollinator-mediated selection on flower-tube length in a hawkmoth-pollinated *Gladiolus* (Iridaceae). Proceedings Biological sciences/The Royal Society, 269, 631-6.

Amorim, F. W. 2008. A comunidade de esfingídeos (Lepidoptera, Sphingidae) e plantas esfingófilas numa área de Cerrado no sudeste do Brasil: biogeografia e associações mutualísticas. Mestrado (Dissertação) na Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 74 p.

Amorim, F. W. 2012. A flora esfingófila de uma Floresta Ombrófila Densa Montana no sudeste brasileiro e relações mutualísticas com a fauna de Sphingidae. Tese (Doutorado) da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 175p.

Amorim, L. D. M. de. 2014. Fabaceae Lindl. da Floresta Nacional de Assú, semiárido do Rio Grande do Norte, Brasil. Dissertação (Mestrado) da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, RN, 112p.

Ávila Jr, R. S. de. 2009. A guilda de plantas esfingófilas e a comunidade de Sphingidae em uma área de Floresta Atlântica do Sudeste do Brasil. Tese (Doutorado) da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 126 p.

Ávila Jr., R. S., Cruz-Barros, M. A. V.; Corrêa, A. M. S. & Sazima, M. 2010. Tipos polínicos encontrados em esfingídeos (Lepidoptera, Sphingidae) em área de Floresta Atlântica do Sudeste do Brasil: uso da palinologia no estudo de interações ecológicas. Revista Brasil. Bot., 33 (3): 415-424.

Ávila Jr., R.S. & Oliveira, R.; Pinto, C.E.; Amorin, F.W. & Schlindwein, C. 2012. Relações entre esfingídeos (Lepidoptera, Sphingidae) e flores no Brasil: panorama e perspectivas de uso de polinizadores. In: Imperatriz-Fonseca (ed.) Polinizadores no Brasil. São Paulo, Edusp.

Barrett, S.C.H. 2002. The evolution of plant sexual diversity. Nature Review Genetics, 3, 274-284.

Bertin, R.I. & Newman, C.M. 1993. Dichogamy in angiosperms. The Botanical Review, 59, 112-152.

Borgatti, S. P.; Everett, M. G.; Freeman, L. C. 2002. Ucinet 6 for Windows: software for social network analysis. Harvard, MA: analytic tecnologies.

Buril, M.T., Santos, F.A.R. & Alves, M. 2010. Diversidade polínica das Mimosoideae (Leguminosae) ocorrentes em uma área de caatinga, Pernambuco, Brasil. Acta Botanica Brasilica 24: 5-64.

Câmara, J. T; Mielke, O. H. M.; Mielke, C.G.C; Caneiro, E.; Dolibaina, D. R. *et al*. 2017. Lepidoptera: Hesperiidae, Papilionidae, Pieridae, Nymphalidae, Lycaenidae, Riodinidae, Saturniidae e Sphingidae. *In:* Pesquisas em unidades de conservação no domínio da caatinga: subsídios à gestão/ Waldir Mantovani, Ricardo Ferreira Monteiro, Luiz dos Anjos, Mariana Otero Cariello (Orgs.) – Fortaleza: Edições UFC, 2017.

Câmara, J. T.; Rocha, J. R. B. & Pereira, S. 2018. Sphingidae (Lepidoptera) ocorrentes no leste do Maranhão, Brasil. EntomoBrasilis, 11(3): 209-215.

Camargo, A. J. A.; Camargo, W. R. F. Corrêa, D. do C. V.; Vilela, M. de F. & Amorim, F. W. 2018. Mariposas polinizadoras do Cerrado (Identificação, distribuição, importância e conservação/ Família Sphingidae (Insecta-Lepidoptera). Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 125p.

Costa, I. R.; Araújo, F. S. & Lima-Verde, L. W. 2004. Flora e aspectos auto-ecológicos de um encrave de cerrado na chapada do Araripe, Nordeste do Brasil. Acta bot. bras., 18(4): 759-770.

Darrault, R.O. & Schlindwein, C. 2002. Esfingídeos (Lepidoptera, Sphingidae) no Tabuleiro Paraibano, nordeste do Brasil: abundância, riqueza e relação com plantas esfingófilas. Revista Brasileira de Zoologia, 19: 429-443

Duarte Jr., J. A. & Schlindwein, C. 2005. The highly seasonal season hawkmoth fauna (Lepidoptera: Sphingidae) of the the Caatinga of northeast Brazil: a case study in the state of Rio Grande do Norte. Journal of the Lepidopterists' Society, 59(4): 212–218.

Eberhard, S. H., Nemeschkal, H. L. & Krenn, H. W. 2009. Biometrical comparison of the salivary glands between pollen-feeding and nonpollen-feeding nymphalid butterflies (Lepidoptera). Biol. J. Linn. Soc., 97: 604-12.

Erdtman, G. 1960. The acetolized method. A revised description. Svensk Botanisk Tidskrift, 54: 561-564.

Endress, P. K. 1994. Diversity and evolutionary biology of tropical flowers. Cambridge University Press., 420 p.

Faegri & van der Pijl. 1979. The Principles of Pollination Ecology. London, Pergamon. Press. 3 ed.

Figueiredo, M. A. 1997. Unidades Fitoecológicas. *In:* Atlas do Ceará, Fortaleza, Ed. IPLANCE.

Fourny, A. C. S.; Mendonça, C. B. F. & Lopes, T. C. C.; Gonçalves-Esteves, V. 2010. Palinologia de espécies de Gesneriaceae Rich. & Juss. ocorrentes no Estado do Rio de Janeiro. Acta Botanica Brasilica, 24: 812-824.

Freitas, L. & Sázima, M. 2006. Pollination biology in a tropical high-altitude grassland in Brazil: interactions at the community level. Annals of Missouri Botanical Garden, 93: 465-516.

FUNCEME. 2016. Ceará passa pela pior seca prolongada desde 1910. Disponível em: <http://www.funceme.br/?p=1403>. Acesso em: 10 fevereiro de 2018.

FUNCEME. 2019. Área sem seca relativa no Ceará volta a crescer em fevereiro, mas situação dos açudes ainda é crítica. Disponível em: <http://www.funceme.br/?p=3871> Acesso em: 20 de março de 2019.

García, M. T. A. & Hoc, P. S. 1998. Aspectos de la biologia floral y el sistema reproductivo de *Passiflora mooreana* (Passifloraceae). Darwiniana, 35: 9-27.

Gasparino, E. C.; Souza, C. N. & Cruz-Barros, M. A. V. 2014. Flora Polínica da Reserva do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (São Paulo, SP, Brasil) Famílias: Boraginaceae e Gesneriaceae. Hoehnea, 41(3): 423-430.

Gómez, J. M. & Zamora, R. 1999. Generalization vs. Specialization in the pollination system of *Hormathophylla spinosa* (Crucifera). Ecology, 80: 796-805.

Grant, V. & Grant, K. A. 1983. Hawkmoth pollination of *Mirabilis longiflora* (Nyctaginaceae). Proc. Natl. Acad. Sci., 80: 1298-1299.

Gribel, R. & Hay, J. Du Vall. 1993. Pollination Ecology of *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae) in Central Brazil Cerrado Vegetation. Journal of Tropical Ecology, 9 (2): 199-211.

Haber, W. A. 1983. Pollination by deceit in a mass-flowering tropical tree, *Plumeria rubra* L. (Apocynaceae). Biotropica, 16: 269-275.

Haber, W. A. & Frankie, G. W. 1989. A tropical hawkmoth community: Costa Rican Dry Forest Sphingidae. Biotropica, 21 (2): 155-172.

Hall, J.C.; Kenneth, J.S. & Iltis, H.H. 2002. Phylogeny of Capparaceae and Brassicaceae based on chloroplast sequence data. American Journal of Botany, 89: 1826-1842.

Heil, M. 2011. Nectar: generation, regulation and ecological functions. Trends in Plant Science, 16: 191-200.

Hokche, O. & Ramírez, N. 1990. Pollination ecology of seven species of *Bauhinia* L. (Leguminosae: Caesalpinioidea). Ann. Missouri Bot. Gard., 77: 559-572.

Hodges, S. A. 1995. The influence of nectar production on hawkmoth behavior, self-pollination, and seed production in *Mirabilis multiflora* (Nyctaginaceae). American Journal of Botany, 82: 197-204.

MMA -Ministério do Meio Ambiente. 2003. Biodiversidade da caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação/organizadores: José Maria Cardoso da Silva, Marcelo Tabarelli, Mônica Tavares da Fonseca, Lívia Vanucci Lins – Brasília, DF, 382 p.

Lewis, G.; Schrire, B.; Mackinder, B. & Lock, M. 2005. Legumes of the world. Royal BotanicGardens, Kew, 577p.

Lima, F. G. C.; Seixas, E. N. C. & Silva, M. A. P. 2007. Melastomataceae no Cariri cearense, nas cidades de Barbalha, Crato, Jardim e Santana do Cariri-Ceará, Brasil. Revista Brasileira de Biociências, 5(2): 39-41.

Lima, T. M. A.; Conceição, L. D. S.; Silva, K. M. O. & Câmara, J. T. 2014. Sphingidae (Insecta, Lepidoptera) do Parque Nacional de Ubajara, Ceará, Brasil. XXV Congresso Brasileiro de Entomologia, Goiânia-GO.

Lima, N. E. de; Carvalho, A. A.; Lima-Ribeiro, M. S. & Manfrin, M. H. 2018. Review Paper Caracterização e história biogeográfica dos ecossistemas secos neotropicais. Rodriguésia, 69(4): 2209-2222.

Lersten, N.R. 2004. Flowering Plant Embryology. Iowa, Blackvell Publishing, 212p.

Loiola, M. I. B.; Araújo, F. S.; Lima-Verde, L. W.; Souza, S. S. G.; Matias, L. Q. *et al*. 2015. Flora da Chapada do Araripe. *In*: Albuquerque, U. P. & Meiado, M. V. (eds.) Sociobiodiversidade na Chapada do Araripe. NUPEEA, Recife. 1: 103-148.

Lorente, F. L.; Buso Junior, A. A., Oliveira, P. E. & Pessenda, L. C. R. 2017. Atlas Palinológico. Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiros, Piracicaba, SP, Brasil, 333p.

Lugo, A. E.; Medina, E.; Trejo-Torres, C. J. & Helmer, E. 2006. Botanical and ecological basis for the resilience of Antillean dry forests. *In:* Pennington, R. T. & Ratter, J. A. (eds.) Neotropical savannas and seasonally dry forests plant diversity, biogeography, and conservation. Boca Raton: 359-381.

Kelber, A.; Balkenius, A. & Warrant, E. J. 2002. Scotopic colour vision in nocturnal hawkmoths. Nature, 419 (31): 922-925.

Kimmel, T. M.; Nascimento, L. M.; Piechowski, D.; Sampaio, E. V. S. B.; Rodal, M. J. N. *et al*. 2010. Pollination and seed dispersal modes of woody species of 12-year-old secondary forest in the Atlantic Forest region of Pernambuco, NE Brazil. Flora, 205: 540-547.

Klein, A. M.; Vaissiére, B. E.; Cane, J. H.; Steffan-Dewenter, I. *et al*. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. Proceedings of the Royal Society, 274: 303-313.

Kreen, H. W.; Eberhard, M. J. B; Stefan, H.; Hikl, A-L.; Huber, W. *et al*. 2009. Mechanical damage to pollen aids nutrient acquisition in *Heliconius* butterflies (Nymphalidae). Arthropod Plant Interact, 3 (4): 203-208.

Machado, I. C. & Lopes, A. V. 2004. Floral Traits and Pollination Systems in the Caatinga, a Brazilian Tropical Dry Forest Annals of Botany, 94: 365-376.

Maloof, J. E. & Inouye, D.W. 2000. Are nectar robbers cheaters or mutualists? Ecology, 81: 2651-2661.

Maia-Silva, C.; Silva, C. I. M.; Hrncir, R. T. Q.; Queiroz, R. T. & Imperatriz-Fonseca, V. L. 2012. Guia de plantas visitadas por abelhas na Caatinga. Fundação Brasil Cidadão, Fortaleza, 191p.

MMA- Ministério do Meio Ambiente. 2016. Ceará: inventário florestal nacional: principais resultados. Serviço Florestal Brasileiro, Brasília, 104p.

Marinho, C. R.; Souza, C. D.; Barros, T. C. & Teixeira, S. P. 2014. Scent g flowers. Plant Biology, 16: 215-226.

Marques-Souza, A. C.; Absy, M. L. & Kerr, W. S. 2007. Pollen harvest features of the Central Amazonian bee *Scaptotrigona fulcicutis* Moure, 1964 (Apidae: Meliponinae), in Brazil. Acta Botanica Brasilica, 21: 11-20.

Martinez del Rio, C. & Burquez, A. 1986. Nectar production and temperature dependent pollination in Mirabilis jalapa L. Biotropica. Lawrence, 18: 28-31.

Martins, D. J. & Johnson, S. D. 2013. Interactions between hawkmoths and flowering plants in East Africa: polyphagy and evolutionary specialization in an ecological context. Biological Journal of the Linnean Society, 110 (1): 199-213.

McMullen, C. K. 2009. Pollination biology of a night-flowering Galápagos endemic, *Ipomoea habeliana* (Convolvulaceae). Botanical Journal of the Linnean Society, 160: 11-20.

Melhem, T. S.; Makino, H.; Silvestre, M.S.F.; Cruz, M.A.V. & Jung-Mendaçolli, S. L. 1984. Planejamento para elaboração da "Flora Polínica da Reserva do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (São Paulo, Brasil)". Hoehnea 11: 1-7.

Melhem, T. S., Cruz, M. A. V. Corrêa, A. M. S., Makino-Watanabe, H., Silvestre-Capelato, M. S. *et al*. 2003. Variabilidade polínica em plantas de Campos do Jordão (São Paulo, Brasil). Boletim do Instituto de Botânica, 16: 1-104.

Moré, M.; Amorim, F. W.; Benitez-Vieyra, S.; Medina, A. M.; Sazima, M. *et al*. 2005. Armament Imbalances: Match and Mismatch in Plant-Pollinator Traits of Highly Specialized Long-Spurred Orchids. PlosOne, 7(7): 1-9.

Moré, M.; Benitez-Vieyra, S.; Sérsic, A. N. & Cocucci, A. A. 2014. Patrones de depósito de polen sobre el cuerpo de los polinizadores en comunidades esfingófilas de Argentina subtropical. Darwiniana, 2 (1): 174-196.

Nattero, J., Moré, M., Sérsic, A. N. & Cocucci, A. A. 2003. Possible tobacco progenitors share long-tongued hawkmoths as pollen vectors. Plant. Sys. Evol., 241: 47-54.

Neto, H. F. P. 2013. Floral biology and breeding system of *Bauhinia forficate* (Leguminosae: Caesalpinioideae), a moth-pollinated tree in southeastern Brazil. Braz. J. Bot, 36(1): 55-64.

Neto, R. L. S.; Magalhães, F. A. L.; Tabosa, F. R. S.; Moro, M. F.; Silva, M. B. C *et al*. 2014. Flora do Ceará, Brasil: Capparaceae. Rodriguésia, 65 (3): 671-684.

Oleques, S. S. & Ávila Jr., R. S. 2014. Reproductive outputs to floral trait variation in *Nicotiana alata* (Solanaceae) in Southern Brazil. Plant Systematics and Evolution, 300(10): 2147-2153.

Oliveira, P. E.; Gibbs, P. E. & Barbosa, A. A. 2004. Moth pollination of woody species in the Cerrados of Central Brazil: a case of so much owed to so few? Plant Syst. Evol., 245: 41-54.

Oliveira, R., Duarte Jr., J. A.; Rech, A. R. & Ávila Jr., R. S. 2014. Polinização por lepidópteros. *In:* Polinizadores no Brasil. Imperatriz-Fonseca, V. L.; Canhos, D. A. L.; Alves, D. A. & Saraiva, A. M. (orgs.). Edusp, 235-257.

Pedron, M.; Buzatto, C. R.; Singer, R. B.; Batista, J. A. N & Moser, A. 2012. Pollination biology of four sympatric species of *Habenaria* (Orchidaceae: Orchidinae) from southern Brazil. Botanical Journal of the Linnean Society, 170: 141-156.

Penz, C. M. & Krenn, H. W. 2000. Behavioral adaptations to pollen-feeding in *Heliconius* Butterflies (Nymphalidae, Heliconiinae): an experiment using *Lantana* flowers. J. Insect Behav., 13: 856-880.

Perkins, G., Estas, J. R. & Thorp., R.W. 1975. Pollination of *Cnidoscolus texanus* (Euphorbiaceae) in south central Oklahoma. Southwestern Nat., 20: 391-396.

Queiroz, L. P. Leguminosas da Caatinga. Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santana/Royal Botanic Gardens, Kew, Associação Plantas do Nordeste, 2009.

Raven, P. H., Evert, R. F. & Eichhorn, S. E. 2001. A evolução das angiospermas. *In:* Biologia Vegetal. Ed. Guanabara. Koogan S.A., Rio de Janeiro, 6 ed.: 374-407.

RCpol, Rede de catálogos polínicos online. 2018. Disponível em: < http://chaves.rcpol.org.br/ >. Acesso em: 9/2/2018.

Rech, A. R., Ávila Jr., R. S. & Schlindwein, C. 2014. Síndromes de polinização: especialização e generalização. *In:* Rech, A. R., Agostini, K., Oliveira, P. E. & Machado, I. C. (orgs). Biologia da polinização. 1 ed. Projeto Cultural, Rio de Janeiro, 527p.

Reflora, Flora do Brasil 2020 em construção. 2018. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: < http://floradobrasil.jbrj.gov.br/ >. Acesso em: 9/2/2018.

Ribeiro-Silva, S.; Medeiros, M. B.; Gomes, B. M.; Seixas, E. N. C. & Silva, M. A. P. 2012. Angiosperms from the Araripe National Forest, Ceará, Brazil. Check List, 8(4): 744-751.

Rocha, F.D. 1954. Subsídios para o Estudo da Fauna Cearense. Revista do Instituto do Ceará, 68: 185- 204.

Rodríguez-Gironés, M. A. & Santamaría, L. 2007. Resource Competition, Character Displacement, and the Evolution of Deep Corolla Tubes. The American Naturalist, 170(3): 455-464.

Roubik, D.W. & Moreno, P. J. E. 1991. Pollen and spores of Barro Colorado Island. Monograph in Systematic Botany, 36: 1-268.

Saunders, N. E. & Sipes, S. D. 2006. Reproductive biology and pollination ecology of the rare Yellowstone Park endemic *Abronia ammophila* (Nyctaginaceae). Plant Species Biology, 21(2): 75-84.

Santos, F.A.R. & Makino, H. 1997. Pollen morphology of some Cactaceae of North-Eastern Brazil. Bradleya, 15: 84-97.

Santos, I. A.; Silva, C. I.; Pinheiro, M. & Kleinert, A. M. P. 2016. Quando um visitante floral é um polinizador? Rodriguésia, 67(2): 295-307.

Schlindwein, C. & Wittmann, D. 1997. Microforaging routes of *Bicolletes pampeana* (Colletidae) and bee-induced pollen presentation in *Caiophora arechavaletae* (Loasasceae). Bot. Acta, 109: 1-7.

Schlindwein, C., Darrault, R.O. & Grisi, T. 2004. Reproductive strategies in two sphingophilous Apocynaceae trees attracting pollinators through nectar or deceit. *In:* Results of worldwide ecological studies. Proceedings of the 2nd Symposium of the A.F.W. Schimper-Foundation. (S.W. Breckle, B. Schweizer & A. Fangmeier, eds.). Verlag Günter Heimbach, Stuttgart, p.215-227.

Schlindwein, C.; Westerkamp, C.; Carvalho, A. T. & Milet-Pinheiro, P. 2014. Visual signalling of nectar-offering flowers and specific morphological traits favour robust bee pollinators in the mass-flowering tree *Handroanthus impetiginosus* (Bignoniaceae). Botanical Journal of the Linnean Society, 176: 396-407.

Schlumpberger, B. O.; Cocucci, A.; Moré, M.; Sersic, A. N. & Raguso, R A. 2009. Extreme variation in floral characters and its consequences for pollinator attraction among populations of an Andean cactus. Annals of Botany, 103(9): 1489-500.

Silva, A. G. 1967. Catálogo dos Lepidoptera cearenses. Revista do Instituto do Ceará: 91-112.

Silva, M. B. C.; Watanabe, H. M. & Sales, M. F. 1999. Morfologia polínica de *Capparis* L. (Capparaceae Juss.) de Pernambuco, Brasil. Acta bot. bras. 13(2):149-157.

Silva, A. G. 2006. Relações entre plantas e polinizadores - uma abordagem para o cerrado em comparação com outras formações vegetais. Nutureza on line, 4(1): 14-24.

Silva, C. I. 2009. Distribuição espaço-temporal de recursos florais utilizados por espécies de *Xylocopa* (Hypmenoptera, Apidae) e interação com plantas do Cerrado sentido restrito no Triângulo Mineiro. Tese (Doutorado) da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 283 p.

Silva, C.I.; Maia-Silva, C.; Santos, F.A.R. & Bauermann, S.G. 2012. O uso da palinologia como ferramenta em estudos sobre ecologia e conservação de polinizadores no Brasil. *In:* Imperatriz-Fonseca, V.L.; Canhos, D.A.L.; Alves, D.A. & Saraiva, A.M. (eds.). Polinizadores no Brasil: Contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais. EDUSP, 1ed. São Paulo, SP: 369-384p.

Silva, M. A. P.; Filho, S. M.; Duarte, A. E.; Mendonça, A. C. A. M.; Santos, A. C. B. *et al.* 2013. Fenologia de *Caryocar coriaceum* Wittm. Caryocaraceae, ocorrentes na Chapada do Araripe, Crato, CE, Brasil. Caderno de Cultura e Ciência, 12(2): 21-31.

Silva, C. I.; Imperatriz-Fonseca, V. I.; Groppo, M.; Bauermann, S. G.; Queiroz, E. P. *et al*. 2014. Catálogo Polínico das plantas usadas por abelhas no *Campus* da USP de Ribeirão Preto. Ribeirão Preto, SP. Holos, 1ed. 153p.

Silva, D. Z.; Nunes, F. A.; Nogueira, A. R. P.; Lima, M. G. A. & Gusmão, M. A. B. 2015. Levantamento da fauna de lepidópteras noturnos do parque botânico do Ceará, município de Caucaia, Ceará. XXI Congresso Brasileiro de Entomologia. Recife-PE. (Apresentação de Trabalho/Congresso).

Soltis, P. S.; Soltis, D. E.; Chase, M. W.; Endress, P. K. & Crane, P. R. 2004. The diversification of flowering plants. In The tree of life (eds J Cracraft, M Donoghue), New York: NY: Oxford University Press., 154-167.

Souza, V. C. & Lorenzi, H. 2008. Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG II. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 703 p.

Tabosa, F. R. S.; Almeida, E. M.; Melo, E. & Loiola, M. I. B. 2016. Flora do Ceará, Brasil: Polygonaceae. Rodriguésia, 67(4): 981-996.

Tanaka, Y. & Brugliera, F. 2006. Flower colour. *In:* Ainsworth C (ed) Flowering and its manipulation. Blackwell, London, 201-239.

Teixeira, S. P.; Marinho, C. R. & Paulino, J. V. A Flor: aspectos morfofuncionais e evolutivos. *In:* Biologia da polinização. Eds. Rech, A. R.; Agostini, K. Rio de Janeiro. Editora: Projeto Cultural, 1 ed. 527p.

Vogel, S. 1954. Blütenbiologische Typen als Elemente der Sippengliederung, dargestellt anhand der Flora Südafrikas. Botanische Studien, 1:1-338.

Waser, N. M.; Chittka, L.; Price, M. V.; Williams, N. M. & Ollerton, J. 1996. Generalization in pollination systems, and why it matters. Ecology, 77(4): 1043-1060.

Williamson, P. S.; Muliani, L. & Janssen, G. K. 1994. Pollination biology of *Abronia macrocarpa* (Nyctaginaceae), an endangered Texas species. Southwestern Naturalist, 39: 336-341.

Willig, M. R. 1985. Reproductive patterns of bats from caatingas and cerrado biomes in northeast Brazil. Journal of Mammalogy, 66:668-681.

Discussão Geral e Conclusões

A fauna de esfingídeos amostrada em Santana do Cariri, assim como a observada em outras pesquisas desenvolvidas no Brasil (Darrault & Schlindwein, 2002; Amorim, 2008; Oliveira, 2014; Câmara *et al*., 2017) foram de espécies que possuem ampla distribuição na região Neotropical e possivelmente migram entre habitats adjacentes e biomas. Assim como ressaltou Martin *et al*. (2011), outro aspecto observado em Santana do Cariri e também corroborado por outros autores (Ferreira *et al*., 1986; Marinoni *et al*., 1999; Darrault & Schlindwein, 2002; Motta & Xavier-Filho, 2005; Amorim, 2008; Duarte *et al*., 2008, Ávila Jr., 2009; Oliveira *et al.* 2014; Primo *et al*., 2013; Vieira *et al*., 2015; Câmara *et al*., 2018 etc.) é o fato de Macroglossinae ser a subfamília mais rica, abundante e constante nas amostras.

Em relação a fenologia dos esfingídeos, percebeu-se uma sazonalidade bem marcada entre os meses referentes ao período chuvoso (dezembro a maio) e seco (junho a novembro). Entretanto, o início das elevações na abundância e riqueza dos esfingídeos ocorrem ainda no período seco, no mês de outubro, o que levou a correspondência com o primeiro pico de floração entre outubro e novembro para a região. Essa relação entre a sazonalidade da abundância de esfingídeos e fenologia de floração foi observada por Cruz-Neto *et al.* (2011).

As espécies e/ou gêneros (*Callionima*, *E. ello ello* e *Xylophanes*) que estiveram com o maior número de espécimes coletados em Santana do Cariri, também foram citados como mais abundantes em estudos para outras regiões do Brasil (Motta *et al.* 1998; Motta & Andrazze, 2001, Oliveira, 2014; Ferreira, 1986; Coelho *et. al*., 1979; Vieira *et al*., 2015; Duarte & Schlindwein, 2008; Darrault & Schlindwein, 2002; Laroca & Mielke, 1975). O que demonstra que essas espécies têm uma ampla distribuição, abundância e plasticidade em relação à vegetação e padrões climáticos.

O total de seis espécies (16%), apresentando apenas um indivíduo e mais duas espécies com apenas 2 indivíduos, amostrados em Santana do Cariri foi um número menor do que visto em outras localidades do Brasil, por exemplo, Vieira *et al*. (2015) amostraram 14 espécies raras (36%). As atividades de voo durante as noites variaram de

espécie para espécie, o que já era esperado, principalmente entre as subfamílias. Entre as localidades algumas mantiveram o mesmo padrão, enquanto outras tiveram as atividades de voos modificados. Por exemplo, na Amazônia Motta *et al.* (1998) perceberam que *E. ello ello* foi constante em quase toda a noite (20h - 5h), o que também foi percebido nas amostragens em que essa espécie ocorreu em Santana do Cariri.

As prospecções de ácaros otofeidomenídeos até a presente data foram realizadas em coleções de museus, com exceção de uma expedição realizada no Peru, que teve duração de oito dias, resultando na descrição da espécie *P. incanus*, coletada em esfingídeos vivos (Prasad, 2018). Até o momento, os eritrídeos também não tinham sido objeto de estudos baseados em levantamentos de longo prazo.

Além dos parasitos da família Otopheidomenidae, os ácaros foréticos de Acaridae, Ascidae e Erythraeidae também já foram encontrados nos esfingídeos (Prasad, 1975). Erythraeidae é uma família bem distribuída mundialmente, mas os gêneros no presente estudo possuem poucos registros no Brasil. O gênero *Caeculisoma* possui apenas uma espécie, *C. nestori*, registrada para o país, a qual foi coletada em plantas. Contudo, em Santana do Cariri foi amostrado apenas um espécime, o que não permitiu a visualização de todos os caracteres necessários para confirmação da espécie. Sendo assim, esse é o primeiro registro do gênero em esfingídeo para o Brasil. O gênero *Callidosoma*, teve a espécie *C. selmae* descrita para o Brasil em 2017 por Costa *et al*. no estado de Minas Gerais. Segundo os autores, os ácaros estavam localizados em pequenos lepidópteros não identificados, que pela descrição provavelmente não seriam esfingídeos. Então, esse é um novo registro para espécie *C. selmae*, com ampliação de distribuição geográfica e hospedeiro.

Outro fato que não há relatos em artigos é a associação de mais de uma espécie de ácaro a um único esfingídeo. Prasad (2013b) mencionou que em mais de 40 anos de estudos nunca encontrou infestação de uma única mariposa por duas espécies de *Prasadiseius*. Em Santana do Cariri, entretanto, um espécime de *E. ello ello* apresentou as duas espécies encontradas de otofeidomenídeos, porém houve uma divisão nos sítios de infestação.

Os otofeidomenídeos foram mais abundantes e frequentes que os eritrídeos, sendo *P. donahuei* a que apresentou um número significativo de espécies parasitadas e teve as maiores prevalências em quase todos os meses. Esse resultado demonstra o que vem

sendo reportado por outros autores, isto é, que a família Otopheidomenidae é bem representada em principalmente nos trópicos e subtrópicos (Treat, 1975; Zhang, 1995).

É certo que no município de Santana do Cariri a influência do clima semiárido e a sazonalidade bem marcada influenciou a distribuição dos hospedeiros e ectoparasitos nos períodos chuvoso e seco. É provável que *P. donahuei* e *C. selmae* sejam um pouco mais resistentes às variações climáticas, mas com picos de infestação também durante o período chuvoso. Em trabalhos desenvolvidos em partes da Europa, os ácaros *H. adleri* ocuparam os corpos de insetos durante todo o ano, mas a intensidade de infestação em *P. apterus* aumentou no final da primavera, verão e início do outono (Chmielewski, 2006; Levandowski & Szafranek, 2005; Socha, 1993).

Os vários sítios foram explorados por ambas as espécies, reforçando o que disse Prasad (2013b), de que não há preferência entre os sítios. A utilização das pernas para infestação, porém, foi inesperada por ser um local de fácil retirada dos ácaros. Todas essas interações puderam ser percebidas, por meio de vários trabalhos, nos quais os esfingídeos e os ácaros tiveram sua distribuição bem ampla pela zona Neotropical, sendo a mesma espécie de ácaro responsável pela infestação da mesma espécie em regiões distantes, por exemplo: *M. rustica* e *P. cocytes* com infestações descritas do México ao Brasil. Espécies de *P. cocytes* e *P. donahuei* infestando diversas espécies de esfingídeos com ampla distribuição. Estudos filogenéticos futuros poderão esclarecer melhor essas relações.

Os valores amostrados na região são próximos e até maiores que outros registros polínicos para o Brasil, mesmo tendo apresentado apenas 29 esfingídeos com carga polínica. Um total de 91 tipos polínicos de angiospermas foram identificados referentes a 36 famílias, sendo no primeiro ano 71 tipos e 31 famílias. A maioria dos estudos foram desenvolvidos em um ano, mas se comparamos apenas o primeiro ano de coleta com outros resultados para o Sudeste, por exemplo realizado por Ávila *et al.* (2010) na Mata Atlântica, onde foram amostradas 49 espécies de esfingídeos com 64 tipos polínicos em 27 famílias, dá para perceber uma proximidade entre os números.

Outro fator que influencia os números de proporcionalidade, importância e os usos de tipos polínicos pelos esfingídeos é a sazonalidade para a região que impacta diretamente na floração. Em um estudo desenvolvido sobre a flora da disjunção de cerrado da Chapada do Araripe, Costa *et al*. (2004) obtiveram como resultado que aproximadamente 76% das espécies pertencentes a 41 famílias florescem e frutificam no período chuvoso, com os picos de floração descritos em dois momentos um ocorrendo

em outubro e outro de janeiro a abril havendo uma resposta a sazonalidade do clima semiárido. Esse resultado correspondeu com o encontrado nessa pesquisa, pois no período entre os picos de floração para a região de maio a setembro, houveram os menores registros de tipos polínicos utilizados quando estes ocorreram, sendo justamente o período de junho a setembro de 2017 retratados sem ocorrência de nenhuma amostra de pólen.

No presente estudo Fabaceae (20%) foi considerada como a principal fonte de recurso para os esfingídeos, seguida de Rubiaceae (13%), Euphorbiaceae e Malvaceae (7%), apesar de outras famílias terem apresentado valores altos de IP e valor de importância no período dos dois anos como: Capparaceae, Connaraceae, Gesneriaceae, Myrtaceae e Rutaceae. Somente duas famílias estiveram presentes em ambos os anos com os valores mais altos, Fabaceae com o tipo polínico *Mimosa* e Rubiaceae com *Guettarda viburnoides*, porém com valores e meses diferentes.

Atualizada a lista, após seis anos da última revisão, com os dados constatados aqui a porcentagem traz hoje para o Brasil como principais famílias utilizadas: Fabaceae (15%), Rubiaceae (11%), Apocynaceae (8%), Euphorbiaceae e Malvaceae (5%). O que demonstra uma semelhança dos dados encontrados com o resultado encontrado no Brasil e de forma pontual em trabalhos desenvolvidos em diferentes tipos de vegetação.

Os maiores valores de IP e vi, foram encontrados em *Capparis* (Capparaceae) e *Apeiba* (Malvaceae) que possuem flor actinomórfica, estando presente na primeira um "pincel de estames". No Cerrado houve o registro da interação com esfingídeos com *Capparis* através também de análise polínica (Darrault & Schlindwein, 2002), mas *Apeiba* é o primeiro registro. O tipo polínico mais visitado pelos esfingídeos foi *Sinningia*, primeira vez citado como fonte de recurso. Em outros trabalhos *Inga vera*, *Guettarda platipoda* e *Hancornia speciosa* foram as mais visitadas (Amorim, 2008; Darrault & Schlindwein, 2002).

Aproximadamente 15% das espécies e 41% das famílias de angiospermas foram visitadas por esfingídeos na amostragem, sendo representadas por vários formatos de corola. Se ampliado para a todas as espécies que ocorrem no Nordeste, e incluindo todas os tipos polínicos aqui apresentados, até os que foram utilizados apenas uma vez, esse número representaria que os esfingídeos podem utilizar um total 6% das plantas registradas para esta região do Brasil. Seria compatível com o valor dos sistemas esfingófilos de 7% que Machado & Lopes (2004), registraram para trechos da Caatinga e remanescentes da Mata Atlântica nordestina (Kimmel *et al*., 2010)

O número de gêneros ou espécies de angiospermas que foram utilizadas para extração de recurso floral pelos esfingídeos teve uma variação de 1 a 65, que foi bem maior do que encontrado por outros autores de 1 a 23 (Darrault & Schlindwein, 2002) e 1 a 20 (Amorim, 2008). Isso pode ter ocorrido em função de *E. ello ello*, o esfingídeo com maior registro de tipos polínicos (65) e com a maior presença de polens que só ocorreram uma vez (16), ter tido ampla amostragem de 1.676 espécimes bem como sua ocorrência em quase todos os meses.

Corroborando com Darrault & Schlindwein (2002) que registraram *E. ello ello* durante quase todo ano, foi a mais abundante e com amostras de pólen de flores de diferentes formas, incluindo as hipocrateriformes, em forma de disco, goela e pincel. Em Amorim (2008), a espécie mais abundante e também com a maior riqueza de polens foi *P. strigilis*.

No estudo de Ávila *et al*. (2010), ele usou a justificativa que o grupo possa realmente está utilizando pólen na sua dieta semelhante à alguns lepidópteros diurnos da subfamília Heliconiinae pertencentes aos gêneros *Heliconius* e *Laparus*, em que o aparelho bucal permite coleta ativa de pólen (Krenn *et al*., 2009) que auxiliariam no incremento de nitrogênio na dieta nectarífera (Eberhard *et al*. 2009), cujas proteínas e aminoácidos também seriam incorporados aos ovos (Penz & Krenn, 2000; Oliveira *et al*., 2014).O que corrobora com essa ideia é o fato dos esfingídeos utilizaram no mesmo período os tipos polínicos de flores com pólen e sem oferta de pólen como recurso, por exemplo, *G. virbunoides* e *Tocoyena* sp. foram encontrados nas probóscides no mês de dezembro assim como *Senna*. Além de ser um mês do período chuvoso onde há maior disponibilidade de recursos.

Tendo em vista que outros tipos polínicos (*Cecropia* e *Solanum*) encontrados em menos esfingídeos, também não apresentam néctar como recurso floral e foram encontrados no período com maior disponibilidade de recursos. Faz-se necessário uma maior investigação sobre qual é a relação que existe entre essas angiospermas e os esfingídeos.

Ainda existe um menor conhecimento sobre a fauna de Lepidoptera na região Nordeste, com poucos levantamentos publicados, dificultando a comparação sobre a diversidade e seu estado anterior. A presente pesquisa contribuiu com conhecimento básico sobre a composição da taxocenose de esfingídeos,

Houve uma indicação de que os esfingídeos respondem à sazonalidade, a qual é bem marcada em Santana do Cariri, assim como em outras localidades do Brasil e da América Latina. Entre as variáveis ecológicas que foram analisadas, apenas a umidade relativa do ar teve uma relação significativa com a riqueza das espécies. A diversidade de Shannon e a Equitabilidade flutuaram muito próximas do que era esperado para a região. As espécies que tiveram maior abundância não tiveram preferências por nenhum horário de amostragem.

Os dados sobre o grupo taxonômico serão disponibilizados e poderão ser utilizados como um comparativo em pesquisas futuras de conservação para a região, além de trazer uma ampliação para a Coleção de Lepidoptera do MZUSP sobre a região Nordeste. Antes dessa pesquisa, apenas um levantamento de campo de apenas oito dias tinha sido realizado com espécimes vivos de otofeidomenídeos. A ampla amostragem realizada em Santana do Cariri, CE, foi capaz de aumentar consideravelmente o registro de espécies de Sphingidae parasitadas e registrar a espécie *P. donahuei* pela primeira vez no Brasil. Pela primeira vez as pernas dos esfingídeos foram registradas com ácaros otofeidomenídeos. A espécie *C. selmae* também não havia tido registro de esfingídeos como hospedeiros. O teste realizado na presente pesquisa demonstrou que não houve preferências por sítios de infestação, fato que já havia sido sugerido por Prasad com espécimes em coleções. A importância da sazonalidade no ciclo de vida desses animais também foi demonstrada nessa pesquisa.

Após 45 anos da primeira pesquisa desenvolvida por Silberbauer-Gottsberger & Gottsberger (1975) sobre interações entre esfingídeos adultos e as plantas como recurso floral e depois de alguns estudos desenvolvidos nos últimos anos (Darrault & Schlindwein, 2002; Oliveira *et al.* 2004; Amorim, 2008; Ávila *et al*., 2010; Moré *et al.* 2014; Camargo *et al*., 2018), apenas 22% das espécies de esfingídeos tem algum tipo de informações disponíveis sobre essas relações. Com os resultados encontrados houve uma ampliação de informações de 3% delas.

Houve uma ampliação de 18% das famílias de plantas sendo utilizadas pelos esfingídeos e 28% dos tipos polínicos para o Brasil. Para o estado do Ceará, todos os dados são novos e vem com o intuito de iniciar as pesquisas sobre essa relação tão importante e entender futuramente o grau de contribuição que esses animais dão para a flora da região. Visto que, um número expressivo de famílias e espécies de plantas da região foram visitadas. A sazonalidade também foi percebida através da quantidade de

esfingídeos coletados e tipos polínicos identificados, visto que o período de floração é bem marcada em Santana do Cariri.

O maior valor de IP e vi foram encontrados no tipo polínico *Capparis* (Capparaceae), que possuí como característica “um pincel de estames”, entretanto houve um predomínio de tipos polínicos de Fabaceae, com o tipo *Senna* representando flores sem néctar como recurso durante os dois anos em Santana do Cariri. Além disso, o tipo polínico mais visitado por esfingídeos em Santana do Cariri foi *Sinningia*, o qual ainda não havia sido reportado como recurso floral para mariposas e sim como flores utilizadas por espécies de beija-flor. Tudo isso, traz a outras perguntas e não somente conclusões.

Na verdade, essa pesquisa corroborou com outros trabalhos desenvolvidos na região Neotropical, onde relatam que as relações entre os esfingídeos e as plantas esfingófilas são generalistas. Também foi amplo o habitat das plantas utilizadas indo de herbácea a arbóreo. Portanto, pode-se concluir que essa pesquisa ampliou através da análise do pólen das probóscides o número de recursos florais utilizados pelos esfingídeos, trouxe uma direção sobre quais famílias e gêneros onde podem ser aprofundados assuntos como polinização por espécies de esfingídeos.

Resumo

Na região Nordeste do Brasil foi constatado um alto número de áreas insuficientemente conhecidas, sendo algumas consideradas de extrema importância para a conservação da biodiversidade da Caatinga, dentre elas a Chapada do Araripe. Existindo lacunas de conhecimento para vários grupos, incluindo os lepidópteros que possuem fraca representação em coleções dessa região. Os esfingídeos (Lepidoptera: Sphingidae) são mariposas com ampla distribuição, sendo reconhecidas como indicadores biológicos, polinizadores de espécies vegetais em regiões tropicais, alimentos para vários animais e hospedeiros de parasitas. A partir desse contexto, o objetivo da pesquisa foi coletar dados da fauna de esfingídeos atraídos por fonte luminosa artificial e seus ectoparasitas, analisar a composição de espécies de plantas utilizadas como recurso floral pela taxocenose de esfingídeos em um brejo de encosta, no município de Santana do Cariri, CE. Para tanto, foram realizadas coletas de mariposas pertencentes a família Sphingidae entre 17:30 e 05:30, em três dias de lua nova por mês, durante dois anos (agosto de 2016 a julho de 2018) na Área de Proteção Ambiental da Chapada do Araripe no município de Santana do Cariri, CE. Estas foram atraídas por armadilha luminosa utilizando lâmpada mista de 250 watts, capturadas manualmente e sacrificadas com injeção de amônia no metatórax. Um total de 3.690 espécimes foram amostrados pertencentes a 37 espécies e 18 gêneros. As espécies *Erinnyis ello ello*, *Xylophanes tersa* e *Hyles euphorbiarum* foram as espécies mais abundantes, compreendendo juntas 74% de todos os espécimes coletados. Nove espécies foram registradas pela primeira vez no Ceará. Os espécimes de esfingídeos passaram por prospecção de ácaros e foi observado em um total de 18 espécies de esfingídeos e 122 espécimes, com ácaros aderidos ao corpo e prevalência total de 3,3% sendo representantes de Erythraeidae e Otopheidomenidae. Durante o período de coleta a sazonalidade se mostrou importante para hospedeiros e parasitos e não houve preferência entre os sítios de infestação. Houve o primeiro registro de C*aeculisoma selmae* parasitando esfingídeos e de *Prasadiseius donahuei* para o Brasil, infestando mais de 14 espécies. Pela primeira vez um indivíduo foi observado infestado por duas espécies de otofeidomenídeos. No intuito de descobrir quais recursos são utilizados por essas mariposas, foram extraídas probóscides de todos os espécimes coletados, sendo separadas por espécie, sexo e mês. Para a análise dos polens nelas aderidos foram preparadas lâminas de pólen utilizando o método de acetólise. Houve um registro de pólen em 29 espécies, sendo identificados 91 tipos polínicos pertencentes a 36 famílias, e com novos registros para o Brasil de 11 delas e 63 tipos polínicos. O predomínio de tipos polínicos para os dois anos foi Fabaceae (20%). Os maiores registros de tipos polínicos aderidos a probóscides foram de *Erinnyis ello ello*, *Xylophanes tersa* e *Agrius cingulata* com 65, 31 e 28, respectivamente. Um total de 15% das espécies e 41% das famílias de angiospermas registradas para a região foram visitadas por esfingídeos. Para o Brasil, houve uma ampliação de 18% das famílias de plantas e 28% dos tipos polínicos utilizados pelos esfingídeos como recurso floral. Para o estado do Ceará, todos os dados são novos registros. A presente pesquisa contribuiu com conhecimento básico sobre a composição da taxocenose de esfingídeos e uso dos recursos florais, ampliando o conhecimento da distribuição para algumas espécies. Não existem precedentes de pesquisa com ácaros em esfingídeos fora de coleção para o Brasil, tornando-a pioneira.

Palavras-chave: Fenologia, *Erinnyis ello ello*, mariposas, Nordeste, novos registros, ácaros, *Prasadiseius donahuei*, Fabaceae e tipos polínicos.

Abstract

In the northeastern region from Brazil was registered the growth with insufficiently known areas, been some considered extremely important for biodiversity conservation from Caatinga biome, amongst them Chapada do Araripe. The lack of knowledge for many groups, including the Lepidoptera taxon, has less representation in scientific collections in this region. The sphingids (Lepidoptera: Sphingidae) are widespread moths, been acknowledgments as biological indicators, pollinators vegetal species in tropical regions, foods for other animals, and host for ectoparasites. Thus, the research aimed to collect data of sphingids fauna attracted for artificial source light, its ectoparasites, and analyze the composition of vegetal species used as floral resources by assemblage sphingids in "brejo de encosta" in municipality Santana do Cariri, CE. Therefore, was performed collects of moths belong to family Sphingidae between 1730h until 0530h in three days of new moon per month for two years (August/2016 until July/2018) in Environment Protect Area Chapada do Araripe in municipality Santana do Cariri, CE. The moths were attracted to the luminal trap used mixed lamp 250watts, hand captured and euthanized with ammonia in metatórax. A total of 3690 specimens were sampled belong to 37 species and 18 genera. The species *Erinnyis ello ello, Xylophanes tersa*, and *Hyles euphorbiarum* were more abundant, comprises together 74% of all specimens collected. The nine species moth was registered for the first time in Ceará state. The specimens host were investigated for mites ectoparasites and were identified as the presence of the Erythraeidae and Otopheidomenidae family. There were observed a total of 18 species of sphingids host and 122 individuals infected with mites in its body with a prevalence of 3.3%. There were a first registered of *Caeculisoma selmae* parasitizing sphingids and *Prasadiseius donahuei* to Brazil, parasitizing more than 14 species. For the first time, an individual was observed to be infested by two species of otopheidomenids. To find out what resources are used by these moths, proboscis was extracted from all collected specimens, being separated by species, sex, and month. For the analysis of pollens attached to them, pollen slides were prepared using the acetolysis method. There was a pollen record in 29 species, 91 pollen types belonging to 36 families were identified, and with new records for Brazil of 11 of them and 63 pollen types. The predominance of pollen types for the two years was Fabaceae (20%). The largest records of pollen types adhered to proboscis were *Erinnyis ello ello*, *Xylophanes tersa* and *Agrius cingulata* with 65, 31, and 28, respectively. A total of 15% of species and 41% of angiosperm families registered for the region were visited by sphinxes. For Brazil, there was an expansion of 18% of the plant families and 28% of the pollen types used by the sphingids as a floral resource. For the state of Ceará, all data are new records. The present research contributed with basic knowledge about the composition of sphingids assemblage and the use of floral resources, expanding the knowledge of the distribution for some species. There are no precedents for research on mites in sphingids out of the collection for Brazil, making it a pioneer.

Keywords: Phenology, *Erinnyis ello ello*, moths, Northeast, new records, mites, Prasadiseius donahuei, Fabaceae, pollen types.

Apêndices

Apêndice 1.1 - Referências das pesquisas desenvolvidas com Sphingidae para região Nordeste do Brasil com as espécies para o Bioma Caatinga e outros biomas. (1 - Lopes *et al*., 2006; 2 - Cruz-Neto *et al*., 2011; 3 - Corrêa, 2017; 4 - Camargo *et al*., 2018; 5 - Silva, 1967; 6 - Câmara *et al*., 2017; 7 – Amostragem de Barbalha; 8 – Amostragem de Santana; 9 - Duarte Jr. & Schlindwein, 2005b; 10 - Duarte Jr. & Schlindwein, 2008; 11 - Primo *et al*., 2013; 12 - Darrault e Schlindwein, 2002; 13 - Gusmão & Creão-Duarte, 2004a; 14 - Gusmão & Creão-Duarte, 2004b; 15 - Duarte Jr. *et al*., 2001 *apud* Varela- Freire, 2004; 16 - Varela-Freire, 2004; 17 - Duarte Jr. e Schlindwein, 2005a; 18 - Mielke & Haxaire, 2013; 19 - Câmara *et al*., 2018; 20 - Câmara *et al*., 2017. Siglas: Al - Alagoas, BA - Bahia, CE - Ceará, PE - Pernambuco, PB - Paraíba, RN - Rio Grande do Norte, MA - Maranhão, PI - Piauí, SE - Sergipe, SD - Sem dados, AM - Amazônia, CA - Caatinga, CR - Cerrado, MA - Mata Atlântica, PM - Pampas, PT - Pantanal. *Primeiro registro para o Ceará. **Primeiro registro para o Nordeste. # registro de ocorrência que não coincide com a distribuição geográfica conhecida da espécie. **Negrito -** Registro para Caatinga em Corrêa 2017 apenas para bancos de dados (Lepbarcoding, 2017) e não através de literatura. Em relação a Caatinga foram registradas 38 espécies por Corrêa 2017, mas aqui deixado 37 por *Amphonyx duponchel* não ser considerado um nome válido e sim sinônimo de *Cocytius duponchel*, que foi contado apenas uma vez.

Espécie	AL		BA		CE				PE			PB			RN			MA		PI	SE	Corrêa 2017	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	SD	CA	Outros biomas
Macroglossinae: Dilophonotini																							
Aellopus ceculus		X																					AM, CR, MA
Aellopus fadus						X						X							X	X			AM, CR, MA, PM
Aellopus titan				X	X							X						X					AM, CR, MA, PM
*Aleuron carinata***							X																AM, CR, MA
Aleuron chloroptera					X	X												X	X	X			AM, CR, MA
Aleuron iphis					X					X								X		X			AM, CR, MA
Callionima grisescens			X	X		X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	AM, CR, MA, PT
*Callionima guiarti**							X	X										X	X			X	AM, CR, MA
Callionima inuus										X													AM, CR, MA, PM
Callionima nomius										X													AM, CR, MA, PM
Callionima parce		X		X	X	X				X	X	X	X	X	X	X				X		X	AM, CR, MA, PM, PT

Callionima falcifera										X													AM, MA
Enyo gorgon					X						X												AM, CR, MA, PM
Enyo lugubris				X	X	X	X	X	X	X			X		X	X	X	X	X	X		X	AM, CR, MA, PM
Enyo ocypete			X	X		X	X	X	X	X	X	X			X	X		X	X	X		X	AM, CR, MA, PT
Erinnyis alope			X	X	X	X	X	X	X	X	X		X			X	X	X	X			X	AM, CR, MA, PM
Erinnyis crameri				X		X		X		X	X	X							X				AM, CR, MA, PM
Erinnyis ello ello	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	AM, CR, MA, PM
*Erinnyis impunctata**							X	X												X		X	CR, MA
Erinnyis lassauxii		X	X	X						X					X	X	X						AM, CR, MA, PM
Erinnyis obscura			X	X	X	X	X	X		X					X	X	X	X	X	X		X	AM, CR, MA, PM
Erinnyis oenotrus			X	X		X	X	X				X			X	X			X	X		X	AM, CR, MA, PM
Eupyrrohoglossum sagra											X							X		X			AM, CR, MA, PT
Hemeroplanes triptolemus									X	X	X							X					AM, CR, MA
Isognathus allamandae			X	X	X		X	X	X	X					X	X		X	X	X		X	AM, CR, MA, PM
Isognathus australis															X		X					X	CR, MA
Isognathus caricae			X	X	X	X	X	X		X		X			X	X		X	X	X		X	AM, CR, MA, PT
Isognathus leachii					X					X									X				AM, CR, MA
Isognathus menechus			X	X		X	X	X		X		X	X	X				X		X		X	AM, CR, MA
Isognathus scyron																			X				AM
Isognathus swainsonii										X													AM, CR, MA
Madoryx bubastus																		X					AM, CR, MA, PM
*Madoryx oiclus**			X				X	X				X							X			X	AM, CR, MA, PM
Madoryx plutonius		X								X								X					AM, CR, MA
Nyceryx brevis																						X	MA
*Nyceryx alophus alophus***							X																CR, MA, PM
Nyceryx coffaeae											X							X					AM, CR, MA

Nyceryx mielkei																		X					CR
Pachygonidia caliginosa		X																X					AM, CR, MA
Pachylia darceta																						X	AM, CR, MA
Pachylia ficus	X			X	X		X	X		X	X	X						X	X				AM, CR, MA, PM
Pachylia syces					X				X			X											AM, CR, MA, PM
*Pachylioides resumens**				X			X	X		X								X		X			AM, CR, MA, PM
*Perigonia ilus**								X											X				AM, MA
Perigonia leucopus																		X					AM, CR
Perigonia lusca			X	X	X	X		X			X		X	X	X	X		X	X	X		X	AM, CR, MA, PM, PT
Perigonia pallida			X	X		X	X	X			X	X	X		X	X		X	X	X		X	AM, CR, MA, PT
Perigonia pittieri															X		X					X	AM
Perigonia stulta											X												AM, CR, MA, PM
Phryxus caicus																		X					AM, CR, MA, PM
Pseudosphinx tetrio			X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X		X	AM, CR, MA, PM
Unzela japix																				X			AM, CR, MA
Macroglossinae:Macroglossini																							
Hyles euphorbiarum			X	X	X		X	X				X	X	X	X	X	X					X	CR, MA, PM
Xylophanes anubus		X								X								X					AM, CR, MA, PM
Xylophanes crotonis[#]	X																						SD
Xylophanes chiron nechus			X	X	X	X	X			X	X							X	X	X			AM, CR, MA, PM
Xylophanes libya									X	X	X												MA
Xylophanes loelia		X							X	X	X												AM, MA
Xylophanes pistacina			X			X												X	X				AM, CR, MA
*Xylophanes pluto**								X		X	X		X					X				X	AM, CR, MA
Xylophanes porcus																		X					AM, CR, MA
Xylophanes tersa	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	AM, CR, MA, PM

Xylophanes thyelia			X							X												X	AM, MA
Xylophanes tyndarus																		X					AM, CR, MA
Macroglossinae: Philampelini																							
Eumorpha adamsi																		X					CR, MA
*Eumorpha analis***								X															CR, MA, PM, PT
Eumorpha anchemolus		X							X	X	X												AM, CR, MA, PM
*Eumorpha fasciatus**								X	X	X	X				X	X	X		X			X	AM, CR, MA, PM
Eumorpha labruscae					X	X	X	X		X			X	X	X	X	X		X			X	AM, CR, MA, PM
Eumorpha obliquus										X													AM, CR, MA
Eumorpha satellitia					X	X												X		X			AM, CR, MA, PM
Eumorpha vitis		X		X	X		X	X		X	X		X	X	X	X	X		X			X	AM, CR, MA, PM
Smerinthinae: Ambulycini																							
*Adhemarius daphne***							X																AM, MA
*Adhemarius gannascus**	X		X				X	X	X	X												X	AM, CR, MA, PM, PT
Adhemarius palmeri	X											X											
Orecta comuns						X												X					CR
Protambulyx astygonus	X	X							X	X												X	CR, MA
Protambulyx goeldii	X								X														AM, MA
Protambulyx eurycles									X									X	X				AM, CR, MA
Protambulyx strigilis	X		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	AM, CR, MA, PM, PT
Sphinginae:Sphingini																							
Agrius cingulata			X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	AM, CR, MA, PM
Amphimoea walkeri										X													AM, CR, MA
*Cocytius duponchel**							X	X										X	X			X	AM, CR, MA
Cocytius anteus		X			X		X	X	X	X	X	X			X	X	X					X	AM, CR, MA, PM, PT
Neococytius cluentis					X													X				X	AM, CR, MA, PM

Manduca brasilensis									X								X					X	CR, MA
Manduca contracta										X													AM, CR, MA, PM
Manduca diffissa			X			X	X	X		X	X	X			X	X			X	X		X	AM, CR, MA, PM
*Manduca florestan**		X						X		X								X				X	AM, CR, MA, PM
Manduca gueneei																						X	CR, MA
Manduca hannibal	X	X							X	X	X												AM, CR, MA, PT
Manduca lefeburii	X					X					X							X					AM, CR, MA, PM
Manduca lucetis				X	X																		AM
Manduca manducoides																		X					AM, CR, MA
Manduca rustica	X				X		X	X	X	X	X		X	X	X	X	X		X	X		X	AM, CR, MA, PM
Manduca sexta	X			X	X	X	X	X		X	X	X	X	X				X	X			X	AM, CR, MA, PM, PT
Neogene dynaeus	X	X		X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X	AM, CR, MA
	14	14	23	27	29	27	33	37	23	48	31	24	19	15	25	24	20	47	36	28	SD	37	
95 espécies	25		32		51				58			31			26			55		28	SD	37	

Apêndice 2.1 - Esfingídeos com registro de infestação por otofeidomenídeos no mundo. NE -Não especificado a espécie que estava parasitando o esfingídeo.

Sphingidae	Otopheidomenidae	País	Autor
Acherontia lachesis	NE	Filipinas	Prasad, 1975
Acosmeryx anceus	NE	Nova Guiné (Ilhas Salomão)	Prasad, 1975
Adhemarius gannascus	NE	Panamá	Prasad, 1975
	P. cocytes	Guatemala	Prasad, 2011c; 2013a,b
Adhemarius sexoculata	*P. cocytes*	Peru	Prasad, 2013a
Aellopos ceculus	*NE*	Brasil	Prasad, 1975
Agrius cingulata	*NE*	Mérida (México)	Prasad, 1975
Agrius convolvuli	*NE*	Índia	Prasad, 1975
Amplypterus panopus	NE	Indonésia, Malásia	Prasad, 1975
Antinephele achlora	*P. achlora*	Uganda	Prasad, 1972; 2013a; 2018
Batocnema cocquereli	NE	Madagascar	Prasad, 1975
Cocytius duponchel	NE	Peru	Prasad, 1975;
	P. cocytes	Brasil, Peru	Prasad, 1970; 2013b; 2018
Coelonia fulvinotata	*NE*	República Centro-Africana	Prasad, 1975
Daphnis hypothous	*NE*	Indonésia	Prasad, 1975
Enyo gorgon	*P. cocytes*	Equador	Prasad, 2011c; 2013a,b
Enyo lugubris	NE	Honduras	Prasad, 1975
	P. kayosiekeri	Honduras, Panamá, Peru	Prasad, 1970; 2013a;2018
Enyo ocypete	*P. cocytes*	Brasil	Prasad, 2011c; 2013b
Erinnyis ello	*NE*	México (Yucatan)	Prasad, 1975
Erinnyis lassauxi	*NE*	México	Prasad, 1975
Erinnyis obscura	*NE*	Peru	Prasad, 1975
	P. donahuei	Peru	Prasad, 1970; 2013a; 2018
Eumorpha anchemolus	*NE*	México	Prasad, 1975
	P. pholusis	Bolívia, Honduras	Prasad, 1970; 2013a; 2018
Eumorpha labruscae	*NE*	Peru	Prasad, 1975
	P. cocytes	Equador	Prasad, 2011c; 2013a,b
Eumorpha obliquus	*NE*	Bolívia	Prasad, 1975
	P. pholusis	Bolívia, Honduras	Prasad, 1970; 2013a; 2018
Eumorpha satellitia	NE	Suriname	Prasad, 1975
Eumorpha triangulum	*P. pholusis*	Equador, Guatemala	Prasad, 2013b
Eumorpha sp.	*NE*	Honduras	Prasad, 1975
Hippotion aporodes	NE	Uganda	Prasad, 1975

	P. aporodes	Uganda	Prasad, 1972; 2013a; 2018
Isognathus rimosa inclitus	NE	México (Yucatan)	Prasad, 1975
Lintneria aurigutta	NE	Bolívia	Prasad, 1975
Lintneria merops	*P. cocytes*	Guatemala	Prasad, 2011c; 2013a
Madoryx pluto	*P. donahuei*	Guatemala	Prasad, 2013b
Manduca diffisa tropicalis	*NE*	Bolívia	Prasad, 1975
Manduca lefeburii	*P. cocytes*	Colômbia	Prasad, 2013a
Manduca lichaena	*NE*	Peru	Prasad, 1975
Manduca occulta	*P. cocytes*	Equador	Prasad, 2013a
Manduca rustica	*NE*	Brasil, Equador, México (Orizaba), Peru	Prasad, 1975
	P. cocytes	Brasil, Equador, México	Prasad, 2011b,c; 2013a,b
	P. donahuei	Cuba, México, USA	Prasad, 2013a
Neococytius cluentis	NE	Jamaica	Prasad, 1975
Nephele hespera	NE	Índia	Prasad, 1975
Nephele funebris	NE	Congo	Prasad, 1975
Nephele sp.	*P. indicus*	Índia	Prasad, 1973; 2018
Pachylia darceta	*NE*	Panamá, Peru	Prasad, 1975
	P. kayosiekeri	Honduras, Panamá, Brasil, Peru	Prasad, 1970; 2011a; 2013a,b; 2018
Pachylioides resumens	*NE*	Panamá	Prasad, 1975
	P. kayosiekeri	Brasil, Guatemala, Panamá, Peru	Prasad, 1970; 2011a; 2013a,b; 2018
Panogena jasmini	*NE*	Madagascar	Prasad, 1975
Pseudosphinx tetrio	*NE*	Bolívia, Venezuela	Prasad, 1975
Theretra campensis	NE	Moçambique (Baía de Maputo)	Prasad, 1975
Theretra clotho	NE	Índia	Prasad, 1975
Theretra nessus	NE	Indonésia	Prasad, 1975
Theretra sp.	NE	Moçambique (Baía de Maputo), Índia	Prasad, 1975
Xylophanes docilis	NE	Brasil	Prasad, 1975
	P. cocytes	Peru	Prasad, 2011c; 2013a,b
Xylophanes fusimacula	*P. incanus*	Peru	Prasad *et al*., 2011 e; 2013a; 2018
Xylophanes maculator	*NE*	Peru	Prasad, 1975
Xylophanes nabucodonosor	*P. cocytes*	Peru	Prasad, 2012; Prasad, 2013a
Apêndice 2.1 Cont.			
Xylophanes pyrrhus	*P. cocytes*	Peru	Prasad, 2011c; 2013a,b
Xylophanes undata	*P. incanus*	Peru	Prasad, 2011e; 2013a; 2018
Total: 53	**8**	**24**	**13**

Apêndice 3.1 - Famílias de plantas identificadas como uso de recurso floral por esfingídeos no Brasil. Algumas referências bibliográficas utilizadas só continham identificações dos tipos polínicos associados até Sphingidae, sendo utilizado (-) para simbolizar. Para as referências com identificações até espécies foram utilizadas as seguintes abreviações: A. cin: *Agrius cingulata*, A. fad: *Aellopos fadus*, A. tit: *Aellopos titan*, A. chl: *Aleuron chloroptera*, C. gri*: Callionima grisescens*, C. par: *Callionima parce*, C. ant: *Cocytius antaeus*, C. luc: *Cocytius lucifer*, E. ocy: *Enyo ocypete*, E. alo: *Erinnyis alope*, E. ell: *Erinnyis ello*, E. obs: *Erinnyis obscura*, E. oen: *Erinnyis oenotrus*, E. ada: *Eumorpha adamsi*, E. anc: *Eumorpha anchemolus*, E. lab: *Eumorpha labruscae*, E. obl: *Eumorpha obliquus*, E. vit: *Eumorpha vitis*, E. sag: *Eupyrrhoglossum sagra*, H. eup: *Hyles euphorbiarum*, I. all: Isognathus allamandae, I. car: *Isognathus caricae*, I. men: *Isognathus menenchus*; M. plu: *Madoryx plutonius*, M. alb*: Manduca albiplaga*, M. con: *Manduca contracta*, M. dif: *Manduca diffissa*, M. flo: *Manduca florestan, M. han: Manduca hannibal*, M. lef: *Manduca lefeburii*, M. man: *Manduca manducoides*, M. rus: *Manduca rustica*, M. sex: *Manduca sexta*; N. clu: *Neococytius cluentius*, N. dyn: *Neogene dynaeus*; P. fic: *Pachylia ficus*, P. syc: *Pachylia syces*, P. pal: *Perigonia pallida*, P. ast: *Protambulyx astygonus*, P. str: *Protambulyx strigilis*, P. tet: *Pseudosphinx tetrio*, X. anu: *Xylophanes anubus*, X. chi: *Xylophanes chiron*, X. pis: *Xylophanes pistacina*, X. tyn: *Xylophanes tyndarus*, X. ter: *Xylophanes tersa*. Referências bibliográficas: (1 – Aona, 2006; 2 – Amorim, 2012; 3 – Ávila 2010; 4 – Ávila, 2012; 5 – Camargo, 2018; 6 – Darrault & Schlindwein, 2002; 7 – Ferreira, 2017; 8 – Gribel e Hay, 1993; 9 – Locatelli & Machado, 1999; 10 – Oliveira, 2004; 11 – Oliveira, 2014; 12 – Pedron, 2012; 13 – Silva & Sazima, 1995; 14 – Amorim, 2008; 15 - Amorim 2006; 16 - Ávila & Freitas, 2011; 17 – Kimmel *et al*., 2010; 18 – Moré *et al*., 2012; 19 – Neto *et al*., 2007; 20 – Oleques & Ávila Jr., 2014; 21 – Rocca *et al*., 2006; 22 – Silberbauer-Gottsberger & Gottsberger, 1975; 23 – Silva & Sazima, 1995; 24 – Singer & Cocucci, 1997; 25 – Woff *et al*., 2002; 26 – Queiroz, 2009; 27 – Neto *et al*. 2013; 28 – Maruyama, 2010). Para forma da flor foi utilizado Judd *et al*. 1999.

Família / espécie	**Sphingidae**				Referência
	Macroglossinae	Smerinthinae	Sphinginae	Total	
Acanthaceae					5
Ruellia humilis	-	-	*C. luc; M. sex*	2	11; 5; 14
Amaranthaceae	-	-	-	-	11
Alternanthera	-	-	-	-	11
Amaryllidaceae	-	-	-	-	4

Crinum erubens	-	-	-	-	22
Apocynaceae	-	-	-	-	3; 4; 6
Aspidosperma pyrifolium	*C. gri*; *E. ell*	-	-	2	11; 26
Carissa	-	-	-	-	4
Hancornia speciosa	*A. fad; E. ocy; E. ell; E. ada; H. eup; I. car; I. men; P. fic; P. syc; P. pal*	-	*A. cin; N. dyn; M.dif; M. sex*	14	5; 6; 11; 14
Hancornia pubescens	-	-	-	-	9
Himatanthus drasticus	-	-	-	-	4
Himatanthus obovatus	-	-	-	-	11
Himantanthus phagedaenicus	-	-	-	-	17
Mandevilla illustris	*E. ada*	-	*M.dif*	2	4; 5; 14
Mandevilla longiflora	-	-	-	-	22
Mandevilla scabra	-	-	-	-	4; 6; 11
Peltastes peltatus	-	-	-	-	3
Schubertia grandiflora	-	*P. str*	*C. luc; M. flo*	3	5; 14
Plumeria (Himatanthus)	-	-	-	-	4
Tabernaemontana laeta	-	-	-	-	4; 11
Trachelospermum	-	-	-	-	4
Arecaeae	-	-	-	-	3; 4
Asparagaceae				SI	22
Dracaena fragans	-	-	-	SI	22
Asteraceae	-	-	-	-	3; 4; 6
Vernonia=	-	-	-	-	3
Begoniaceae	-	-	-	-	3; 4
Begonia	-	-	-	-	3
Bignoniaceae	-	-	-	-	4; 6
Pithecoctenium (Amphilophium)=	-	-	-	-	6
Boraginaceae				-	4; 6
Cordia=	-	-	-	-	6; 11
Tournefortia	-	-	-	-	11

Bromeliaceae				-	3; 4
Aechmea	-	-	-	-	3
Neoregelia	-	-	-	-	3
Nidularium	-	-	-	-	3
Cactaceae				-	4
Cereus peruvianus	-	-	*A. cin; M. rus*	-	13; 23
Cereus fernambucensis	-	-	-	-	9
Echinopsis rhodotricha	-	-	*M. rus; M. sex*	2	7
Harrisia= balansae	-	-	*M. rus; M. sex*	2	7
Micranthocereus purpureus	*E. alo*	-	*A. cin*	2	1
Praecereus saxicola	-	-	*M. rus; M. sex*	2	7
Campanulaceae	-	-	-	-	4
Cannabaceae	-	-	-	-	4
Capparaceae	-	-	-	-	6
Capparis=	-	-	-	-	6
Cynophalla flexuosa	-	-	-	-	22
Caricaceae	-	-	-	-	4
Carica papaya	*E. ell*	-	-	1	4
Caryocaraceae	-	-	-	-	4; 5
Caryocar= brasiliensis	*E. ocy; E. ell; E. obs; E. oen; E. ada; E. anc; I. car; I. men; P. fic; P. tet; X. chi; X. tyn; X. ter*	*P. ast; P. str*	*A. cin; C. ant; C. luc; M. alb; M.con; M.dif; M. lef; M. man; M. rus; M. sex*	25	5; 8; 14
Celastraceae				-	3; 4
Maytenus	-	-	-	-	3
Chrysobalanaceae				-	4
Couepia grandifolia	-	-	-	-	22
Combretaceae				-	4; 11
Combretum indicum	-	-	-	-	11
Convolvulaceae				-	4; 6
Ipomoea=	-	-	-	-	6; 11
Ipomoea alba	-	-	-	-	11

Ipomoea villosa (argentea)	*C. par*; *X. ter*	-	-	2	5; 14
Merremia tomentosa	*E. lab; X. ter*	-	-	2	5; 11; 14
Cyperaceae	-	-	-	-	3; 4
Euphorbiaceae				-	3; 4; 6
Alchornea=	-	-	-	-	11
Cnidoscolus =	-	-	-	-	6
Cnidoscolus quercifolius	-	-	-	-	11
Cnisdoscolus urens=	-	-	-	-	11
Croton=	-	-	-	-	11
Pera	-	-	-	-	3
Sapium	-	-	-	-	3
Erythroxylaceae				-	3; 4
Erythroxylum	-	-	-	-	3
Fabaceae				-	3; 4
Acacia=	-	-	-	-	11
Albizia polycephala				-	17
Caliandra	-	-	-	-	11
Bauhinia= brevipes	-	-	-	-	14
Bauhinia cupulata	-	-	-	-	22
Bauhinia curvula	-	-	-	-	22
Bauhinia forficata	-	-	*M. sexta*	1	27
Bauhinia holophylla	*E. ocy*; *E. anc*; *P. fic*		*C. luc*	4	5
Bauhinia ungulata	-	*P. str*	-	1	5
Inga=	-	-	-	-	3; 11
Inga ingoides	-	-	-	-	17
Inga laurina	*E. alo*; *E. ell*; *I. men; X. tyn*		*M. sex*	5	5; 14
Inga sessilis	-	-	*M. pel*	1	4
Inga striata	-	-	-	-	19
Inga thibaudiana	-	-	-	-	22

Inga vera	*C. par; E. ocy; E. alo; E. ell; E. obs; E. oen; E. ada; E. anc; E. lab; E. vit*	*P. ast; P. str*	*A. cin; C. ant; C. luc; N. dyn; M. alb; M.dif; M. flo; M. sex*	28	5; 14
Mimosa selloii	-	-	-	-	3
Samanea saman	-	-	-	-	17
Stylosanthes	-	-	-	-	3
Gentianaceae				-	4
Lamiaceae				-	11
Salvia	-	-	-	-	11
Liliaceae				-	4
Loranthaceae				-	6
Lythraceae				-	4; 6
Cuphea flava	-	-	-	-	6
Lafoensia pacari	*C. par; E. ocy; E. ell; E. obs; I. all; I. car; X. ter*	*P. str*	*M. han*	9	5; 14; 22
Lafoensia vandelliana	-	-	-	-	22
Malvaceae				-	3; 4
Bombacopsis	-	-	-	-	3
Luehea divaricata	*C. par*; *E. ell*; *E. anc*; *P. tet*; *X. ter*	*P. str*	*C. luc; M. han*	8	5; 14
Luehea paniculada	*A. fad*; *P. pal*		*A. cin; M. sex*	4	6; 11
Pseudobombax=	-	-	-	-	3
Pseudobombax tomentosum	*E. ell*; *E. obs*	*P. str*	-	3	5; 14
Moraceae				-	3; 4
Sorocea	-	-	-	-	3
Melastomataceae				-	3; 4
Myrtaceae				-	3; 4; 6
Oleaceae				-	4
Jasminum	-	-	-	-	4
Orchidaceae				-	12
Habenaria gourlieana	-	-	*A. cin; M. sex*	2	24
Habenaria johannensis	-	-	*M. rus; M. sex*	2	12; 18
Habernaria paulistana	*E. obl*	-	*M. spp*	2	2

Habenaria macronectar	*E. lab*	-	-	1	12
Habenaria megapotamemsis	-	-	-	-	12
Passifloraceae				-	4
Passiflora mucronata				-	11
Piperaceae				-	3; 4
Poaceae				-	3; 4
Polygalaceae				-	3
Diclidanthera	-	-	-	-	3
Polygonaceae				-	4
Rubiaceae				-	3; 4
Alibertia=	-	-	-	-	3
Amaioua guianensis	*A. tit*	-	-	1	15
Borreria=	-	-	-	-	11
Coussarea	-	-	-	-	3
Faramea	-	-	-	-	3
Faramea hyacinthina	*Aellopos* sp.	-	-	1	28
Fernandusa elliptica	-	-	-	-	10
Genipa infundibuliformis	-	-	-	-	3
Guettarda platypoda	*A. fad*; *P. pal*	-	*A. cin; M. sex*	3	6; 11
Guettarda viburnoides=	*C. par; E. ocy; E. alo; E. ell; E. oen; E. ada; E. vit; I. car; P. pal; X. anu; X. chi; X. pis; X. tyn; X. ter*	*P. str*	*C. luc; N. dyn; M. alb; M.dif; M. flo; M. lef; M. sex*	20	3; 5; 14
Hillia parasitica	-	-	*M. spp.*	1	2; 22
Isertia laevis	-	-	-	-	25
Posoqueria= latifolia	-	-	*A. cin; M. spp*	2	2
Randia	-	-	-	-	3
Randia itatiaiae	*Xylophanes* sp.	-	*Cocytius* sp.	2	16
Sabicea	-	-	-	-	3
Tocoyena=	-	-	-	-	3
Tocoyena bullata	-	-	*A. cin; M. rus*	2	2

Tocoyena formosa	*E. alo; E. vit*	-	*A. cin; C. ant; C. luc; N. clu; M.con; M.dif; M. flo; M. rus; M. sex*	11	4; 11; 5; 10; 14
Rutaceae				-	4
Sapindaceae				-	3; 4; 6
Serjania=	-	-	-	-	3; 6; 11
Serjania erecta	*E. ocy; E. ell; E. obs; E. anc; P. fic; M. plu; X. ter*	*P. str*	*M. sex*	8	5; 14
Sapotaceae				-	3; 4
Pouteria	-	-	-	-	3
Scrophulariaceae				-	3; 4
Capraria	-	-	-	-	3
Solanaceae				-	3; 4
Cestrum megalophyllum	-	-	*M. sex*	2	5; 14
Cestrum schlechtendalii	*X. pis*	-	*C. ant*	2	5; 14
Nicotina alata	-	-	-	1	20
Ulmaceae				-	3; 4
Trema	-	-	-	-	3
Verbenaceae				-	3; 4
Aegiphila	-	-	-	-	3
Citharexylum myrianthum	*A. tit; E. ocy; A. chl; E. ell*		*A. cin.*	5	21
Stachytarpheta glabra	*A. tit*	-	-	1	5
Vochysiaceae				-	4; 5
Qualea grandiflora	*A. fad; C. par; E. ocy; E. ell; E. anc; I. car; M. plu; X. tyn*	-	*A. cin; C. luc; M. alb; M. flo; M. lef; M. man*	12	5; 10; 14; 22
Salvertia convallariodora	*C. par; E. alo; I. car; I. men; X. ter*	-	*C. ant*	6	5; 10; 14
Vochysia= cinnamomea	*A. fad; A. chl; E. sag*	-	-	1	5; 14
Vochysia pyramidalis	*A. fad*	-	-	1	5
Vochysia thyrsoidea	*A. fad; A. tit*	-	-	-	5
Vochysia tucanotum	*A. fad*	-	-	-	5
Zingiberaceae				-	4; 5

Hedychium coronarium	*E. ell*	-	*N. clu*	3	5; 14
Total (Famílias/ espécies) 51/140	Total (Espécies de esfingídeos com informação) 46				