

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROTEÇÃO DE PLANTAS

ANDERSON BRUNO ANACLETO DE ANDRADE

Ecologia química de pragas desfolhadoras de Arecaceae: *Coralimela brunnea* (Thunberg, 1821) (Coleoptera: Chrysomelidae) e *Brassolis sophorae* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Nymphalidae)

Rio Largo
2022

ANDERSON BRUNO ANACLETO DE ANDRADE

Ecologia química de pragas desfolhadoras de Arecaceae: *Coralimela brunnea* (Thunberg, 1821) (Coleoptera: Chrysomelidae) e *Brassolis sophorae* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Nymphalidae)

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Proteção de Plantas.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Euzébio Goulart
Santana

Coorientador: Prof. Dr. Henrique Fonseca
Goulart

Rio Largo
2022

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
Bibliotecária Responsável: Myrtes Vieira do Nascimento

A553e Andrade, Anderson Bruno Anacleto de

Ecologia química de pragas desfolhadoras de Arecaceae: *Coralimela brunnea* (Thunberg, 1821) (Coleoptera: Chrysomelidae) e *Brassolis sophorae* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Nymphalidae). / Anderson Bruno Anacleto de Andrade – 2022.

85 f.; il.

Tese (Doutorado em Proteção de Plantas) - Universidade Federal de Alagoas, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias. Rio Largo, 2022.

Orientação: Dr. Antonio Euzébio Goulart Santana

Coorientação: Dr. Henrique Fonseca Goulart

Inclui bibliografia

1. Compostos cuticulares. 2. Dismorfismo sexual. 3. Semioquímicos.
I. Título.

CDU: 581.5

À minha família, meus pais, meus irmãos, e a meus queridos avós. A eles, com todo amor, carinho, respeito e gratidão.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, meus pais, Antônio Anacleto Duarte e Maria Neuza de Andrade Duarte; meus irmãos, Andreza Andrade, Alicy Anacleto e Alan Anacleto e a meus avós, Maria Adelaide e José Inácio, por sempre acreditarem na minha vitória e serem os maiores incentivadores de meus sonhos;

Agradeço ao Professor Dr. Antônio Euzébio Goulart Santana, pela inestimável orientação, pela oportunidade e confiança, e pelos valiosos conselhos e ensinamentos;

Ao coorientador, Professor Dr. Henrique Fonseca Goulart, pela experiência e todo apoio ofertado no Laboratório;

Aos colegas e amigos do Laboratório de Pesquisa em Recursos Naturais (LPqRN), pela amizade, conhecimento e agradável convívio ao longo destes anos;

Aos Professores e funcionários da Universidade Federal de Alagoas, por contribuírem com minha formação acadêmica, em especial, ao Curso de Pós-Graduação em Proteção de Plantas, pela acolhida e oportunidade de realização do Curso;

Aos membros do Grupo Verde de Agroecologia e Abelhas, em especial, ao Professor Patrício Borges Maracajá, por toda a contribuição na minha formação e apoio;

A todos os amigos que participaram dessa caminhada e certamente contribuíram para essa realização;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), pela concessão de bolsa de estudos.

*Tudo é do Pai
Toda honra e toda glória
É dele a vitória alcançada em minha vida.*
(Frederico Cruz)

RESUMO

As palmáceas (Arecaceae) apresentam importância econômica. Seu cultivo é geralmente prejudicado por diversas pragas, dentre elas insetos desfolhadores, como a lagarta *Coralimela brunnea* (Thunberg, 1821) (Coleoptera: Chrysomelidae) e *Brassolis sophorae* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Nymphalidae). O monitoramento e desenvolvimento de métodos para controle são importantes na busca de um manejo integrado desses insetos-praga. Nessa perspectiva, o presente trabalho tem o objetivo de investigar os semioquímicos associados a *B. sophorae* e *C. brunnea* para controle e/ou monitoramento dessas pragas, por meio da descrição das características morfológicas e comportamentais, análise dos voláteis emitidos por folhas de coqueiros (*Cocos nucifera* L. (Arecaceae)), identificação dos compostos associados às partes do corpo dos insetos com a possível função de feromônio, e teste de atração desses compostos através de bioensaios. Nas características morfológicas, observou-se que, nas antenas de *C. brunnea*, as estruturas sensoriais são sensilas do tipo tricoide, sem diferença entre sexos, além disso, as fêmeas de *C. brunnea* têm o corpo mais comprido e largo, e o quinto urosternito mais longo do que o dos machos, possibilitando a diferenciação do sexo nos adultos. Nas antenas de *B. sophorae*, as sensilas presentes são de três tipos: tricoide, cética e celocônicas, também sem diferença entre sexos. Nas asas posteriores de machos de *B. sophorae*, existe androconia, estrutura morfológica que serve como dimorfismo sexual e pode estar associada à liberação do composto macho-específico coumarano, que apresenta bioatividade para fêmeas. Os compostos voláteis de folhas verdes emitidos por folíolos de coqueiro são quatro compostos, sendo o n-hexanal e (Z)-3-hexen-1-ol ativos para machos de *C. brunnea*. Os compostos presentes em partes do corpo de *C. brunnea* são semelhantes em quantidade entre sexos, tendo como majoritários compostos alcanos de cadeia longa. Os extratos de partes apresentam dois compostos ativos para machos e fêmeas, e o extrato de perna de macho mostrou-se atrativo para fêmeas de *C. brunnea*.

Palavras-chave: Compostos cuticulares; Dimorfismo sexual; Semioquímicos; Voláteis de Folhas Verdes.

ABSTRACT

Several pests may attack palm tree crops, for example defoliating insects such as the caterpillar *Brassolis sophorae* (Linnaeus, 1758) (Nymphalidae) and the beetle *Coralimela brunnea* (Thunberg, 1821) (Coleoptera: Chrysomelidae). Monitoring and control methods development are important for obtaining an integrated management of these insect pests. The present work investigated the semiochemicals associated with *B. sophorae* and *C. brunnea* to apply to pest management. The following activities were developed: description of insects' morphological and behavioral characteristics; analysis of volatiles emitted by coconut palm leaves; identification of compounds associated with insect body parts with possible pheromone function; and testing these compounds through bioassays and verification of attractive activity. The antennae of *C. brunnea* have trichoid sensilla, with no difference between sexes, in addition, females of *C. brunnea* have a longer and wider body, and the fifth urosternite longer than males, enabling sex differentiation in adults. *Brassolis sophorae* antennae have three types of sensilla (trichoid, chaetic, and coeloconic) with no difference between sexes. The hindwings of males of *B. sophorae* show androconia, a morphological structure for sexual dimorphism, and may release male-specific coumaran compound, which has bioactivity on females. The coconut tree leaflets secrete four green leaf volatile compounds, among which n-hexanal and (Z)-3-Hexen-1-ol are active in males of *C. brunnea*. The compounds present in parts of the body of *C. brunnea* have similar quantities between sexes, predominantly long-chain alkane compounds. The body parts extracts had two active compounds for males and females, and the male leg extract was attractive for females of *C. brunnea*.

Keywords: Cuticular compounds; Sexual dimorphism; Semiochemicals; Green Leaf Volatiles.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1.** Fases de desenvolvimento de *Brassolis sophorae*: ovo (A), lagarta (B), pupa (C) e adulto (D). Desfolha causada pelo ataque de lagarta em Arecaceae (E). 22
- Figura 2.** Fases de desenvolvimento de *Coralimela brunnea*: ovo (A), larva (B), pupa (C) e adulto (D). Injúria causada pelo ataque de larva em coqueiro (E). 23
- Figura 3.** Dimorfismo sexual verificado em asas posteriores de *Brassolis sophorae*. Fêmea (♀) e macho (♂). Região odorífera na asa posterior de macho (↑). 44
- Figura 4.** Microscopia eletrônica de varredura (MEV) das antenas de machos (♂) e fêmeas (♀) de *Brassolis sophorae* com a presença de sensilas tricoides (Tr1 e Tr2), céticas (Ch) e celocônicas (Co). Clava (A); flagelômeros centrais (B); flagelômeros basais (C). 45
- Figura 5.** Cromatogramas dos voláteis de partes de asas posteriores de macho (♂) e fêmea (♀) com característica morfológica de dimorfismo sexual de *Brassolis sophorae* [Índice de retenção em coluna NST-05; 1- coumarano* (1214), 2- tricosano** (2300); 3- pentacosano** (2500); 4- hexacosano** (2500); 5- heptacosano** (2700); 6- octacosano** (2800); 7- nonacosano** (2900)]. * compostos identificados por meio das análises de fragmentação dos espectros de massa; ** confirmação dos compostos identificados com padrões. 47
- Figura 6.** Espectro de massas do composto macho-específico de partes de asas posteriores de *Brassolis sophorae* (EI, 70 eV). Estrutura do composto coumarano (2,3-Dihidrobenzofurano). 48
- Figura 7.** Resposta eletroantenográfica de fêmeas de *Brassolis sophorae* (n=7) para o composto macho-específico coumarano e o hidrocarboneto pentacosano presentes no extrato de parte de asa posterior de macho. (↓) Indicação da resposta com pico do composto correspondente. (Coluna RTX-05; 1- coumarano; 3- pentacosano; 5- heptacosano; 6- octacosano; 7- nonacosano). 49
- Figura 8.** Características de dimorfismo sexual no abdome de fêmea (♀) e macho (♂) de *Coralimela brunnea* (vista ventral) com indicação dos segmentos abdominais. (↑) (--) Indicação de característica de dimorfismo. 61
- Figura 9.** Microscopia eletrônica de varredura (MEV) das antenas de machos (♂) e fêmeas (♀) de *Coralimela brunnea* com a presença de sensilas do tipo tricoide. Segmentos apicais (A); segmentos centrais (B); segmentos basais (C) 62
- Figura 10.** Comparação dos cromatogramas de voláteis de folíolos de coqueiros em headspace (—) e padrões sintéticos dos compostos n-hexanal (—); (E)-2-hexanal (—); (Z)-3-hexan-1-ol (—); 1-hexanol (—) em CG-MS com coluna capilar ZB-5MS. 75
- Figura 11.** Respostas das antenas de *Coralimela brunnea* obtidas no EAG mediante aos puffs de extrato de aeração de folhas e para hexano como branco. (♂) Macho (N=10); (♀) Fêmea (N=9) *Letras diferentes entre boxplot representa diferença significativa pelo teste t a 5% de probabilidade. Dados transformados em log(x+1). 76
- Figura 12.** Resposta eletroantenográfica de antena de macho de *Coralimela brunnea* para os compostos presentes no extrato de headspace dinâmico de folíolos de coqueiro. n-hexanal (1);

(E)-2-hexanal (2); (Z)-3-hexan-1-ol (3); 1-hexanol (4). (↓) Indicação da resposta com composto correspondente. 77

Figura 13. Cromatograma comparativo dos compostos voláteis de partes (élitro e pernas) de machos (♂) e fêmeas (♀) de *Coraliomela brunnea*..... 78

Figura 14. Resposta eletroantenográfica de antena de fêmea (A) e macho (B) de *Coraliomela brunnea* para os compostos 9-pentacoseno (2) e 11-metilpentacosano (4) presentes no extrato de pernas de macho. (↓) Indicação da resposta com composto correspondente..... 80

Figura 15. Espectros de massas dos compostos ativos e identificados no extrato de pernas de macho e fêmea de *Coraliomela brunnea* (EI, 70 eV). Estrutura dos compostos 9-pentacoseno (A) e 11-metilpentacosano (B). 81

Figura 16. Resposta comportamental de fêmeas (n=20) de *Coraliomela brunnea* para extrato de pernas de machos em olfatômetro de dupla escolha. (*) indica diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Qui-quadrado (GL=1; $X^2=3,99$; P= 0,0455)..... 82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Principais insetos-praga desfolhadores de Arecaceae, com distribuição geográfica.	20
Tabela 2. Compostos descritos como feromônio para gêneros da ordem Lepidoptera associados como desfolhadores de Arecaceae	28
Tabela 3. Dimensões corporais (mm) de fêmea e macho de <i>Coraliomela brunnea</i> (média $\pm$ desvio padrão).....	59
Tabela 4. Comprimento das sensilas do tipo tricoide presentes em antenas de machos e fêmeas (n=3) de <i>Coraliomela brunnea</i>	63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CECA	Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
CG-EAG	Cromatografia Gasosa Acoplada a Eletroantenografia
CG-FID	Cromatógrafo Gasoso Acoplado a Detector de Ionização em Chama
CG-MS	Cromatografia Gasosa Acoplada ao Espectrômetro de Massas
COV	Compostos Orgânicos Voláteis
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
GBIF	Global Biodiversity Information Facility
IFAL	Instituto Federal de Alagoas
IR	Índice de Retenção
LPQRN	Laboratório de Pesquisa em Recursos Naturais
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
MIP	Manejo Integrado de Pragas
UFAL	Universidade Federal de Alagoas
VFV	Voláteis de Folhas Verdes

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1. Importância econômica das Arecaceae	17
2.2. Pragas em Arecaceae	18
2.2.1. Pragas desfolhadoras de Arecaceae	19
3.2.1.1. <i>Brassolis sophorae</i> (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Nymphalidae), lagarta-da-folha-do-coqueiro	21
3.2.1.2. <i>Coralimela brunnea</i> Thunberg, 1821 (Coleoptera: Chrysomelidae), falsa-barata-do-coqueiro	23
2.3. Ecologia química no controle de pragas	24
2.3.1. Comunicação química de insetos	24
2.3.2. Evidências morfológicas do uso de feromônio por insetos	25
2.3.3. Feromônios no controle de pragas	26
2.3.4. Ecologia química de pragas desfolhadores de Arecaceae	28
REFERÊNCIAS	30
3. Ultraestrutura de antenas e evidências de composto feromonal em asas de <i>Brassolis sophorae</i> (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Nymphalidae)	38
3.1. INTRODUÇÃO	40
3.2. MATERIAL E MÉTODOS	41
3.2.1. Microscopia eletrônica de varredura das antenas de <i>B. sophorae</i>	41
3.2.2. Extração por solvente das partes da asa de machos e fêmeas de <i>B. sophorae</i> ...	42
3.2.3. Análise dos extratos por cromatografia gasosa (GC-FID) e (GC-MS)	42
3.2.4. Cromatografia gasosa acoplada à eletroantenografia (CG- EAG)	43
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
3.3.1. Extratos de partes de asas de machos e fêmeas de <i>B. sophorae</i>	46
3.4. CONCLUSÃO	50
REFERÊNCIAS	50
4. Dimorfismo sexual e análise molecular de <i>Coralimela brunnea</i> (Thunberg, 1821) (Coleoptera: Chrysomelidae)	54
4.1. INTRODUÇÃO	56
4.2. MATERIAL E MÉTODOS	57
4.2.1. Dimorfismo e análise morfométrica de adultos de <i>C. brunnea</i>	57
4.2.2. Microscopia eletrônica de varredura das antenas de <i>C. brunnea</i>	57
4.2.3. Análise molecular de <i>C. brunnea</i>	58

4.3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	59
4.4.	CONCLUSÃO.....	64
	REFERÊNCIAS.....	65
5.	Compostos voláteis de folhas de coqueiro e hidrocarbonetos cuticulares ativos para <i>Coralimela brunnea</i> (Thunberg, 1821) (Coleoptera: Chrysomelidae)	68
5.1.	INTRODUÇÃO.....	70
5.2.	MATERIAL E MÉTODOS.....	71
5.2.1.	Obtenção dos compostos voláteis de folíolos de coqueiro	71
5.2.2.	Extração por solvente das partes de machos e fêmeas de <i>C. brunnea</i>	71
5.2.3.	Análise dos extratos por cromatografia gasosa (GC-FID) e (GC-MS)	72
5.2.4.	Cromatografia gasosa acoplada a eletroantenografia (CG- EAG)	73
5.2.5.	Bioensaio em olfatômetro Y	74
5.3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	75
5.4.	CONCLUSÃO.....	83
	REFERÊNCIAS.....	83

1. INTRODUÇÃO

A família Arecaceae possui ampla distribuição geográfica em regiões tropicais, incluindo as espécies conhecidas pelo nome comum de palmeiras, e exibe uma grande diversidade de espécies. De forma geral, as Arecaceae têm grande potencial pela produtividade e diversidade de usos, sendo de grande importância alimentar, medicinal, sócio-cultural e econômica (SOUZA; LIMA, 2019; ZAMBRANA et al., 2007).

Dentre os fatores limitantes para o cultivo de Arecaceae em larga escala, está a incidência de insetos-praga, que acarreta perdas significativas desde a implementação dos cultivos, causando problemas como a necessidade do replantio de mudas, atraso e perda de desenvolvimento vegetativo e produtividade, ocasionando prejuízos econômicos expressivos. A intensidade dos danos e a dificuldade do desenvolvimento de programas de manejo integrado de pragas (MIP) específicos para Arecaceae, agrava-se à medida que a planta atinge a fase adulta e inicia a produção de frutos (MOREIRA; TUPINAMBÁ, 2006).

Os insetos-praga associados às Arecaceae causam injúrias em várias partes da planta, sendo que a condição e comportamento de alimentação dessas pragas possibilita classificá-las como desfolhadores, brocas, sugadores e traças, além da presença de ácaros de importância agrícola (FERREIRA; LINS, 2006). Os desfolhadores, em geral, provocam injúrias nas folhas, reduzindo a área fotossintética, podendo causar, inclusive, a desfolha total, atrasando o desenvolvimento da planta, reduzindo a produção e ocasionando a queda prematura dos frutos. Dentre os insetos desfolhadores, *Coralimela brunnea* (Thunberg, 1821) (Coleoptera: Chrysomelidae) e *Brassolis sophorae* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Nymphalidae) estão frequentemente associados às principais Arecaceae de importância agrícola no Brasil, como por exemplo, *Cocos nucifera* L. (ALENCAR et al., 2002), *Elaeis guineensis* Jacq. (FERREIRA et al., 2002), *Euterpe oleracea* Mart. (ANDRADE NETO et al., 2016) e *Orbignya* spp. (SILVA, 2001).

Nos sistemas sob monocultura de Arecaceae com importância agrícola, o controle químico é amplamente utilizado para o manejo das populações de insetos, muitas vezes por meio da aplicação de inseticidas sintéticos de amplo espectro, com alta persistência ambiental, elevada toxicidade e ausência de registro para a cultura (FERREIRA, 2008).

Neste contexto, a adoção de programas de manejo integrado nos cultivos de Arecaceae, preconiza a utilização de métodos de controle de forma sincronizada, além do desenvolvimento de novas técnicas para o levantamento, monitoramento e manejo das populações de insetos em campo (FALEIRO et al., 2016). Dentre os métodos disponíveis, o controle comportamental

prevê respostas frente à utilização de semioquímicos, substâncias utilizadas na comunicação química entre insetos. O uso de feromônio em cultivos através de armadilhas é uma técnica eficiente para o monitoramento e coleta massal de insetos-praga, diminuindo as populações e o sucesso reprodutivo dos mesmos (CERUTI, 2007).

Até o presente momento, não existem na literatura relatos do uso de compostos químicos orgânicos ativos para o manejo de *C. brunnea* ou *B. sophorae*. Dessa forma, a identificação dos semioquímicos utilizados para comunicação dessas espécies e seus potenciais usos na agricultura, configura-se como desenvolvimento de biotecnologia que pode contribuir no manejo integrado desses insetos-praga.

Nessa perspectiva, o presente trabalho tem o objetivo de investigar os compostos associados à comunicação química de *Brassolis sophorae* e *Coralimela brunnea*, pragas desfolhadoras de Arecaceae.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Importância econômica das Arecaceae

A família Arecaceae está disseminada em todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo, apresentando grande importância ecológica e econômica, pela diversidade de espécies e geração de renda a partir do cultivo (EISERHARDT et al., 2011). No Brasil, ocorrem naturalmente 38 gêneros e cerca de 270 espécies de palmeiras (LORENZI et al., 2010). Em relação à importância agrícola, destacam-se as culturas do coqueiro, dendezeiro e açaizeiro.

O coqueiro (*Cocos nucifera* L.) é cultivado em cerca de 90 países, sendo que Indonésia, Filipinas e Índia, principais produtores mundiais, detêm 72,6% da área e 72,8% da produção mundial, explorando principalmente o fruto fresco, para obtenção da copra e coco seco. No Brasil, o coqueiro é cultivado com a finalidade de produzir frutos destinados ao consumo in natura e para uso na agroindústria na produção de coco ralado, leite e água de coco (MARTINS; JESUS JÚNIOR, 2014). O cultivo de coco no Brasil ocorre em praticamente todo o território, cuja área atual é de 223 mil hectares com produção de 1,95 bilhão de frutos (BRAINER; XIMENES, 2020). A região Nordeste concentra cerca de 83% da área colhida de coco e 76,7% da produção brasileira dessa cultura. Nessa região, predomina o sistema de cultivo semi-extrativista, em áreas litorâneas com variedades de coco com baixa produtividade. Na região Norte, prevalece a variedade híbrida e, nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, a variedade mais plantada é o coqueiro anão (BRAINER, 2018).

O dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.) é conhecido também como palma de óleo, sendo uma das principais culturas produtoras de óleo no mundo. É cultivada em mais de 28 milhões de hectares com produção média de frutos de 14,5 toneladas por hectare (FAO, 2019).

O Brasil tem maior concentração de cultivos localizada na Amazônia, com potencial na produção de óleo de palma para fins energéticos, pois apresenta a maior produtividade por área cultivada e sua expansão não está ocorrendo em detrimento da floresta natural (BICALHO et al., 2016).

O açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) destaca-se por ser a palmeira mais produtiva da região da Amazônia. No Brasil, essa região responde por 98% da produção de frutos em cultivos racionais e extrativistas (VIEIRA et al., 2018). O açaizeiro se destaca, entre os diversos recursos vegetais, pela sua abundância e por produzir, importante alimento para as populações locais, visto que com os frutos também podem ser fabricados sorvetes, licores, doces, néctares e geléias, podendo ser aproveitado, para a extração de corantes e antocianina (NOGUEIRA et al., 2005).

Outras palmeiras também apresentam importância econômica, como espécies dos gêneros *Orbignya*, *Syagrus*, *Acrocomia* e *Mauritia*, que são frequentemente comercializados em feiras e mercados com produtos e subprodutos, na forma de frutos, palmito, produtos elaborados, como doces, bebidas e óleos, artesanatos (LIMA et al., 2003).

Algumas palmáceas são cultivadas em várias regiões do Brasil, contribuindo para a economia local e nacional, pois são adaptadas às condições de clima, solo e disponibilidade de água. Porém, como em todos os cultivos agrícolas, a exploração de Arecaceae está associada a problemas relacionados à sanidade de plantas, responsáveis por perdas de até 30% de produtividade devido ao ataque de pragas e doenças que podem afetar nas diversas fases de desenvolvimento, crescimento e produção (FERREIRA, 2007/2008; GITAU et al., 2009).

2.2. Pragas em Arecaceae

As condições para desenvolvimento de Arecaceae são prejudicadas com o estabelecimento de insetos-praga nas áreas de cultivo, especialmente nos agroecossistemas implantados em monocultivos. Com isso, muitas espécies de insetos são encontradas associadas a essas palmeiras (LEMOS; BOARI, 2010). Assim, para o manejo adequado dessa cultura é necessário monitoramento sistemático, visando identificar todas as espécies-praga presentes nos cultivos, tendo em vista as injúrias causadas e o controle das populações para reduzir as perdas provocadas pela ação desses agentes (FERREIRA; LINS, 2006).

A diversidade de pragas associadas às areáceas pode ser agrupada de acordo com o seu comportamento e biologia e/ou pela parte da planta atacada. Nesse contexto, destacam-se as brocas *Rhynchophorus palmarum* (Linnaeus, 1758), *Rhinostomus barbirostris* (Fabricius, 1775), *Homalinotus coriaceus* Gyllenhal, 1836, *Amerrhinus ynca* (Sahlberg, 1823) (Coleoptera: Curculionidae) e *Eupalamides dedalus* (Cramer, 1775) (Lepidoptera: Castniidae); desfolhadores *Brassolis sophorae* (Linnaeus, 1758), *Opsiphanes invirae* (Hübner, 1818) (Lepidoptera: Nymphalidae) e *Coralimela brunnea* (Thunberg, 1821) (Coleoptera: Chrysomelidae); ácaros *Aceria guerreronis* (Keifer, 1965), *Amrineus cocofolius* (Flechtmann, 1994) (Acari: Eriophyidae), *Raoiella indica* (Hirst, 1924) (Acari: Tenuipalpidae) e *Steneotarsonemus furculatus* De Leon, 1956 (Acari: Tarsonemidae); traça *Atheloca subrufella* Hulst, 1887 (Lepidoptera: Phycitidae); e sugador *Aleurodicus pseudugesii* Martin, 2008 (Hemiptera: Aleyrodidae) (FERREIRA et al., 2018).

Os prejuízos causados pelo ataque de pragas em Arecaceae têm impactos econômico, social e ecológico nessas culturas, provocando perdas que podem atingir grandes prejuízos ou até mesmo a extinção das áreas de cultivo.

O manejo de pragas em palmeiras, no seu início, foi realizado com aplicações exclusivas de inseticidas, proporcionando contaminação do meio ambiente e causando o desequilíbrio entre as pragas e seus agentes de controle natural, aparecimento de pragas secundárias, eliminação das espécies benéficas e resistência das pragas aos princípios ativos (FALEIRO et al., 2016). No entanto, com o desenvolvimento de novas técnicas de controle, tornou-se possível a adesão do manejo integrado de pragas (MIP) tendo como base as características biológicas e ecológicas das pragas, por meio de estratégias de monitoramento, definições de limites econômicos (níveis de controle) e o gerenciamento da aplicação em conjunto de diferentes táticas de controle. Desse modo, o conhecimento sobre biologia, ecologia e distribuição são necessários para o desenvolvimento e aplicação de novas estratégias de manejo integrado dessas pragas.

2.2.1. Pragas desfolhadoras de Arecaceae

Os insetos considerados desfolhadores são os que se alimentam do limbo foliar, provocando desfolhamento parcial ou total da planta. Além disso, alguns insetos podem raspar os tecidos da epiderme da folha ou minar os tecidos internos, entre a epiderme superior e inferior, causando o secamento e perda de folhas (FERREIRA et al., 2012). Em geral, essas pragas provocam atraso no desenvolvimento da planta, reduzem a produção, e ocasionam a queda prematura dos frutos.

Os principais desfolhadores de Arecaceae são insetos das ordens Lepidoptera, Coleoptera e Orthoptera (Tabela 1). A maior diversidade de espécies que atacam as palmeiras está associada à ordem Lepidoptera em diferentes regiões. A segunda ordem em importância é Coleoptera, principalmente com insetos da família Chrysomelidae. Em relação às espécies de Orthoptera, algumas destacam-se como desfolhadores em regiões da África, Ásia e Oceania. Insetos das ordens Phasmatodea (bichos-pau) e Hymenoptera (formigas cortadeiras), também são associados à maioria das regiões de cultivo de palmeiras, porém com pouca importância (HOWARD et al., 2001).

Os lepidópteros são importantes desfolhadores de palmeiras em todo o planeta, tendo como característica a fase imatura como lagartas fitófagas. Dentre as principais espécies, destacam-se *Opisina arenosella* Walker, 1864 (Lepidoptera: Oecophoridae) e *Artona catoxantha* Hamps, 1892 (Lepidoptera: Zygaenidae) na Ásia, *Agonoxena argaula* Meyrick, 1921 (Lepidoptera: Agonoxenidae) na Oceania, *Zophopetes cerymica* Hewitson, 1867 (Lepidoptera: Hesperidae) na África tropical, *Brassolis sophorae* nas Américas, além de várias espécies de lagartas urticantes (Limacodidae e Saturniidae) (Tabela 1).

Tabela 1. Principais insetos-praga desfolhadores de Arecaceae, com distribuição geográfica.

Ordem	Família	Espécies*	Distribuição**
Coleoptera	Chrysomelidae	<i>Alurnus humeralis</i>	Colômbia e Equador
		<i>Brontispa longissima</i>	África, Ásia e Oceania
		<i>Coelaenomenodera minuta</i>	África
		<i>Coralimela brunnea</i>	América do Sul
		<i>Delocrania cossyphoides</i>	América do Sul
		<i>Hemisphaerota cyanea</i>	Estados Unidos
		<i>Mecistomela marginata</i>	Brasil
		<i>Promecotheca</i> spp.	Ásia e Oceania
	Scarabaeidae	<i>Adoretus sinicus</i>	Ásia, América do Norte e Oceania
		<i>Leucothyreus femoratus</i>	América Central, Colômbia e Venezuela
Lepidoptera	Agonoxenidae	<i>Agonoxena argaula</i>	Oceania e Havaí
	Coleophoridae	<i>Homaledra</i> sp.	Florida, Caribe
	Elachistidae	<i>Antaeotricha</i> spp.	Américas
	Hesperiidae	<i>Hidari irava</i>	Sudeste da Ásia
		<i>Synale hylaspes</i>	América do Sul
		<i>Zophopetes cerymica</i>	África
	Limacodidae	<i>Acharya</i> spp.	Américas
		<i>Contheyla rotunda</i>	Índia
		<i>Darna</i> spp.; <i>Parasa</i> spp.	Ásia
		<i>Euprosterna elaeasa</i>	Américas Central e do Sul
		<i>Setora nitens</i> ; <i>Setothosea asigna</i>	Ásia e Colômbia
		<i>Talima</i> spp.; <i>Euclea</i> spp.	Américas Central e do Sul
	Nymphalidae	<i>Amathusia phidippus</i>	Ásia
		<i>Brassolis sophorae</i>	Américas Central e do Sul e Tailândia
		<i>Elymnias hypermnestra</i>	Ásia
	Oecophoridae	<i>Opsiphanes invirae</i>	Américas Central e do Sul
		<i>Opisina arenosella</i>	Ásia
		<i>Stenoma impressella</i>	América Central e Colômbia
	Psychidae	<i>Mahasena corbetti</i>	Ásia e Oceania
		<i>Metisa plana</i>	Ásia
		<i>Oiketicus kirbyi</i>	Américas Central e do Sul
	Pyalidae	<i>Omiodes blackburni</i>	Havaí e Papua-Nova Guiné
	Saturniidae	<i>Automeris liberia</i>	América do Sul
	Zygaenidae	<i>Artona catoxantha</i>	Ásia e Suriname
		<i>Homophylotis catori</i>	África
Orthoptera	Acrididae	<i>Aularches miliaris</i>	Ásia e Oceania
	Romaleidae	<i>Tropidacris cristata</i>	Américas Central e do Sul
	Tettigoniidae	<i>Segestidea</i> spp.	África e Papua-Nova Guiné
		<i>Sexava</i> spp.	África e Papua-Nova Guiné

Fonte: *Ferreira et al. (1998); Howard et al. (2001); Oliveira et al. (2018). **CABI (2021); GBIF Secretariat (2021).

Na ordem Coleoptera, o ataque não se restringe apenas a fase imatura, algumas espécies alimentam-se de folhas no estágio imaginal, como *Leucothyreus femoratus* Burmeister, 1844 (Coleoptera: Scarabaeidae), importante praga de Arecacea na região da América Central,

Colômbia e Venezuela, em que, na fase larval são rizófagas e quando adultos, desfolhadores de palmeira, onde alimenta-se a partir da borda dos folíolos consumindo em média 1,2 cm² por noite (MARTÍNEZ et al., 2000).

Na região de Papua-Nova Guiné (Oceania), espécies da família Tettigoniidae (Orthoptera) são consideradas as principais pragas desfolhadoras da cultura do dendê, sendo as espécies do gênero *Sexava* relatadas como as mais importantes, em que, o ataque combinado de ciclos de gerações sobrepostas é mais prejudicial e provoca redução da área de superfície fotossintética dos folíolos, e consecutivamente, redução da produção de frutos pelas palmeiras afetadas (ERO et al., 2013). Em relação à ordem Orthoptera, nuvens de gafanhotos [*Locusta migratória* (Linnaeus, 1758) e *Schistocerca* spp. (Acrididae)] periodicamente migram e atacam grandes áreas de plantações, incluindo plantações de coqueiros, em regiões da Ásia, África e algumas partes da América do Sul (HOWARD et al., 2001).

Importantes espécies desfolhadoras de algumas regiões ainda são pouco estudadas em relação ao comportamento e desenvolvimento de técnicas que possam contribuir para o manejo integrado dessas pragas. Por exemplo, no Brasil, insetos desfolhadores como *B. sophorae* e *C. brunnea* são consideradas pragas primárias para culturas como coco, dendê e açaí, porém, apresentam poucas informações que contribuam para essa finalidade.

3.2.1.1. *Brassolis sophorae* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Nymphalidae), lagarta-da-folha-do-coqueiro

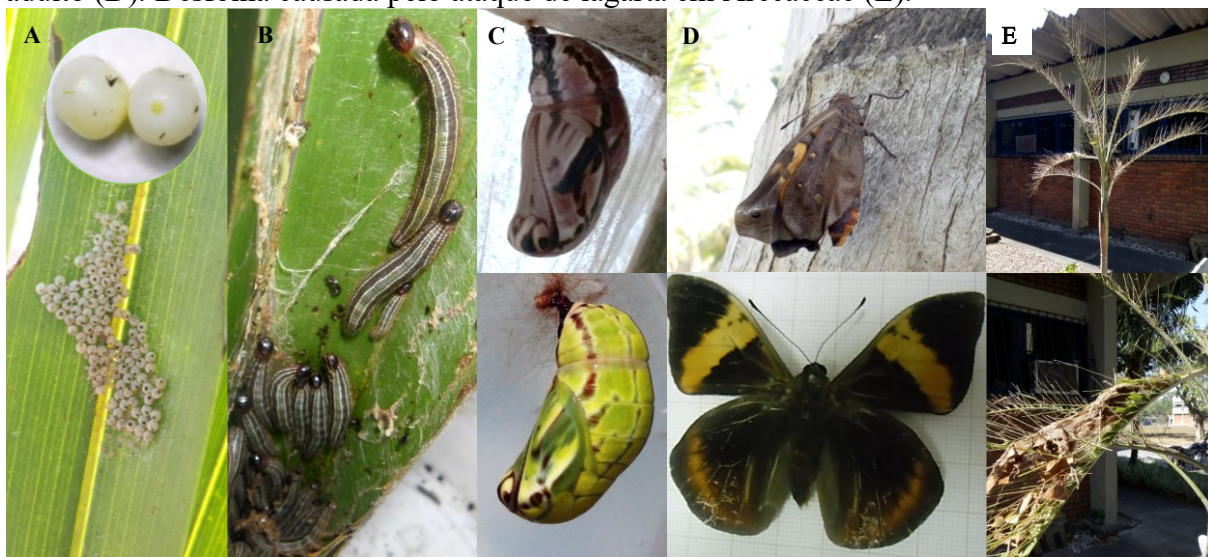
Brassolis sophorae é uma espécie registrada nos países tropicais da América do Sul. Alimentam-se de palmeiras dos gêneros *Attalea*, *Bactris*, *Cocos*, *Desmoncus*, *Elaeis*, *Euterpe*, *Livistona*, *Orbignya*, *Phoenix* e *Syagrus* (Arecaceae), e, ocasionalmente, de cana-de-açúcar (MARICONI; ZAMITH, 1958; FERREIRA et al., 1998).

Os adultos são borboletas grandes com comportamento sexual crepuscular. As fêmeas são maiores e possuem o abdômen mais abaulado. A postura é do tipo massa, com até 300 ovos, depositados na base do pecíolo das folhas, folíolos, tendo um período de incubação de 20 a 25 dias. A lagarta é a forma nociva da praga que causa severo desfolhamento na planta, pode medir de 60 a 80 mm de comprimento, tem hábitos gregários, constrói abrigos na região central da folha, envolvidos em fios de seda. A lagarta sofre 6 ecdises entre 50 a 85 dias, antes de se transformar em crisálidas, que permanecem por 11 a 15 dias até a emergência do adulto (FERREIRA et al., 1998) (Figura 1). Em condições de laboratório, Peña (2013) observou que a duração da fase de ovo é de 24 a 30 dias, do estágio larval entre 115 e 125, com sete ecdises,

e das pupas entre 13 e 17 dias. Além disso, a longevidade média dos adultos varia de 11 a 13 dias para fêmeas e de 7 a 11 dias para machos.

No dendezeiro, a espécie *B. sophorae* provoca danos econômicos pelo desfolhamento parcial ou total das palmeiras, causados pelas suas lagartas, cada uma consumindo de 500 a 600 cm² de área foliar (entre 2 e 2,5 folíolos), podendo desfolhar completamente uma palmeira em poucos dias, quando em altas infestações (LEMOS; BOARI, 2010).

Figura 1. Fases de desenvolvimento de *Brassolis sophorae*: ovo (A), lagarta (B), pupa (C) e adulto (D). Desfolha causada pelo ataque de lagarta em Arecaceae (E).



Fonte: Autor, 2022

O controle biológico natural dessa praga por parasitoides é bastante relatado, com destaque para o parasitismo de pupas por *Conura morleyi* (Ashmead, 1904) (Hymenoptera: Chalcididae) e *Xanthozona melanopyga* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tachinidae) (RUSZCZYK; RIBEIRO, 1998). No estado de Alagoas, foi notificada a ocorrência de parasitismo por *Winthemia analis* (Macquart, 1846) (Tachinidae) como parasitoide de larva-pupa (MARCICANO et al., 2007, 2009). Nos plantios do estado do Pará, também foram identificados parasitoides de ovos, o gênero *Horismenus* (Hymenoptera: Eulophidae) e os endoparasitoides gregários *Conura* sp. (TINÔCO, 2008). O fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana* (Hypocreales: Cordycipitaceae) tem ação patogênica em lagartas de *B. sophorae* (HABIB; ANDRADE, 1977).

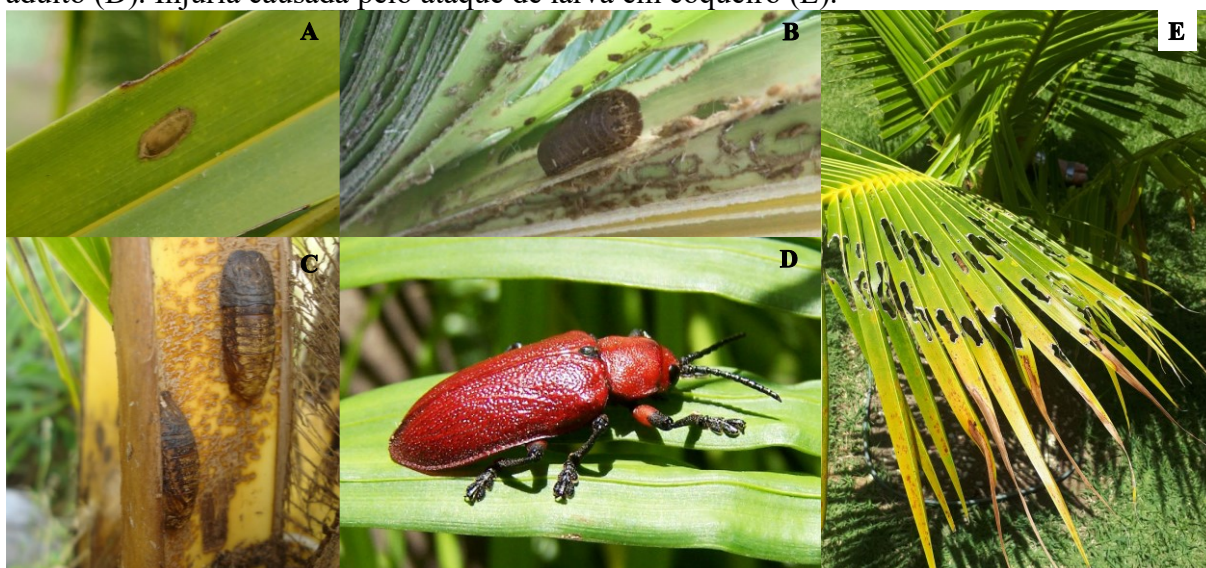
3.2.1.2. *Coraliomela brunnea* Thumberg, 1821 (Coleoptera: Chrysomelidae), falsa-barata-do-coqueiro

O gênero *Coraliomela* contém quatro espécies, *C. aenoplagiata*, *C. brunnea*, *C. quadrimaculata* e *C. thoracica*, sendo que *C. brunnea* ocorre na Argentina, Bolívia, Brasil e Paraguai (BONDAR 1940; STAINES, 1991).

Coraliomela brunnea é uma praga importante do coqueiro no Brasil, causando danos em viveiros e áreas recém implantadas (FONTES, 2006; MOREIRA; TUPINAMBÁ, 2006). Além do coqueiro, é hospedeiro de outras palmeiras dos gêneros *Cocos* e *Diplothemium* (Arecaceae) (FERREIRA; MORIN, 1984).

O inseto adulto é um besouro de coloração vermelha, com tamanho médio de 25 mm de comprimento e 11 mm de largura, tem hábito diurno, sendo encontrado frequentemente acasalando sobre as folhas, nas quais busca alimento e abrigo. Com hábito alimentar tipo mastigador, alimenta-se do parênquima, traçando uma linha reta sempre paralela à nervura central dos folíolos. Sua capacidade de voo é reduzida, podendo ser capturado manualmente com bastante facilidade. A larva é chata, convexa no dorso, de coloração parda, e corpo com segmentos dos quais o primeiro e o último são mais desenvolvidos. Possui três pares de pernas curtas e fortes nos segmentos torácicos com os quais caminha lentamente agarrando-se à flecha (folha central ainda fechada) (Figura 2). O ciclo evolutivo (de ovo a ovo), em condições de campo, é de aproximadamente 264 dias (FERREIRA; MORIN, 1986).

Figura 2. Fases de desenvolvimento de *Coraliomela brunnea*: ovo (A), larva (B), pupa (C) e adulto (D). Injúria causada pelo ataque de larva em coqueiro (E).



Fonte: Autor, 2022

O maior dano da praga é causado pela larva, que se alimenta fazendo perfurações nos folíolos, reduzindo a área foliar da planta jovem e provocando atraso no desenvolvimento. No caso de infestações severas, as folhas centrais podem ser inteiramente destruídas (FERREIRA et al., 1998).

O controle dessa praga envolve a catação de larvas e adultos, preservação de inimigos naturais, e pulverização de produtos químicos (CAMPANHOLA et al., 1998). O controle manual deve ser realizado no início da infestação. Em plantios muito infestados, é usado o controle químico, que visa à redução da população de larvas, com aplicações localizadas nas folhas centrais, porém, não existem produtos químicos registrados para uso nessa praga (AGROFIT, 2022). No controle biológico natural a preservação dos inimigos naturais que têm contribuição importante no parasitismo de ovos, tendo taxa de aproximadamente 56%. No campo, os inimigos naturais mais observados são espécies de microimenópteros da família Eulophidae, sendo uma do gênero *Tetrastichus* e duas do gênero *Closterocerus* (FERREIRA; MORIN, 1986; FERREIRA et al., 1998).

O controle biológico aplicado com entomopatógenos vem apresentando potencial com o uso os fungos *Beauveria bassiana* (FERREIRA, 2002) e *Metarhizium anisopliae* (Hypocreales: Clavicipitaceae) (CUNHA et al., 2008) para parasitismo de adultos da barata-do-coqueiro. Outra forma de controle dentro do MIP é o uso de cultivares resistentes e ou tolerantes ao ataque da praga, e para *C. brunnea*, o híbrido anão MRD (Malayan Red Dwarf) × TAGT (Tagnanan Tall), oriundo da Malásia, é menos suscetível ao ataque da falsa barata (MOREIRA; TUPINAMBÁ, 2006).

2.3. Ecologia química no controle de pragas

2.3.1. Comunicação química de insetos

Os insetos utilizam vários mecanismos em suas relações biológicas com outros organismos e o ambiente, dentre essas, a comunicação por meio de compostos químicos tem importância na alimentação, defesa, organização das atividades sociais, comportamento de acasalamento, frequência e escolha do local de oviposição. Esses compostos orgânicos utilizados na intermediação de relações entre os organismos vivos são designados de semioquímicos (sinais químicos) (ZARBIN et al., 2009).

Nas relações entre organismos da mesma espécie, de forma intraespecífica, os compostos químicos são denominados feromônios, que são divididos segundo sua função, alarme, sexual, atração, agregação, localização. Nas relações interespecíficas, entre diferentes espécies, são conhecidos como aleloquímicos, podem ser divididos em cairomônios, quando os compostos

beneficiam o receptor do sinal; alomônios, o emissor do sinal é beneficiado; e sinomônios, tanto o emissor e o receptor dos compostos são beneficiados (NORDLUND; LEWIS, 1976; THOMAZINI, 2009).

Esses compostos de interação intrerespecífica apresentam uso em técnicas de manejo de pragas, como no MIP da mosca-das-frutas, com o uso do composto orgânico que ocorre em uma variedade de plantas, metil eugenol, poderoso atrativo que modifica o comportamento de machos de várias espécies do gênero *Bactrocera* (Diptera: Tephritidae), sendo usado em técnicas de coleta massal com uso de armadilhas (IWAHASHI et al., 1996; JANG, 2011). Os aleloquímicos também podem ser usados em conjunto com feromônios para potencializar a técnica de manejo de praga. Os compostos de folhas verdes (*Z*)-3-hexenil acetato, (*Z*)-3-hexen-1-ol e (*E*)-2-hexenal, em mistura com feromônio sexual feminino de *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae), aumenta a atração de machos por armadilhas em cultivos de Brassicaceae (LI et al., 2012).

Os feromônios são definidos como substâncias segredadas por organismos, capazes de mediar uma interação com outro indivíduo da mesma espécie, produzindo resposta comportamental ou fisiológica favorável ao receptor, ao emissor ou a ambos (VILELA; DELLA LUCIA, 2001). O uso desses compostos na agricultura de forma sintética para o monitoramento e controle de insetos-praga, é uma ferramenta interessante, por serem espécie-específicos e atóxicos, atuando apenas sobre as espécies-alvo, sendo importantes técnicas dentro de um programa de MIP (MOREIRA et al., 2005).

2.3.2. Evidências morfológicas do uso de feromônio por insetos

Os feromônios são compostos químicos produzidos por glândulas especializadas e atuam no comportamento, desenvolvimento e na fisiologia dos insetos. São classificados de acordo com o resultado que podem provocar, podem ter efeito preparador (ação mais prolongada) ou efeito desencadeador (ação imediata) (NORDLUND; LEWIS, 1976; FERREIRA; ZARBIN, 1998).

Características na morfologia dos insetos evidenciam que as espécies fazem uso de feromônios na comunicação intraespecífica. Em Hemiptera, há glândulas odoríferas que produzem substâncias químicas atuantes na defesa contra inimigos naturais e patógenos, feromônio de agregação ou de alarme (FÁVARO; ZARBIN, 2012).

Na ordem Lepidoptera, as fêmeas apresentam glândulas odoríferas localizadas no abdome como liberadoras de feromônio sexual (BODE; NAUMANN, 1988). Em contrapartida, os machos apresentam androcônias, estruturas localizadas nas asas, abdome ou perna, que liberam

um conjunto de compostos químicos estruturalmente mais restritos, atuando a curtas distâncias, favorecendo a aceitação da fêmea para o acasalamento (MÉROT et al., 2015; DARRAGH et al., 2017; GANAI et al., 2017).

Há sensilas responsáveis pela detecção e seleção de moléculas dispersas no ambiente, inclusive feromônios, essas estruturas fazem parte do sistema olfativo sensorial e são morfologicamente distintas (STEINBRECHT, 1996; SAKURAI et al., 2014). Entre as sensilas capazes de detectar feromônios, destacam-se as tricoides, que são longas e de paredes espessas com dendritos não ramificados, e as caéticas, largas na base e afilada na extremidade distal (MERIVÉE et al., 1999; MERIVÉE et al., 2002; MA et al., 2017; CHEN et al., 2021), além das cerdas de Böhm, caracterizadas por pelos pontiagudos de paredes lisas e circundados por um encaixe raso, quase perpendicular à superfície antenal (WANG et al., 2018).

2.3.3. Feromônios no controle de pragas

O uso do feromônios no manejo de pragas ocorre com o objetivo de monitoramento populacional e como técnica de controle, através dos métodos de coleta massal, em que o feromônio é usado na captura de grande quantidade de insetos por meio de armadilhas; na técnica atrai e mata, onde o feromônio é empregado juntamente a um inseticida; na confusão sexual, o feromônio atua na interferência ou impedimento da transmissão de sinais entre os parceiros sexuais; e na técnica push-pull, em que os feromônios são combinados com plantas atraentes (ZARBIN et al., 2009).

Portanto, para o planejamento da técnica com o uso de feromônios no manejo de pragas, é necessário compreender os comportamentos biológicos e distribuição geográfica da espécie, pois as variáveis de uso, como tamanho, cor, forma das armadilhas, altura e local de instalação, formulação, proporção dos componentes e doses do feromônio podem ser determinados ou adequados a partir dos hábitos comportamentais dos insetos (WITZGALL et al., 2010; MORI; EVENDEN, 2013).

O feromônio sexual é usado em vários programas para manejo de pragas em diferentes cultivos, pois como atua na mediação de acasalamento, é um incremento atrativo interessante para o monitoramento e captura massal. O uso é observado mais facilmente em pragas da ordem Lepidoptera, como as espécies do gênero *Spodoptera* Guenee, 1852, *S. frugiperda* Smith & Abbot, 1797 (CRUZ-ESTEBAN et al., 2021), *S. litura* Fabricius, 1775 (SONG et al., 2009) e *S. exigua* (Hübner, 1808) (Noctuidae) (DENG et al., 2004). Embora a produção desse tipo de feromônio seja mais observada em insetos fêmeas, machos também podem liberar, porém tendem a produzir compostos de curta distância que muitas vezes são semelhantes em estrutura

aos metabólitos secundários das plantas, enquanto, as fêmeas normalmente produzem derivados de ácidos graxos de longo alcance (GANAI et al., 2017).

Mesmo sendo comum a descrição de feromônio sexual para insetos de importância agrícola da ordem Coleoptea, como *Hedypathes betulinus* (Klug, 1825) (Cerambycidae) (FONSECA et al., 2010), *Callosobruchus subinnotatus* (Pic, 1914) (Bruchidae) (SHU et al., 1998), *Cylas formicarius* (Fabricius, 1798) (Brentidae) (DILIPKUMAR et al., 2019), os feromônios de agregação são mais relacionados a insetos dessa ordem, por apresentar eficiência no manejo integrado de importantes pragas, como atraente de elevado número de indivíduos para armadilhas, geralmente pela indicação de presença de alimento. O uso do feromônio de agregação contribui no monitoramento e controle da broca-do-olho-do-coqueiro (*R. palmarum*) por meio do Rincoforol, reduzindo a densidade populacional da praga quando usado em armadilhas no campo (NAVARRO et al., 2002). Em pomares de banana, para o manejo de *Cosmopolites sordidus* (Germar, 1823) (Dryophthorinae) usando a estratégia atrai-e-mata, o feromônio de agregação foi altamente atraente (LOPES et al., 2014). O feromônio de agregação masculino de *Anthonomus rubi* Bedel, 1887 (Curculionidae) é aplicado com sucesso no monitoramento de pragas em plantios comerciais de morangos (CROSS et al., 2006).

Na ordem Orthoptera, os gafanhotos são insetos-praga de grande importância mundial que apresentam comportamento gregário e migratório e os feromônio de agregação estudados são uma ferramenta importante para manejo, como o composto 4-vinilanol (4VA), identificado como um feromônio de agregação de *L. migratoria*, sendo emitido por gafanhotos gregários ou como resultado da agregação de solitários, tem ação de atrair fortemente os gafanhotos solitários e gregários (GUO et al., 2020).

Outros tipos de feromônio são menos usados diretamente em ações para o manejo de pragas, porém são importantes para compreender o comportamento, biologia e até identificação das espécies. Por exemplo, os feromônios de trilha, que são comumente encontrados nos insetos sociais, feromônios de território ou marcação que delimita territórios, minimizando ou até evitando encontros indesejáveis e agressivos, feromônios de alarme, que transmitem uma mensagem de perigo ou assinalam a presença de um inimigo, e os feromônios de oviposição que auxiliam as fêmeas a localizarem um local adequado para postura de ovos.

Existem no Brasil 36 produtos com feromônios sintéticos registrados para uso no controle de pragas de diversas culturas (AGROFIT, 2022). Porém, apesar dos avanços bastante significativos na utilização dos feromônios para monitoramento e controle de praga, sua aplicação ainda é comprometida em larga escala comercial pela escassez da divulgação e transferência de tecnologia destes produtos (MOREIRA et al., 2005; GOULART et al., 2015).

2.3.4. Ecologia química de pragas desfolhadores de Arecaceae

O uso de feromônios no controle de insetos-praga de Arecaceae é uma prática estabelecida e que contribui para o MIP em várias regiões produtoras. Entre os insetos considerados desfolhadores da ordem Lepidoptera, apenas oito gêneros têm estudos publicados descrevendo compostos químicos orgânicos como feromônio sexual, em sua maioria extraídos de glândulas presentes em fêmeas (Tabela 2). Muitas espécies estudadas não são associadas como pragas de Arecaceae, porém essas evidências contribuem para nortear estudos com as espécies pertencentes ao mesmo gênero.

Tabela 2. Compostos descritos como feromônio para gêneros da ordem Lepidoptera associados como desfolhadores de Arecaceae

Família	Gênero	Origem	Compostos	Referências
Limacodidae	<i>Darna</i>	Glândulas abdominais de fêmeas	(E)-7,9-decadienoato de butila (E)-7,9-decadienoato de metila (E)-7,9-decadienoato de isobutila (E)-7,9-decadienoato de etila (E)-7,9-decadienoato de (S)-2-metilbutila (E)-7,9-decadienoato de (E)-2-hexenila	Sasaerila et al. (2000a) Siderhurst, et al. (2007)
	<i>Parasa</i>	Glândulas abdominais de fêmeas	(Z)-7,9-decadien-1-ol	Wakamura et al. (2007)
	<i>Setora</i>	Glândulas de fêmeas	(Z)-9-dodecenal (Z)-9,11-dodecadienal	Sasaerila et al. (2000b)
	<i>Setothosea</i>	Glândulas de fêmeas	(E)-9-dodecenal (E)-9,11-dodecadienal	Sasaerila et al. (1997)
Nymphalidae	<i>Elymnias</i>	Glândulas de fêmeas	(S)-2-metil-1- (4-metil-2-furil) -3-buten-2-ol (E) e (Z)-4-metil-(2-metil-1,3-butadienil) furano 3,9-dimetil-1,6-dioxaspiro [4,5] dec-3-eno	Schulz et al. (1996)
Oecophoridae	<i>Opisina</i>	Glândulas de fêmeas	(Z, Z, Z)-3,6,9-tricosatrieno	Bhanu et al. (2018)
	<i>Stenoma</i>	Glândulas de fêmeas	(9Z)-9,13-tetradecadien-11-inal (9Z)-9,13-tetradecadien-11-in-1-ol	Millar et al. (2008)
Psychidae	<i>Oiketicus</i>	Substância expelida pela fêmea	Octanoato de (R)-1-metilbutila Nonanoato de (R)-1-metilbutila Decanoato de (R)-1-metilbutila Decanoato de (R)-1-metilpentila Dodecanoato de (R)-1-metilbutila	Rhainds et al. (1994)

*Pesquisa realizada nas bases (número de artigos resultantes); Web of Science (n=43), Scopus (n=40). Strings usada na busca: (*Opsiphanes* OR *Brassolis* OR *Amathusia* OR *Elymnias* OR *Acharia* OR *Euprosterna* OR *Talima* OR *Euclea* OR *Darna* OR *Parasa* OR *Setora* OR *Setothosea* OR *Contheyla* OR *Oiketicus* OR *Mahasena* OR *Metisa* OR *Antaeotricha* OR *Artona* OR *Homophylotis* OR *Synale* OR *Hidari* OR *Zophopetes* OR *Automeris* OR *Omiodes* OR *Opisina* OR *Stenoma* OR *Agonoxena*) AND (“chemical ecology” OR semiochemicals OR pheromone OR kairomone OR allomone OR synomone OR “volatile compounds” OR VOC OR HIPV). Foi usada a ferramenta StArt (State of the Art through Systematic Review) para seleção dos artigos (ZAMBONI et al., 2010).

As espécies de lagartas urticantes, *Darna trima* Moore, 1859, *Darna bradleyi* Holloway, 1986, *Setothosea asigna* (van Eecke, 1929) e *Setora nitens* Walker, 1855 (Lepidoptera: Limacodidae), têm estudos de campo com uso de feromônio sexual sintético, identificado a partir de glândulas da fêmea (SASAERILA et al., 1997, 2000a, 2000b), na captura de machos para monitoramento/controle das pragas com uso em armadilhas do tipo delta em plantações comerciais de dendezeiros no sudeste da Ásia (SASAERILA et al., 2000c).

Em cultivos de coco, na Índia, para o manejo de *O. arenosella*, importante espécie desfolhadora é usado o feromônio sexual (Z,Z,Z)-3,6,9-tricosatrieno (BHANU et al., 2018), para captura em massa, sendo recomendado o uso de armadilhas do tipo “cata vento”, da cor branca e dispostas no meio da copa das palmeiras como técnica eficiente para controle dessa praga (MUNIYAPPA et al., 2018).

Evidências de feromônio sexual também são relatadas para a espécie *Metisa plana* Walker, 1883 (Lepidoptera: Psychidae) importante desfolhadora em cultivos de dendê na Malásia, em que o uso de fêmeas receptivas em armadilhas adesivas proporciona a captura em massa de mariposas em campo, diminuindo entre 35-45% os danos nas folhas nos blocos de captura testados (KAMARUDIN et al., 2010).

Para as ordens Coleoptera e Orthoptera, verificaram-se compostos ativos identificados apenas para o gênero *Brontispa* Sharp, 1904 (Coleoptera: Chrysomelidae), caracterizados como aleloquímicos, associados ao coqueiro. A mistura de compostos das folhas de coqueiro, β -mirceno, (-)-limoneno e *E*-2-hexen-1-ol, demonstrou atratividade para machos e fêmeas e indução de oviposição, demonstrando importância na modulação do comportamento dos insetos (FANG et al., 2011). Além disso, Kawazu et al. (2011) acreditam que o feromônio sexual de contato de *B. longíssima* (Gestro, 1885) consiste em um ou mais compostos menos polares, provavelmente hidrocarbonetos saturados.

REFERÊNCIAS

- AGROFIT. **Sistemas de agrotóxicos fitossanitários**. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em 20/07/2022
- ALENCAR, J. A.; HAJI, F. N. P.; BARBOSA, F. R. **Principais pragas do coqueiro e alternativas de controle**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2002. 13p.
- ANDRADE NETO, R. C. **Ocorrência e danos causados pela lagarta *Herminodes* sp. (Lepidoptera: Noctuidae) em cultivos de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) no Estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2016. 24p.
- BHANU, K. R. M. et al. Identification and field evaluation of female sex pheromone of leaf-eating caterpillar, *Opisina arenosella* (Lepidoptera: Oecophoridae). **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 38, n. 4, p. 274-282, out., 2018. DOI 10.1017/S1742758418000243.
- BICALHO, T.; BESSOU, C. PACCAA, S. A. Land use change within EU sustainability criteria for biofuels: The case of oil palm expansion in the Brazilian Amazon. **Renewable Energy**, v. 89, p. 588-597, abr., 2016. DOI 10.1016/j.renene.2015.12.017.
- BODE, W.; NAUMANN, C. M. Little-known accessory gland in female *Zygaena moths* (Lepidoptera: Zygaenidae). **Zoological Journal of the Linnean Society**, v. 92, n. 1, p. 27-42, jan., 1988. DOI 10.1111/j.1096-3642.1988.tb01525.x
- BONDAR, C. **Insetos nocivos e moléstias do coqueiro: (*Cocos nucifera* L.) no Brasil**. Salvador: Tipografia Naval, 1940. 160p.
- BRAINER, M. S. C. P. **Produção de Coco: O Nordeste é destaque nacional brasileira**. Fortaleza: ETENE, Ano 3, n. 61, 2018, 25p.
- BRAINER, M. S. C. P.; XIMENES, L. F. **Produção de Coco – Soerguimento das áreas tradicionais do Nordeste**. Fortaleza: ETENE, Ano 5, n. 127, 2020, 15p.
- CABI. **Invasive Species Compendium**. Disponível em: <<https://www.cabi.org/isc/>> Acessado em: 23 de agosto de 2021.
- CAMPANHOLA, C.; BETTIOL, W.; RODRIGUES, G. S. Evolução, situação atual, projeção e perspectiva de sucesso de um Programa de Racionalização do Uso de Agrotóxicos no Brasil. In: DIALOGO L. **Racionalizacion del uso de pesticidas en el cono sur**. Montevideo: PROCISUR, 1998. p. 43-49.
- CERUTI, F. C. Interações entre feromônios de insetos e semioquímicos de plantas. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 5, n. 1, p. 73-82, jan., 2007. DOI 10.7213/cienciaanimal.v5i1.9606
- CHEN, S. et al. Ultrastructure of the Sensilla on the Antennae and Mouthparts of Bean Weevils, *Megabruchidius dorsalis* (Coleoptera: Bruchinae). **Insects**, v. 12, n. 12, p. 1112, dez., 2021. DOI 10.3390/insects12121112

CROSS, J. V. et al. Exploiting the aggregation pheromone of strawberry blossom weevil *Anthonomus rubi* (Coleoptera: Curculionidae): Part 2. Pest monitoring and control. **Crop Protection**, v. 25, n. 2, p. 155-166, fev., 2006. DOI 10.1016/j.cropro.2005.04.004.

CRUZ-ESTEBAN, S. et al. Performance and efficiency of trap designs baited with sex pheromone for monitoring *Spodoptera frugiperda* males in corn crops. **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 42, p. 1-8, jul., 2021. DOI 10.1007/s42690-021-00595-4.

CUNHA, F. et al. Patogenicidade dos fungos *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. (CG 432) e *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok (UEL50) em larvas de *Coralimela brunnea* thumb. (Coleoptera: Chrysomelidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 75, n. 3, p. 293-300, jul.-set., 2008. DOI 10.1590/1808-1657v75p2932008

DARRAGH, K. et al. Male sex pheromone components in *Heliconius butterflies* released by the androconia affect female choice. **PeerJ**, p. 1-23, nov., 2017. DOI 10.7717/peerj.3953

DENG, J. Y. et al. Enhancement of attraction to sex pheromones of *Spodoptera exigua* by volatile compounds produced by host plants. **Journal of Chemical Ecology**, v. 30, n. 10, p. 2037-2045, out., 2004. DOI 10.1007/s10886-010-9850-y.

DILIPKUMAR, M. et al. A sex pheromone-baited trapping system for management of sweetpotato weevil, *Cylas formicarius* (Coleoptera: Brentidae). **Journal of Applied Entomology**, v. 143, n. 4, p. 408-416, dez., 2019. DOI 10.1111/jen.12602

EISERHARDT, W. L. et al. Geographical ecology of the palms (Arecaceae): determinants of diversity and distributions across spatial scales. **Annals of Botany**, v. 108, n. 8, p. 1391-1416, jun., 2011. DOI 10.1093/aob/mcr146.

ERO, M. M.; MANJOBIE, T; DEWHURST, C. F. Oil palm foliage damage by *Segestes decoratus* Redtenbacher (Orthoptera: Tettigoniidae: Mecopodinae) in West New Britain, Papua New Guinea. **Planter**, v.89, n.1048 p.481-490, 2013.

FALEIRO, J. R. et al. Integrated Pest Management (IPM) of Palm Pests. In: ABROL D. P. (Ed) **Integrated Pest Management in the Tropics**. New Delhi: New India Publishing Agency, 2016. cap. 16, p. 439-497.

FANG, Y.; SUN, J.; ZHANG, Z. Response of *Brontispa longissima* to coconut palm (*Cocos nucifera*) leaf volatiles. **Physiological Entomology**, v. 36, n. 4, p. 321-326, set., 2011. DOI 10.1111/j.1365-3032.2011.00799.x.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT: Production in crops and livestock products**, 2019. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat>>. Acesso em: 03 de set. de 2021.

FÁVARO, C. F.; ZARBIN, P. H. G. Identificação dos compostos defensivos encontrados nas glândulas metatorácica e abdominais dorsais dos percevejos *Loxa deducta* e *Pellaea stictica* (Heteroptera: Pentatomidae). **Química Nova**, v. 35, p. 1582-1586, 2012. DOI 10.1590/S0100-40422012000800017

FERREIRA, J. M. S. **Coco fitossanidade**. Brasília, DF: Embrapa, 2002. 136p. (Informação Tecnológica).

FERREIRA, J. M. S. et al. **Árvore do Conhecimento Coco**: Pragas. Embrapa: Brasília, 2012. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/coco/Abertura.html>>. Acesso em: 10 de julho de 2021.

FERREIRA, J. M. S. et al. Pragas do coqueiro. In: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A., (Eds.). **A cultura do coqueiro no Brasil**. Brasília: Embrapa. p.189-267. 1998.

FERREIRA, J. M. S. et al. Pragas. In: SOBRAL, L. F. (Ed.). **Coco: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa, p. 67-107, 2018.

FERREIRA, J. M. S. Manejo Integrado de Pragas do Coqueiro. **Ciência Agrícola**, v. 8, n. 1, p.21-29, 2007/2008.

FERREIRA, J. M. S.; LINS, P. M. P. Pragas do Coqueiro. In: FERREIRA, J. M. S. FONTES, H. R. (Eds). **Produção integrada de coco**: identificação de pragas, doenças e desordens nutricionais e fisiológicas. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2006.

FERREIRA, J. M. S.; MORIN, J. P. **A barata-do-coqueiro** *Coralimela brunnea* Thumb. (Coleoptera: Chrysomelidae). Aracaju: Embrapa, 1986. 10p.

FERREIRA, J. M. S.; MORIN, J. P. **Alguns aspectos da biologia e do comportamento da barata do coqueiro** *Coralimela brunnea* Thumb. (Coleoptera; Chrimelidae). Aracaju: Embrapa-UEPAE, 1984, 6p.

FERREIRA, J. T. B. ZARBIN, P. H. G. Amor ao primeiro odor. **Química Nova na Escola**, n. 7, p. 1-4, mai., 1998.

FONSECA, M. G.; VIDAL, D. M.; ZARBIN, P. H. G. Male-produced sex pheromone of the cerambycid beetle *Hedypathes betulinus*: chemical identification and biological activity. **Journal of Chemical Ecology**, v. 36, n. 10, p. 1132-1139, out., 2010. DOI 10.1007/s10886-010-9850-y

FONTES, H. R.; FERREIRA, J. M. S. **A cultura do coqueiro**: mudas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 53 p.: il.

FREITAS, M. R. T. et al. The biology of *Diatraea flavipennella* (Lepidoptera: Crambidae) reared under laboratory conditions. **Florida Entomological Society**, v. 90, n. 2, p. 309-313, jun., 2007. DOI 10.1653/0015-4040(2007)90[309:TBODFL]2.0.CO;2.

GANAI, M. A.; KHAN, Z. H.; DAR, M. A. Pheromones in lepidopteran insects: Types, production, reception and its application. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 6, n. 5, p. 2552-2558, 2017.

GBIF Secretariat: **GBIF Backbone Taxonomy**. Disponível em: <<https://doi.org/10.15468/39omei>> Acessado em 23 de agosto de 2021.

GITAU, C. W. et al. Insect pests and insect-vectored diseases of palms. **Australian Journal of Entomology**, v. 48, p. 328–342, nov., 2009. DOI 10.1111/j.1440-6055.2009.00724.x.

GOULART, H. F. et al. Feromônios: Uma Alternativa Verde para o Manejo Integrado de Pragas. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 4, p. 1205-1224, jan., 2015. DOI 10.5935/1984-6835.20150068.

GUO, X. et al. 4-Vinylanisole is an aggregation pheromone in locusts. **Nature**, v. 584, n. 7822, p. 584-588, ago., 2020. DOI 10.1038/s41586-020-2610-4.

HABIB, M. E. M.; ANDRADE, C. F. Epizootia em larvas de *Brassolis sophorae* (Linnaeus, 1758) causada por *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill., com estudos de identificação e sintomatologia. **Anais da Sociedade Entomológica Brasileira**, v. 6, n. 2, p. 239-247, 1977. DOI 10.37486/0301-8059.v6i2.117

HOWARD, F. W. et al. **Insects on palms**. CABI Publishing: New York, 2001. 400p.

IWAHASHI, O.; SYAMUSDIN-SUBAHAR, T. S.; SASTRODIHARDJO, S. Attractiveness of methyl eugenol to the fruit fly *Bactrocera carambolae* (Diptera: Tephritidae) in Indonesia. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 89, n. 5, p. 653-660, set., 1996. DOI 10.1093/aesa/89.5.653.

JANG, E. B. Effectiveness of plastic matrix lures and traps against *Bactrocera dorsalis* and *Bactrocera cucurbitae* in Hawaii. **Journal of Applied Entomology**, v. 135, n. 6, p. 456-466, jun., 2011. DOI 10.1111/j.1439-0418.2010.01557.x.

KAMARUDIN, N. et al. Pheromone mass trapping of bagworm moths, *Metisa plana* Walker (Lepidoptera: Psychidae), for its control in mature oil palms in Perak, Malaysia. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 13, n. 2, p. 101-106, jun., 2010. DOI 10.1016/j.aspen.2009.11.003.

KAWAZU, K.; ICHIKI, R. T.; DANG, D. T.; NAKAMURA, S. Mating sequence and evidence for the existence of a female contact sex pheromone in *Brontispa longissima* (Coleoptera: Chrysomelidae). **Japan Agricultural Research Quarterly**, v.45, n.1, p. 99-106, 2011. DOI 10.6090/jarq.45.99

LEMONS, W. P.; BOARI, A. J. Manejo de pragas e doenças para a cultura de palma de óleo na Amazônia. In: RAMALHO FILHO, A. et al. (Eds) **Zoneamento agroecológico, produção e manejo da cultura de palma de óleo na Amazônia**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. cap. 9, p. 145-152.

LI, P.; ZHU, J.; QIN, Y. Enhanced attraction of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) to pheromone-baited traps with the addition of green leaf volatiles. **Journal of Economic Entomology**, v. 105, n. 4, p. 1149-1156, ago., 2012. DOI 10.1603/EC11109.

LIMA, E. S. et al. Diversidade, estrutura e distribuição espacial de palmeiras em um cerrado sensu stricto no Brasil Central – DF. **Brazilian Journal of Botany**, v. 26, n. 3, p.361-370, set., 2003. DOI 10.1590/S0100-84042003000300009.

LOPES, R. B. et al. Combination of the fungus *Beauveria bassiana* and pheromone in an attract-and-kill strategy against the banana weevil, *Cosmopolites sordidus*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 151, n. 1, p. 75-85, 2014. DOI 10.1111/eea.12171

LORENZI, H. et al. **Flora brasileira: Arecaceae** (Palmeiras). Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2010. 382p.

MA, M. et al. Ultrastructure of sensilla of antennae and ovipositor of *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae), and location of female sex pheromone gland. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 1-11, jan. 2017. DOI 10.1038/srep40637

MARCICANO, M. D. L. et al. Parasitism of *Brassolis sophorae laurentii* Stichel (Lepidoptera: Nymphalidae, Brassolinae) Pupae by *Conura morleyi* (Ashmead) (Hymenoptera: Chalcididae, Chalcidini), in the State of Alagoas, Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 36, n.4, p. 629-631, ago., 2007. DOI 10.1590/S1519-566X2007000400026.

MARCICANO, M. D. L.; NIHEI, S. S.; LIMA, I. M. M. First host record for *Winthemia analis* (Macquart) (Diptera: Tachinidae: Exoristinae) in Brazil: *Brassolis sophorae laurentii* Stichel (Lepidoptera: Nymphalidae: Brassolinae). **Neotropical Entomology**, v. 38, n. 4, p. 550-552, ago., 2009. DOI 10.1590/S1519-566X2009000400020.

MARICONI, F. A. M.; ZAMITH, A. P. L. Contribuição para o conhecimento da *Brassolis sophorae* (Linnaeus, 1758), *B. astyra* Godart, 1821 (Lepid. - Brassolidae) e de seus inimigos naturais. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v.11, p. 160-222, 1954. DOI 10.1590/S0071-12761954000100009.

MARTÍNEZ, L. C. et al. Biología de *Leucothyreus* sp. (Coleoptera: Scarabaeidae) defoliador de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.), en San Vicente de Chucurí (Santander). **Palmas**, v. 21, n. 1, p. 212-220, jan., 2000.

MARTINS, C. R.; JESUS JÚNIOR, L. A. **Produção e Comercialização de Coco no Brasil Frente ao Comércio Internacional**: Panorama. Aracajú: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2014, 58p.

MERIVEE, E. et al. Antennal sensilla of the ground beetle *Bembidion properans* Steph. (Coleoptera, Carabidae). **Micron**, v. 33, n. 5, p. 429-440, 2002. DOI 10.1016/S0968-4328(02)00003-3

MERIVEE, E.; RAHI, M.; LUIK, A. Antennal sensilla of the click beetle, *Melanotus villosus* (Geoffroy) (Coleoptera: Elateridae). **International Journal of Insect Morphology and Embryology**, v. 28, n. 1-2, p. 41-51, abr., 1999. DOI 10.1016/S0020-7322(98)00032-4

MÉROT, C. et al. Beyond magic traits: Multimodal mating cues in *Heliconius* butterflies. **Evolution**, v. 69, n. 11, p. 2891-2904, out., 2015. DOI 10.1111/evo.12789

MILLAR, J. G. et al. (9Z)-9, 13-Tetradecadien-11-ynal, the sex pheromone of the avocado seed moth, *Stenoma catenifer*. **Tetrahedron Letters**, v. 49, n. 33, p. 4820-4823, ago., 2008. DOI 10.1016/j.tetlet.2008.06.019.

MOREIRA, M. A. B.; TUPINAMBÁ, E. A. **Avaliação de genótipos de coqueiro, *Cocos nucifera* (L.) quanto à infestação da falsa barata, *Coralimela brunnea* Thunberg (1821) (Coleoptera: Chrysomelidae) no Estado de Sergipe**. Aracaju: Embrapa. 2006. 4p.

MOREIRA, M. A. B.; ZARBIN, P. H. G.; CORACINI, M. D. A. Feromônios associados aos coleópteros-praga de produtos armazenados. **Química Nova**, v. 28, n. 3, p. 472-477, jun., 2005. DOI 10.1590/S0100-40422005000300019.

MORI, B. A.; EVENDEN, M. L. Factors affecting pheromone-baited trap capture of male *Coleophora deauratella*, an invasive pest of clover in Canada. **Journal of economic entomology**, v. 106, n. 2, p. 844-854, abr., 2013. DOI 10.1603/ec12437

MUNIYAPPA, C. et al. Factors affecting catch of the black-headed caterpillar, *Opisina arenosella* Walker in sex pheromone-baited traps and evidence for population suppression by mass trapping. **Oriental insects**, v. 52, n. 2, p. 143-158, out., 2018. DOI 10.1080/00305316.2017.1381652.

- NAVARRO, D. M. A. F. Aspectos práticos relacionados ao uso do rincoforol, o feromônio de agregação da broca-do-olho-do-coqueiro *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) no controle de pragas do coqueiro: análise de sua eficiência em campo. **Química Nova**, v. 25, n. 1, p. 32-36, fev., 2002. DOI 10.1590/S0100-40422002000100007.
- NOGUEIRA, O. L.; FIGUEIRÊDO, F. J. C.; MÜLLER, A. A. (Eds). **Açaí**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2005, 139p.
- NORDLUND, D. A.; LEWIS, W. J. Terminology of chemical releasing stimuli in intraspecific and interspecific interactions. **Journal of Chemical Ecology**, v. 2, n. 2, p. 211-220, abr., 1976. DOI 10.1007/BF00987744
- OLIVEIRA, T. A. et al. **Lepidópteros desfolhadores de palma-de-óleo no Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2018. 64p.
- PEÑA, Y. Y. C. **Bioecología del gusano de la palma, *Brassolis sophorae* L. (Lepidoptera: Nymphalidae), en Caracas, Venezuela**. 2013. 150f. (Tese em Ciências) - Universidade Central da Venezuela, Caracas, 2013.
- RHAINDS, M. et al. Chiral esters: sex pheromone of the bagworm, *Oiketicus kirbyi* (Lepidoptera: Psychidae). **Journal of Chemical Ecology**, v. 20, n. 12, p. 3083-3096, dez., 1994. DOI: 10.1007/BF02033712.
- RUSZCZYK, A.; RIBEIRO, J. C. Mortalidade dos parasitóides *Spilochalcis morleyi* (Hymenoptera, Chalcididae) e *Xanthozona melanopyga* (Diptera, Tachinidae) em pupas femininas e masculinas de *Brassolis sophorae* (Lepidoptera, Nymphalidae). **Revista Brasileira de Biologia**. 1998, v. 58, n. 4, p. 633-637, nov., 1998. DOI 10.1590/S0034-71081998000400010
- SAKURAI, T.; NAMIKI, S.; KANZAKI, R. Molecular and neural mechanisms of sex pheromone reception and processing in the silkworm *Bombyx mori*. **Frontiers in Physiology**, v. 5, p. 125, mar., 2014. DOI 10.3389/fphys.2014.00125
- SASAERILA, Y. et al. Decadienoates: sex pheromone components of nettle caterpillars *Darna trima* and *D. bradleyi*. **Journal of Chemical Ecology**, v. 26, n. 8, p. 1969-1981, ago., 2000a. DOI 10.1023/A:1005561127155
- SASAERILA, Y. et al. Identification of sex pheromone components of nettle caterpillar, *Setothosea asigna*. **Journal of Chemical Ecology**, v. 23, n. 9, p. 2187-2196, set., 1997. DOI 10.1023/B:JOEC.0000006438.03728.1a.
- SASAERILA, Y. et al. Sex pheromone components of nettle caterpillar, *Setora nitens*. **Journal of Chemical Ecology**, v. 26, n. 8, p. 1983-1990, ago., 2000b. DOI 10.1023/A:1005513211225.
- SASAERILA, Y. et al. Specificity of communication channels in four limacodid moths: *Darna bradleyi*, *Darna trima*, *Setothosea asigna*, and *Setora nitens* (Lepidoptera: Limacodidae). **Chemoecology**, v. 10, n. 4, p. 193-199, dez., 2000c. DOI 10.1007/PL00001822.
- SCHULZ, S.; STEFFENSKY, M.; ROISIN, Y. Identification and synthesis of elymniafuran, a new monoterpene from the butterfly *Elymnias thryallis*. **Liebigs Annalen**, v. 1996, n. 6, p. 941-946, jun., 1996. DOI 10.1002/jlac.199619960612

- SHU, S.; MBATA, G. N.; RAMASWAMY, S. B. Female sex pheromone in *Callosobruchus subinnotatus* (Coleoptera: Bruchidae): production and male responses. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 91, n. 6, p. 840-844, nov., 1998. DOI 10.1093/aesa/91.6.840
- SIDERHURST, M. S. et al. n-Butyl (E)-7, 9-decadienoate: sex pheromone component of the nettle caterpillar, *Darna pallivitta*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 125, n. 1, p. 63-69, jul., 2007. DOI 10.1111/j.1570-7458.2007.00593.x.
- SILVA, P. H. S. **Insetos associados ao babaçu (*Orbignya* spp.) no Estado do Piauí**. Teresina: Embrapa Meio-Norte. 2001. 23p.
- SONG, Y. A. N. G. et al. Use of sex pheromone for control of *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of the Entomological Research Society**, v. 11, n. 1, p. 27-36, fev., 2009.
- SOUZA, F. G.; LIMA, R. A. A importância da família Arecaceae para a região Norte. **Educamazônia-Educação, Sociedade e Meio Ambiente**, v. 23, n. 2, p. 100-110, nov., 2019.
- STAINES, C. L. Type species of new world *Hispinae* genera (Coleoptera: Chrysomelidae). **Insecta Mundi**, v. 5, n. 3-4, p. 247-248, set.-dez., 1991.
- STEINBRECHT, R. A. Structure and function of insect olfactory sensilla. In: **Ciba Foundation Symposium 200-Olfaction in Mosquito-Host Interactions: Olfaction in Mosquito-Host Interactions: Ciba Foundation Symposium 200**. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd., 2007. p. 158-183.
- THOMAZINI, M. J. A comunicação química entre os insetos: obtenção e utilização de feromônios no manejo de pragas. In: GONCALVES, R. C.; OLIVEIRA, L. C. (Ed.). **Embrapa Acre: ciência e tecnologia para o desenvolvimento sustentável do Sudoeste da Amazônia**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2009. cap. 17, p. 338-354.
- TINÔCO, R. S. **Inimigos naturais e lepidópteros desfolhadores associados a *Elaeis guineensis* Jacq. na Agropalma, Amazônia brasileira**. 2008. 36f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.
- VIEIRA, A. H. **Cultivo do Açaizeiro (*Euterpe oleracea* Martius) no Noroeste do Brasil**. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2018. 90p.
- VILELA, E. F.; DELLA LUCIA, T. M. C. (Ed.) **Feromônios de insetos: Biologia, química e emprego no manejo de pragas**, 2 ed., Ribeirão Preto: Holos. 1987. 155p.
- WAKAMURA, S. et al. Sex pheromone of the blue-striped nettle grub moth *Parasa lepida* (Cramer) (Lepidoptera: Limacodidae): identification and field attraction. **Applied Entomology and Zoology**, v. 42, n. 3, p. 347-352, 2007. DOI 10.1303/aez.2007.347.
- WANG, H. et al. Morphology and distribution of antennal, maxillary palp and labial palp sensilla of the adult bruchid beetles, *Callosobruchus chinensis* (L.) (Coleoptera: Bruchidae). **Entomological Research**, v. 48, n. 6, p. 466-479, nov., 2018. DOI 10.1111/1748-5967.12296
- WITZGALL, P.; KIRSCH, P.; CORK, A. Sex pheromones and their impact on pest management. **Journal of Chemical Ecology**, v. 36, n. 1, p. 80-100, jan., 2010. DOI 10.1007/s10886-009-9737-y

ZAMBONI, A. B. et al. **StArt Uma Ferramenta Computacional de Apoio à Revisão Sistemática**. In: Conferência Brasileira de Software: Teoria e Prática - Sessão de Ferramentas. UFBA. 2010.

ZAMBRANA, N. Y. P. et al. Diversity of palm uses in the western Amazon. **Biodiversity and Conservation**, v. 16, n. 10, p. 2771-2787, jul., 2007. DOI 10.1007/s10531-007-9218-y

ZARBIN, P. H. G.; RODRIGUES, M. A. C. M; LIMA, E. R. Feromônios de insetos: tecnologia e desafios para uma agricultura competitiva no Brasil. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 722-731, 2009. DOI 10.1590/S0100-40422009000300016.

3. Ultraestrutura de antenas e evidências de composto feromonal em asas de *Brassolis sophorae* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Nymphalidae)

Resumo: *Brassolis sophorae* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Nymphalidae) é uma praga desfolhadora de Arecaceas que provoca redução da área foliar e prejudica o desempenho das plantas. Buscando evidências da comunicação química entre os indivíduos dessa espécie, objetivou-se investigar as estruturas sensoriais presentes nas antenas e caracterização dos compostos presentes nas asas de *B. sophorae*. Os insetos foram coletados em fase de lagarta, no município de Marechal Deodoro, Alagoas. As observações morfológicas dos insetos adultos foram realizadas em 20 exemplares de ambos os sexos. As antenas foram usadas para análise de microscopia eletrônica de varredura para caracterização das sensilas presentes. As partes das asas que apresentaram características de dimorfismo sexual em machos e fêmeas virgens foram extraídas por imersão em hexano (grau HPLC) e os extratos obtidos analisados por cromatografia gasosa acoplada ao detector de ionização em chamas, seguindo-se análise por cromatografia gasosa acoplada a espectrômetro de massas para identificação dos compostos ativos. A atividade dos compostos foi analisada previamente por cromatografia gasosa acoplada a eletroantenografia, em que foram usados extratos de parte de asa posterior de macho em antenas de fêmea. Nas antenas de *B. sophorae*, as estruturas sensoriais presentes são sensilas de três tipos: tricoide, caética e celocônicas, sem diferença entre sexos. Em asas posteriores de machos de *B. sophorae* existe a presença de androcônia, uma estrutura que pode estar associada à liberação do composto macho-específico coumarano, que apresenta atividade para fêmeas. Compostos alcanos de cadeia longa são componentes em parte de asas de machos e fêmeas, sendo o pentacosano ativo para fêmeas de *B. sophorae*.

Palavras-chave: Androcônia; Dimorfismo sexual; Feromônio; Praga desfolhadora.

Ultraestrutura de antenas e evidências de composto feromonal em asas de *Brassolis sophorae* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Nymphalidae)

Abstract: *Brassolis sophorae* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Nymphalidae) é uma praga desfolhadora de Arecaceas que provoca redução da área foliar e prejudica o desempenho das plantas. Buscando evidências da comunicação química entre os indivíduos dessa espécie, objetivou-se investigar as estruturas sensoriais presentes nas antenas e caracterização dos compostos presentes nas asas de *B. sophorae*. Os insetos foram coletados em fase de lagarta, no município de Marechal Deodoro, Alagoas. As observações morfológicas dos insetos adultos foram realizadas em 20 exemplares de ambos os sexos. As antenas foram usadas para análise de microscopia eletrônica de varredura para caracterização das sensilas presentes. As partes das asas que apresentaram características de dimorfismo sexual em machos e fêmeas virgens foram extraídas por imersão em hexano (grau HPLC) e os extratos obtidos analisados por cromatografia gasosa acoplada ao detector de ionização em chamas, seguindo-se análise por cromatografia gasosa acoplada a espectrômetro de massas para identificação dos compostos ativos. A atividade dos compostos foi analisada previamente por cromatografia gasosa acoplada a eletroantenografia, em que foram usados extratos de parte de asa posterior de macho em antenas de fêmea. Nas antenas de *B. sophorae*, as estruturas sensoriais presentes são sensilas de três tipos: tricoide, caética e celocônicas, sem diferença entre sexos. Em asas posteriores de machos de *B. sophorae* existe a presença de androcônia, uma estrutura que pode estar associada à liberação do composto macho-específico coumarano, que apresenta atividade para fêmeas. Compostos alcanos de cadeia longa são componentes em parte de asas de machos e fêmeas, sendo o pentacosano ativo para fêmeas de *B. sophorae*.

Palavras-chave: Androcônia; Dimorfismo sexual; Feromônio; Praga desfolhadora.

3.1. INTRODUÇÃO

Algumas espécies de lepidópteros são importantes lagartas desfolhadoras de Arecaceae (HOWARD et al., 2001). Na América do Sul, a ocorrência de duas espécies da família Nymphalidae [*Brassolis sophorae* (Linnaeus, 1758) e *Opsiphanes invirae* Hübner, 1818] vem causando sérios problemas por elevada capacidade de desfolha, e surtos intensos dessas pragas podem causar desfolha completa em plantios comerciais de palmeiras (CALVACHE et al., 2010).

Brassolis sophorae está associada a diferentes espécies de Arecaceae com importância econômica (SILVA et al., 2001; PIVETTA et al., 2009). Estratégias de manejo dessa praga são descritas e contribuem de forma integrada no controle, como os registros de inimigos naturais, parasitoides de pupas, *Conura morleyi* (Ashmead, 1904) (Hymenoptera: Chalcididae) e *Xanthozona melanopyga* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tachinidae) (RUSZCZYK; RIBEIRO, 1998; MARCICANO et al., 2007), microrganismos entomopatogênicos, *Beauveria bassiana* (Hypocreales: Cordycipitaceae) (FERREIRA et al., 2001) e *Bacillus thuringiensis* Berliner, 1915 var. *kurstaki* (Bacillales: Bacillaceae) (BEZERRA, 2016).

Apesar dos relatos de parasitismo e usos por aplicação de microrganismos para controle de *B. sophorae*, é necessário, em áreas de cultivos comerciais, a realização do monitoramento populacional dessa praga, pela presença característica agregada das lagartas, sendo uma atividade que necessita de treinamento e conhecimento especializado (OLIVEIRA et al., 2018). Com isso, ferramentas que possam contribuir para eficiência das atividades de manejo dessa praga são relevantes e têm potencial para uso.

O uso de feromônio sexual em armadilhas do tipo delta para manejo de lagartas urticantes, *Darna trima* Moore, 1859, *Darna bradleyi* Holloway, 1986, *Setothosea asigna* (van Eecke, 1929) e *Setora nitens* Walker, 1855 (Lepidoptera: Limacodidae) possibilita o monitoramento e o controle por coleta massal, tendo contribuição importante no manejo dessas pragas nos cultivos de Arecaceae em regiões da Ásia (SASAERILA et al., 2000).

Para a identificação dos compostos atrativos, independentemente do tipo, são necessárias evidências que direcionem o desenvolvimento das pesquisas, como por exemplo, observações de comportamento sexual, oviposição, alimentação e interações ecológicas entre os diferentes indivíduos; e presença de características morfológicas, como sensilas e cerdas quimiorreceptoras, estruturas como androcônias e as glândulas odoríferas.

Para lepidópteros da família Nymphalidae, a liberação de semioquímicos está associada a estruturas odoríferas presentes em insetos machos, como em espécies da tribo Ithomiini, que possuem na androcônia componentes com função feromonal (MANN et al., 2020).

Nessa perspectiva, pouco se sabe sobre as características morfológicas relacionadas à comunicação química de *B. sophorae*. Com isso, objetivou-se investigar as estruturas sensoriais presentes nas antenas com a caracterização dos compostos presentes nas asas de *B. sophorae*, na busca de evidências sobre a comunicação química dessa espécie.

3.2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Pesquisa em Recursos Naturais (LPqRN) do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), no município de Rio Largo, Alagoas.

Os insetos foram coletados em fase de lagarta, no Sítio Assovio, zona rural de Marechal Deodoro, Alagoas (9°43'04.2"S; 35°50'20.0"W). No laboratório, as lagartas coletadas foram mantidas e alimentadas para transformação em pupas e acondicionadas até emergência em inseto adulto.

As observações morfológicas dos insetos adultos de *B. sophorae* foram realizadas usando microscópio estereoscópico (lupa) e observações diretas. Foram analisados 20 exemplares de ambos os sexos para identificação de características morfológicas em partes do corpo para dimorfismo sexual da espécie.

3.2.1. Microscopia eletrônica de varredura das antenas de *B. sophorae*

A análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV) das antenas foi realizada no Laboratório de Análise Instrumental do Departamento de Química do Instituto Federal de Alagoas (IFAL), Campus Maceió. Foram utilizadas antenas de três espécimes de *B. sophorae* machos e fêmeas. As antenas retiradas foram imediatamente fixadas em solução de glutaraldeído a 2% em tampão fosfato (0,1 M PH 7) por 20 minutos, em seguida, foram desidratadas sendo imersas numa série de soluções de etanol diluído em água destilada com concentrações de 50%, 70%, 80% e 90% por dois minutos em cada solução, e logo após acondicionadas em etanol P.A.

Para análise, as antenas foram postas sob uma superfície de papel para retirada do excesso de etanol e posteriormente montadas em base de metal sobre fita adesiva elétrica de sulfeto de carbono, recebendo em seguida, um banho metálico em metalizador (Q150R ES, Quoron®). A

corrente durante o processo de metalização com alvo de ouro foi de 45 mA durante 4 minutos. As antenas foram analisadas usando um microscópio eletrônico de varredura (INCAx-act, Oxford-instruments®).

A caracterização das sensilas observadas nas análises foram realizadas por meio de comparação com as descrições na literatura sobre sensilas de insetos principalmente para Ordem Lepidoptera.

3.2.2. Extração por solvente das partes da asa de machos e fêmeas de *B. sophorae*

Foi realizada a extração por solvente de partes das asas que apresentaram características de dimorfismo sexual de machos e fêmeas virgens de *B. sophorae* com idade entre 48 e 72 horas, de cinco exemplares. As extrações ocorreram no horário de comportamento reprodutivo, no período crepuscular (FERREIRA et al., 1998). Os insetos foram previamente selecionados para o procedimento de extração e levados para ambientação no laboratório uma hora antes de iniciar as atividades. Para facilitar o manuseio, os insetos foram anestesiados no congelador por dois minutos, posteriormente, foi realizado o desprendimento das asas, sendo retirada a parte para a extração por meio de uma tesoura de dissecação limpas em álcool 99% entre cada corte para evitar contaminação nas amostras. As partes coletadas foram imersas em 1500 µL de hexano (grau HPLC). Após o período de 20 min, o sobrenadante foi filtrado em uma coluna de lã de vidro, preparada em uma pipeta de Pasteur de vidro, e transferidos para um vial com capacidade de 2 mL, e conservados em refrigeração (-20 °C) para posterior análise. Foram realizadas três repetições.

3.2.3. Análise dos extratos por cromatografia gasosa (GC-FID) e (GC-MS)

As análises dos extratos das partes de asas ocorreram por meio de cromatógrafo gasoso acoplado a um detector de ionização em chama (CG-FID). Uma alíquota de 1 µL das amostras da extração das partes de asa de machos e fêmeas foram analisadas no cromatógrafo no modo splitless a 250 °C, e a detecção a 300 °C. A cromatografia foi realizada em coluna capilar NST 05 (30 m, 0,25 mm d.i.; Restek®, Bellefonte, PA, USA). As condições de análise para a separação dos componentes foi inicialmente de 50 °C, aumentando 10 °C por minuto até atingir 280 °C, mantida por 10 minutos e após esse período aquecida até 300 °C com aumento de 10 °C por minuto. O gás de arraste utilizado foi o nitrogênio, com fluxo de 1,10 mL/min.

Com a análise dos cromatogramas obtidos, foi realizada a observação dos cromatogramas para identificação de compostos específicos entre os sexos, e com a obtenção do tempo de retenção de cada composto na amostra, foi possível calcular o Índice de Retenção (IR), em que

foi necessário analisar o padrão de n-alcenos de 7 a 30 átomos de carbono (SIGMA-ALDRICH) no mesmo equipamento e método usado nos extratos em modo “split”. Com isso, através dos tempos de retenção dos compostos das amostras e do padrão de alcenos foi realizado os cálculos do IR de cada composto com base na equação 1, em que: tr_x = tempo de retenção dos compostos de interesse; y = número de carbonos do hidrocarboneto que elui antes do composto x ; z = número de carbonos do hidrocarboneto que elui depois do composto x .

$$IR = 100y + 100 (z - y) * \frac{(tr_x - tr_y)}{(tr_z - tr_y)} \quad (1)$$

A análise dos extratos em cromatografia gasosa acoplada ao espectrômetro de massas (CG-MS) foi realizada em equipamento do modelo Shimadzu QP-2010 em coluna capilar ZB-5MS (60 m, 0,25 mm d. i., 0,25 μ m; J & W Scientific, Folsom, Califórnia, EUA) com ionização por impacto de elétrons (70 eV) em modo splitless (250 °C), com programação de temperatura de 150 °C por 5 minutos, aumentando 8 °C por minuto até 300 °C, permanecendo nesta temperatura por 10 minutos, com o hélio como gás de arraste com fluxo de 1,20 mL/min, em que foi usado uma alíquota de 1 μ L dos extratos. Os compostos foram identificados por meio das análises de fragmentação, índice de retenção e comparações com as bibliotecas NIST, WILEY e FFNSC do espectrômetro.

3.2.4. Cromatografia gasosa acoplada à eletroantenografia (CG- EAG)

Na análise dos compostos do extrato de parte da asa de machos de *B. sophorae*, foi realizada cromatografia gasosa acoplada à eletroantenografia (CG-EAG), sendo usado cromatógrafo a gás acoplado ao detector por ionização de chamas (FID) modelo Shimadzu QP-2010, operado no modo “splitless”, com coluna capilar RTX-5 (30 m, 0,25 mm d. i., 0,25 μ m; Restek®), onde o efluente da coluna foi dividido em duas linhas, uma levando ao detector FID e a outra ao EAG. As condições de operação para separação dos componentes das amostras foram inicialmente de 50 °C, aumentando 10 °C por minuto até atingir 280 °C, mantida por 5 minutos. O gás de arraste utilizado foi o nitrogênio, com fluxo de 1,9 mL/min.

As análises foram realizadas no horário de comportamento reprodutivo, com fêmeas virgens de idade entre 48 e 72 horas. As antenas foram cortadas na base do escapo, sem que fosse necessário adormecê-las. Cada antena foi considerada uma repetição, sendo realizadas sete repetições.

Os sinais das antenas foram registrados através do amplificador de alta impedância (IDAC4, Syntech 2004), sendo que as respostas do EAG e a análise do FID foram registrados simultaneamente pelo software Autopike32, Syntech 2008. Na análise das respostas do CG-EAG, foram observadas a relação entre o sinal do EAG absoluto e os ruídos da linha base e os picos correspondentes dos compostos presentes na amostra registrados pela CG-FID.

3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas observações realizadas com adultos de *B. sophorae* nota-se a presença de uma estrutura de cor amarela nas asas posteriores de machos entre as nervuras CuA2 e 1A e ausente em fêmeas. Essa estrutura possui em média comprimento de 8,7 mm e largura de 1,1 mm (Figura 3).

O dimorfismo sexual de adultos de *B. sophorae* é caracterizado pelas fêmeas serem maiores que os machos e terem o abdômen mais desenvolvido (PEÑA, 2013). Essa característica é favorecida para maior volume e tamanho da prole e por diferentes taxas de alocação de energia para crescimento e reprodução (SALGADO-NETO; DI MARE, 2009). Além disso, outra diferença visual entre os sexos trata-se da presença de uma faixa amarela larga e em forma de Y nas asas anteriores da fêmea (OLIVEIRA et al., 2018).

Figura 3. Dimorfismo sexual verificado em asas posteriores de *Brassolis sophorae*. Fêmea (♀) e macho (♂). Região odorífera na asa posterior de macho (↑) (macho com coloração amarelada).

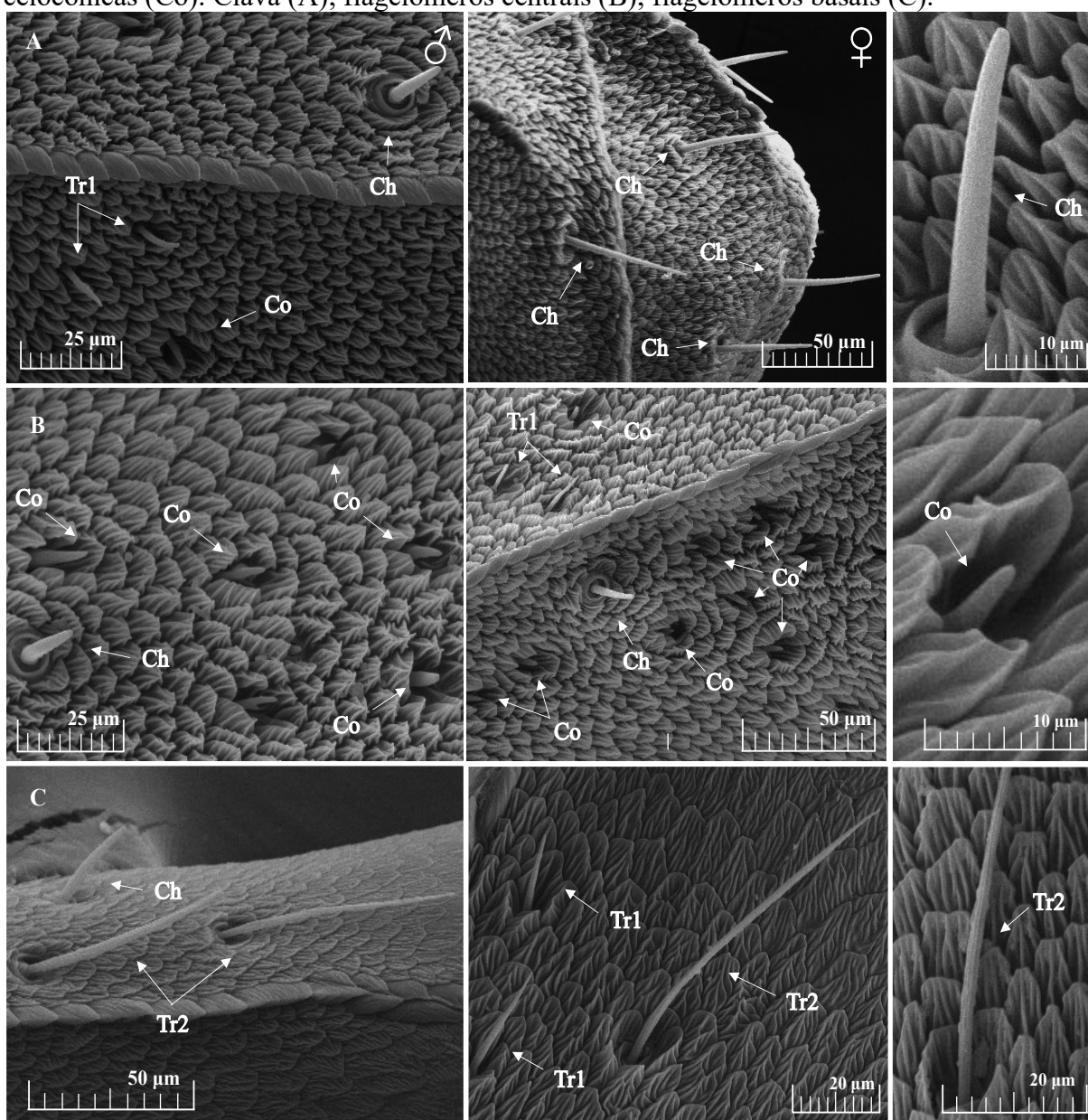


Fonte: Autor, 2022

A presença de estrutura na superfície das asas de machos que contribui para o dimorfismo sexual também foi observada em espécies do gênero *Bicyclus* (Lepidoptera: Nymphalidae), sendo considerada androcônia, composta por um conjunto de escamas e cerdas diferenciadas, que estaria associado à liberação de feromônios de corte (WANG et al., 2014).

As sensilas encontradas nas antenas de *B. sophorae* são caracterizadas em três tipos, tricoide, caética e celocônicas, distribuídas em toda a extensão da antena (Figura 4). As sensilas mais abundantes são as celocônicas, com maior frequência no ápice e diminuindo em direção à base. As caéticas também são frequentes na clava e nos flagelômeros centrais da antena (Figuras 4A e 4B). Observou-se o mesmo tipo e disposição das sensilas entre antenas de machos e fêmeas, não sendo úteis para o dimorfismo sexual dos indivíduos.

Figura 4. Microscopia eletrônica de varredura (MEV) das antenas de machos (♂) e fêmeas (♀) de *Brassolis sophorae* com a presença de sensilas tricoides (Tr1 e Tr2), céticas (Ch) e celocônicas (Co). Clava (A); flagelômeros centrais (B); flagelômeros basais (C).



Fonte: Autor, 2022

As sensilas celocônicas são localizadas entre um anel de escamas (Figura 4B) e apresentam ranhuras longitudinais. Essas sensilas são relatadas como responsáveis pela detecção de umidade, temperatura, com receptor sensível ao CO₂ (STANGE; STOWE, 1999).

Sensilas cétricas têm base apoiada em uma estrutura circular, forma reta e tamanhos variados com sulcos ao longo de sua superfície (Figura 4A). Em *Eogystia sibirica* (Alphéraky, 1895) (Lepidoptera: Cossidae) as sensilas caéticas são descritas como gustativas e sensilas celocônicas e tricoides são presumivelmente olfativas (LIU et al., 2014), e, para *Monema flavescens* Walker, 1855 (Lepidoptera: Limacodidae), as sensilas cétricas e tricoides também são identificadas com possíveis funções quimiossensoriais (YANG et al., 2017). Essas sensilas também são encontradas em outras partes de insetos lepidópteros, como no ovipositor de *Sitotroga cerealella* (Olivier, 1789) (Lepidoptera: Gelechiidae) com funções mecanossensorial e quimiossensorial (MA et al., 2017).

As sensilas tricoides estão presentes em dois subtipos (Tr1 e Tr2) diferenciadas pelo seu comprimento, sendo que as Tr1 são menores e estão presentes na clava e nos flagelômeros centrais (Figura 4A e 4B). Em contrapartida as Tr2 estão localizadas apenas na região próxima ao pedicelo, nos flagelômeros basais (Figura 4C). A presença de subtipos com diferentes comprimentos de sensilas tricoides é relatada em espécie de Nymphalidae, sendo o tipo mais abundante nas antenas de *O. invirae* (CHAGAS, 2018).

As tricoides são afiladas na extremidade apical, apresentam acentuada inclinação e ranhuras transversais e multiporosas, estão envolvidas na percepção de feromônio sexual e na detecção de odor do hospedeiro (HANSSON, 1995). Essas sensilas são responsáveis pela percepção de sinais químicos de plantas hospedeiras de *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae) (WEE et al., 2016). Para *Heliothis subflexa* (Guenée, 1852) (Lepidoptera: Noctuidae), os tipos de sensilas tricoides longas presentes em machos respondem aos componentes do feromônio sexual (LEE et al., 2006). Corroborando, Gu et al. (2013) observaram reconhecimento seletivo da mistura de componentes do feromônio sexual feminino por subtipos de sensilas tricoides longas de *Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1766) (Lepidoptera: Noctuidae).

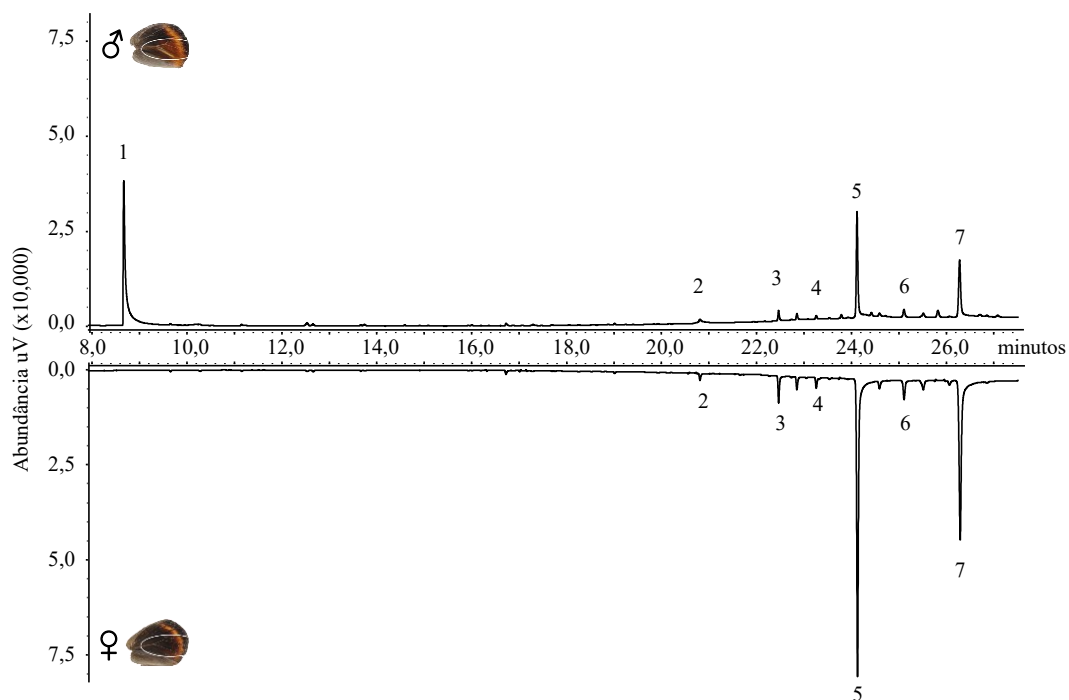
3.3.1. Extratos de partes de asas de machos e fêmeas de *B. sophorae*

Na análise dos extratos de partes com característica morfológica de dimorfismo sexual em asas posteriores de macho e fêmea de *B. sophorae*, observaram-se sete compostos, sendo que na asa de macho, verificou-se o composto majoritário (1) que não está presente no extrato da mesma parte da asa de fêmea (Figura 5).

O composto macho-específico proposto foi o coumarano (2,3-dihidrobenzofurano), a partir da análise de fragmentação do espectro de massas e do índice de retenção calculados, que apontaram características desse composto, em que, observa-se também o pico do íon molecular com m/z 120 (Figura 6). Antes, foram analisados por GCMS os padrões analíticos sintéticos dos compostos 2-metilbenzaldeído, 3-metilbenzaldeído e 4-metilbenzaldeído, cujos padrões espectrais eram semelhantes, porém estes apresentaram tempo de retenção menor que o composto analisado e padrões espectrais levemente diferentes.

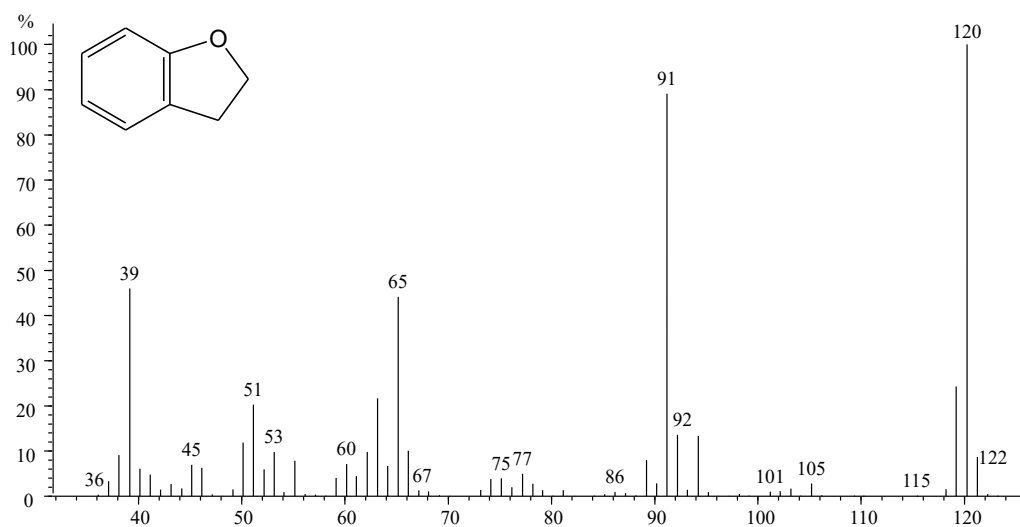
O coumarano é um composto volátil comumente presente em partes de plantas, como nas folhas de espécies da família Rosaceae, *Aidia borneensis* Ridsdale (AWANG-JAMIL et al., 2019) e *Prunus mahaleb* L. (MASTELIĆ et al., 2006); em frutos, como da árvore frutífera *Chrysophyllum cainito* L. (Sapotaceae) (PINO et al., 2002); e como composto majoritário em sementes de *Borago officinalis* L. (Boraginaceae) (WU et al., 2015). Melligan et al. (2012) apontam que o coumarano é um produto da decomposição da celulose e da lignina.

Figura 5. Cromatogramas dos voláteis de partes de asas posteriores de macho (♂) e fêmea (♀) com característica morfológica de dimorfismo sexual de *Brassolis sophorae* [Índice de retenção em coluna NST-05; 1- coumarano* (1214), 2- tricosano** (2300); 3- pentacosano** (2500); 4- hexacosano** (2500); 5- heptacosano** (2700); 6- octacosano** (2800); 7- nonacosano** (2900)]. *compostos identificados por meio das análises de fragmentação dos espectros de massa; ** confirmação dos compostos identificados com padrões.



Fonte: Autor, 2022

Figura 6. Espectro de massas do composto macho-específico de partes de asas posteriores de *Brassolis sophorae* (EI, 70 eV). Estrutura do composto coumarano (2,3-Dihidrobenzofurano).



Em relação aos insetos, esse composto é observado com atividade fumigante contra a mosca *Drosophila melanogaster* Meigen, 1830 (Diptera: Drosophilidae) (SCHARF et al., 2006), e toxicidade para pragas de produtos armazenados, como *Sitophilus oryzae* (Linnaeus, 1763) (Coleoptera: Dryophthoridae), *Rhyzopertha dominica* (Fabricius, 1792) (Coleoptera: Bostrichidae), *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae), *Oryzaephilus surinamensis* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Silvanidae) e *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens, 1831) (Coleoptera: Laemophloeidae), apresentando-se como uma alternativa para o manejo dessas pragas (RAJASHEKAR et al., 2013; RAJASHEKAR, 2016).

Entre os compostos observados nos extratos, também foram identificados hidrocarbonetos lineares de cadeia longa,tricosano (2), pentacosano (3), hexacosano (4), heptacosano (5), octacosano (6) e nonacosano (7). Em androcônias de borboletas do gênero *Heliconius* (Nymphalidae), aldeídos e alcanos representaram as principais classes de compostos presentes em todas as espécies analisadas, sendo pentacosano, componente de destaque para as espécies *H. himera* Hewitson, 1867, *H. sara* Fabricius, 1793 e *H. doris* Linnaeus, 1771 (MANN et al., 2017). Extratos de partes de *Papilio polytes* Linnaeus, 1758 (Lepidoptera: Papilionidae) também apresentaram na composição os compostos alcanos identificados no presente estudo, sendo o heptacosano e nonacosano os principais componentes dos extratos (ÔMURA; HONDA, 2005).

Os hidrocarbonetos de cadeia longa são substâncias relativamente pouco voláteis, mesmo assim podem expressar funções de comunicação a curta distância. Para a espécie *P. polytes*,

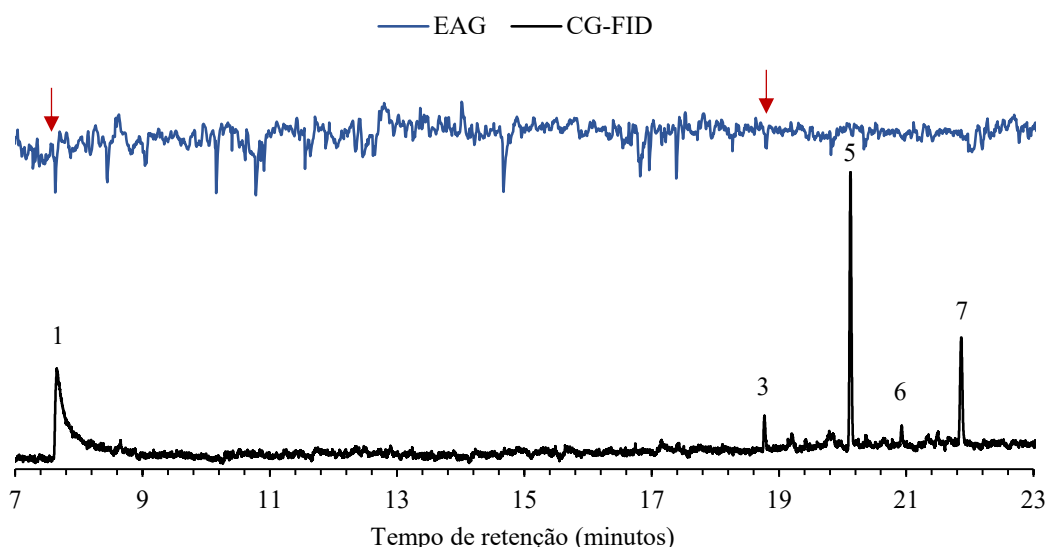
esses compostos cuticulares específicos de cada sexo podem regular o reconhecimento do parceiro e o comportamento de cortejo (ÔMURA et al., 2020). Borboletas do gênero *Colias* (Lepidoptera: Pieridae) também usam substâncias androconiais para comunicação de curto alcance em estratégias orientadas para o acasalamento (NOBRE et al., 2021).

Na análise de eletroantenografia com o extrato de parte de asa de macho de *B. sophorae*, em antena de fêmea, observaram-se respostas correspondentes para o composto macho-específico coumarano e para o hidrocarboneto cuticular pentacosano (Figura 7).

Entre os hidrocarbonetos lineares presentes no extrato, foi observado resposta apenas para o pentacosano. Grula et al. (1980) relatam que os hidrocarbonetos identificados em extratos de asas de machos e fêmeas de *Colias eurytheme* Boisduval, 1852 e *C. philodice* Godart, 1819 (Pieridae), hexacosano, heptacosano, nonacosano e octacosano, apresentaram baixa atividade eletrofisiológica em ambas as espécies (GRULA et al., 1980).

O pentacosano presente na cera superficial de folhas de *Vigna radiata* (L.) Wilczek (Fabaceae), como composto majoritário, é atrativo para fêmeas de *Spilosoma obliqua* Walker, 1855 (Lepidoptera: Erebidae) individualmente e em misturas sintéticas com outros alcanos e ácidos graxos livres, atuando como atrativo de curto alcance e estimulante de oviposição (MOBARAK et al., 2020).

Figura 7. Resposta eletroantenográfica de fêmeas de *Brassolis sophorae* (n=7) para o composto macho-específico coumarano e o hidrocarboneto pentacosano presentes no extrato de parte de asa posterior de macho. (↓) Indicação da resposta com pico do composto correspondente. (Coluna RTX-05; 1- coumarano; 3- pentacosano; 5- heptacosano; 6- octacosano; 7- nonacosano).



A atividade para insetos do composto coumarano pode ser associada à sua presença em melaço usado em iscas atrativas para a captura de espécies de lepidópteros (EL-SAYED et al., 2005), porém, não existe relatos na literatura de sua liberação por insetos ou atuação na comunicação química intraespecífica.

3.4. CONCLUSÃO

Nas antenas de *B. sophorae*, as estruturas sensoriais presentes são sensilas de três tipos, tricoide, cética e celocônicas, sem diferença entre sexos.

Em asas posteriores de machos de *B. sophorae*, existe androconia, associada a liberação do composto macho-específico coumarano, que apresenta atividade para fêmeas.

Hidrocarbonetos de cadeia longa ocorrem em parte de asas de machos e fêmeas, sendo o pentacosano é ativo para fêmeas de *B. sophorae*.

REFERÊNCIAS

AWANG-JAMIL, Z. et al. Phytochemical analysis, antimicrobial and antioxidant activities of *Aidia borneensis* leaf extracts. **Journal of Applied Biology and Biotechnology**, v. 7, n. 5, p. 9-7, set. 2019. DOI 10.7324/JABB.2019.70515

BEZERRA, N. V. **Aspectos sintomatológicos da interação Dipel® e células do epitélio do intestino médio de *Brassolis sophorae* L. (1758) (Lepidoptera, Nymphalidae) em palma de óleo.** 2016. 51f. Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita, Jaboticabal, 2016.

BORGES, E. O. et al. Structures related to pheromone storage in alar androconia and the female abdominal scent gland of *Heliconius erato phyllis*, *Heliconius ethilla narcaea*, and *Heliconius besckei* (Lepidoptera: Nymphalidae: Heliconiinae). **Journal of Morphology**, v. 281, n. 3, p. 388-401, mar. 2020. DOI 10.1002/jmor.21106

CALVACHE, G. et al. **Manual de plagas de la palma de aceite en Colombia.** Cenipalma: Centro de Investigación en Palma de Aceite, 2010. 198p.

CHAGAS, K. M. **Estudo do feromônio de *Opsiphanes invirae* (Hubner, 1818) (Lepidoptera: Nymphalidae).** 2018. 136f. Tese (Doutorado em Biotecnologia) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas, 2018.

DARRAGH, K. et al. Male sex pheromone components in *Heliconius* butterflies released by the androconia affect female choice. **PeerJ**, v. 5, p. e3953, nov. 2017. DOI 10.7717/peerj.3953

- EL-SAYED, A. M. et al. Volatile constituents of fermented sugar baits and their attraction to lepidopteran species. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 4, p. 953-958, fev. 2005. DOI 10.1021/jf048521j
- FERREIRA, J. M. S.; ARAÚJO, L. P. C.; SARRO, F. B. **Perspectivas para o uso de fungos entomopatogênicos no controle microbiano das pragas do coqueiro**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001. 25 p. (Circular técnica, 21).
- FERREIRA, J. M. S. et al. Pragas do coqueiro. In: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A., (Eds.). **A cultura do coqueiro no Brasil**. Brasília: Embrapa. p.189-267. 1998.
- GRULA, J. W.; MCCHESENEY, J. D.; TAYLOR, O. R. Aphrodisiac pheromones of the sulfur butterflies *Colias eurytheme* and *C. philodice* (Lepidoptera, Pieridae). **Journal of Chemical Ecology**, v. 6, n. 1, p. 241-256, jan. 1980. DOI 10.1007/BF00987543
- GU, S. H. et al. Sex pheromone recognition and immunolocalization of three pheromone binding proteins in the black cutworm moth *Agrotis ipsilon*. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v. 43, n. 3, p. 237-251, mar. 2013. DOI 10.1016/j.ibmb.2012.12.009
- HALL, J. P. W.; HARVEY, D. J. A survey of androconial organs in the Riodinidae (Lepidoptera). **Zoological Journal of the Linnean Society**, v. 136, n. 2, p. 171-197, set. 2002. DOI 10.1046/j.1096-3642.2002.00003.x
- HANSSON, B. S. Olfaction in Lepidoptera. **Experientia**, v. 51, n. 11, p. 1003-1027, nov. 1995. DOI 10.1007/BF01946910
- HOWARD, F. W. et al. **Insects on palms**. CABI Publishing: New York, 2001. 400p.
- LEE, S. G.; VICKERS, N. J.; BAKER, T. C. Glomerular targets of *Heliothis subflexa* male olfactory receptor neurons housed within long trichoid sensilla. **Chemical Senses**, v. 31, n. 9, p. 821-834, nov. 2006. DOI 10.1093/chemse/bjl025
- LIU, Hongxia et al. Scanning electron microscopy studies of antennal sensilla of *Isoceras sibirica* Alpheraky (Lepidoptera, Cossidae). In: Annales de la Société entomologique de France (ns). **International Journal of Entomology**, fev. 2014. p. 350-357. DOI 10.1080/00379271.2014.981405
- MA, M. et al. Ultrastructure of sensilla of antennae and ovipositor of *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae), and location of female sex pheromone gland. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 1-11, jan. 2017. DOI 10.1038/srep40637
- MANN, F. et al. 3-Acetoxy-fatty acid isoprenyl esters from androconia of the Ithomiini butterfly *Ithomia salapia*. **Beilstein Journal of Organic Chemistry**, v. 16, n. 1, p. 2776-2787, nov. 2020. DOI 10.3762/bjoc.16.228
- MANN, F. et al. The scent chemistry of Heliconius wing androconia. **Journal of Chemical Ecology**, v. 43, n. 9, p. 843-857, set. 2017. DOI 10.1007/s10886-017-0867-3
- MARCICANO, M. D. L. et al. Parasitism of *Brassolis sophorae laurentii* Stichel (Lepidoptera: Nymphalidae, Brassolinae) Pupae by *Conura morleyi* (Ashmead) (Hymenoptera: Chalcididae, Chalcidini), in the State of Alagoas, Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 36, p. 629-631, Jul.-Aug. 2007. DOI 10.1590/s1519-566x2007000400026

- MASTELIĆ, J.; JERKOVIĆ, I.; MESIĆ, M. Volatile constituents from flowers, leaves, bark and wood of *Prunus mahaleb* L. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 21, n. 2, p. 306-313, out. 2006. DOI 10.1002/ffj.1596
- MELLIGAN, F. et al. Hydro-pyrolysis of biomass and online catalytic vapor upgrading with Ni-ZSM-5 and Ni-MCM-41. **Energy & Fuels**, v. 26, n. 10, p. 6080-6090, set. 2012. DOI 10.1021/ef301244h
- MOBARAK, S. H. et al. The importance of leaf surface wax as short-range attractant and oviposition stimulant in a generalist Lepidoptera. **Journal of Applied Entomology**, v. 144, n. 7, p. 616-631, jun. 2020. DOI 10.1111/jen.12769
- NOBRE, C. E. B. et al. Specialized androconial scales conceal species-specific semiochemicals of sympatric sulphur butterflies (Lepidoptera: Pieridae: Coliadinae). **Organisms Diversity & Evolution**, v. 21, n. 1, p. 93-105, jan. 2021. DOI 10.1007/s13127-020-00475-8
- OLIVEIRA, T. A. et al. **Lepidópteros desfolhadores de palma-de-óleo no Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2018. 64p. (Documentos, 434).
- ÔMURA, H.; HONDA, K. Chemical composition of volatile substances from adults of the swallowtail, *Papilio polytes* (Lepidoptera: Papilionidae). **Applied Entomology and Zoology**, v. 40, n. 3, p. 421-427, nov. 2005. DOI 10.1303/aez.2005.421
- ÔMURA, H.; NOGUCHI, T.; OHTA, S. The male swallowtail butterfly, *Papilio polytes*, uses cuticular hydrocarbons for mate discrimination. **Animal Behaviour**, v. 170, p. 133-145, dez. 2020. DOI 10.1016/j.anbehav.2020.10.016
- ÔMURA, H.; YOTSUZUKA, S. Male-specific epicuticular compounds of the sulfur butterfly *Colias erate poliographus* (Lepidoptera: Pieridae). **Applied Entomology and Zoology**, v. 50, n. 2, p. 191-199, fev. 2015. DOI 10.1007/s13355-015-0321-3
- PINO, J.; MARBOT, R.; ROSADO, A. Volatile constituents of star apple (*Chrysophyllum cainito* L.) from Cuba. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 17, n. 5, p. 401-403, Abr. 2002. DOI 10.1002/ffj.1116
- PIVETTA, K. F. L. et al. Conservation and use of palm trees in Brazil's landscaping. In: International Conference on Landscape and Urban Horticulture, 2, 2009, Bologna. **Acta Horticulturae**, Bologna: ISHS, 2009. DOI 10.17660/ActaHortic.2010.881.172
- RAJASHEKAR, Y. et al. Isolation and characterization of biofumigant from leaves of Lantana camara for control of stored grain insect pests. **Industrial Crops and Products**, v. 51, p. 224-228, nov. 2013. DOI 10.1016/j.indcrop.2013.09.006
- RAJASHEKAR, Y. Toxicity of coumaran to stored products beetles. **Journal of Stored Products Research**, v. 69, p. 172-174, out. 2016. DOI 10.1016/j.jspr.2016.07.006
- RUSZCZYK, A.; RIBEIRO, J. C. Mortalidade dos parasitoides *Spilochalcis morleyi* (Hymenoptera, Chalcididae) e *Xanthozona melanopyga* (Diptera, Tachinidae) em pupas femininas e masculinas de *Brassolis sophorae* (Lepidoptera, Nymphalidae). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 58, p. 633-637, nov. 1998. DOI 10.1590/S0034-71081998000400010

SALGADO-NETO, G.; DI MARE, R. A. Morfometria e mortalidade em pupas e adultos de *Brassolis astyra* (Nymphalidae, Morphinae). **Iheringia. Série Zoologia**, v. 99, p. 194-199, jun. 2009. DOI 10.1590/S0073-47212009000200012

SASAERILA, Y. et al. Specificity of communication channels in four limacodid moths: *Darna bradleyi*, *Darna trima*, *Setothosea asigna*, and *Setora nitens* (Lepidoptera: Limacodidae). **Chemoecology**, v. 10, n. 4, p. 193-199, dez. 2000. DOI 10.1007/PL00001822.

SCHARF, M. E.; NGUYEN, S. N.; SONG, C. Evaluation of volatile low molecular weight insecticides using *Drosophila melanogaster* as a model. **Pest Management Science**, v. 62, n. 7, p. 655-663, jul. 2006. DOI 10.1002/ps.1222

SILVA, P. H. S. et al. **Insetos associados ao babaçu (*Orbignya* spp.) no estado do Piauí**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2001. 22p. (Documentos, 63)

STANGE, G.; STOWE, S. Carbon-dioxide sensing structures in terrestrial arthropods. **Microscopy Research and Technique**, v. 47, n. 6, p. 416-427, dez. 1999.

WANG, H. L. et al. Identification and biosynthesis of novel male specific esters in the wings of the tropical butterfly, *Bicyclus martius sanaos*. **Journal of Chemical Ecology**, v. 40, n. 6, p. 549-559, jun. 2014. DOI 10.1007/s10886-014-0452-y

WEE, S. L.; OH, H. W.; PARK, K. C. Antennal sensillum morphology and electrophysiological responses of olfactory receptor neurons in trichoid sensilla of the diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). **Florida Entomologist**, v. 99, n. sp1, p. 146-158, jun. 2016. DOI 10.1653/024.099.sp118

WU, S.; XU, T.; HUANG, D. Chemical compositions of the volatile extracts from seeds of *Dendranthema nankingense* and *Borago officinalis*. **Journal of Food and Drug Analysis**, v. 23, n. 2, p. 253-259, jun. 2015. DOI 10.1016/j.jfda.2014.10.006

YANG, S. et al. Scanning electron microscopy study of the antennal sensilla of *Monema flavescens* Walker (Lepidoptera: Limacodidae). **Neotropical Entomology**, v. 46, n. 2, p. 175-181, abr. 2017. DOI 10.1007/s13744-016-0450-6

4. Dimorfismo sexual e análise molecular de *Coraliomela brunnea* (Thunberg, 1821) (Coleoptera: Chrysomelidae)

Resumo: A falsa-barata *Coraliomela brunnea* (Thunberg, 1821) (Coleoptera: Chrysomelidae) é uma praga que vem ganhando importância em coqueiros jovens. Os insetos adultos e, principalmente as larvas, consomem o tecido foliar, atrasando o desenvolvimento vegetativo e o início da produção. A identificação e diferenciação sexual é fundamental para estudos de biologia e comportamento dos insetos, podendo contribuir para o seu manejo. Com isso, o presente capítulo teve como objetivo analisar características morfológicas e moleculares de adultos de *C. brunnea* que permitissem a diferenciação sexual. Os insetos foram coletados em coqueiros jovens no município de São Miguel dos Milagres, Alagoas. Foram analisadas as características morfológicas como as dimensões corporais entre os diferentes sexos. As antenas foram usadas para análise de microscopia eletrônica de varredura, para caracterização das sensilas presentes. Para análise molecular, foi realizada a extração e amplificação do fragmento de citocromo oxidase I (COI) do DNA mitocondrial. As fêmeas de *C. brunnea* têm o corpo mais comprido e largo, e o quinto urosternito mais longo do que os machos, possibilitando a diferenciação do sexo nos adultos. As características visuais no formato quinto urosternito de machos e fêmeas de *C. brunnea* possibilitam a diferenciação do sexo nos adultos. Nas antenas de *C. brunnea*, as estruturas sensoriais são sensilas do tipo tricoide, sem diferença entre sexos. A amplificação do fragmento do COI do DNA mitocondrial de *C. brunnea* resultou em uma sequência com 729 pb.

Palavras-chave: Características morfológicas; identificação molecular; pragas de Arecaceae.

Ultraestrutura de antenas e evidências de composto feromonal em asas de *Brassolis sophorae* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Nymphalidae)

Abstract: *Brassolis sophorae* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Nymphalidae) é uma praga desfolhadora de Arecaceas que provoca redução da área foliar e prejudica o desempenho das plantas. Buscando evidências da comunicação química entre os indivíduos dessa espécie, objetivou-se investigar as estruturas sensoriais presentes nas antenas e caracterização dos compostos presentes nas asas de *B. sophorae*. Os insetos foram coletados em fase de lagarta, no município de Marechal Deodoro, Alagoas. As observações morfológicas dos insetos adultos foram realizadas em 20 exemplares de ambos os sexos. As antenas foram usadas para análise de microscopia eletrônica de varredura para caracterização das sensilas presentes. As partes das asas que apresentaram características de dimorfismo sexual em machos e fêmeas virgens foram extraídas por imersão em hexano (grau HPLC) e os extratos obtidos analisados por cromatografia gasosa acoplada ao detector de ionização em chamas, seguindo-se análise por cromatografia gasosa acoplada a espectrômetro de massas para identificação dos compostos ativos. A atividade dos compostos foi analisada previamente por cromatografia gasosa acoplada a eletroantenografia, em que foram usados extratos de parte de asa posterior de macho em antenas de fêmea. Nas antenas de *B. sophorae*, as estruturas sensoriais presentes são sensilas de três tipos: tricoide, caética e celocônicas, sem diferença entre sexos. Em asas posteriores de machos de *B. sophorae* existe a presença de androcônia, uma estrutura que pode estar associada à liberação do composto macho-específico coumarano, que apresenta atividade para fêmeas. Compostos alcanos de cadeia longa são componentes em parte de asas de machos e fêmeas, sendo o pentacosano ativo para fêmeas de *B. sophorae*.

Palavras-chave: Androcônia; Dimorfismo sexual; Feromônio; Praga desfolhadora.

ABSTRACT

4.1. INTRODUÇÃO

A falsa-barata *Coralimela brunnea* (Thunberg, 1821) (Coleoptera: Chrysomelidae) é considerada importante praga em coqueiros jovens. A espécie é amplamente distribuída na região Nordeste do Brasil. Os adultos e, principalmente larvas, podem causar severos danos às plantas, atrasando o desenvolvimento vegetativo e o início da produção. Ao eclodirem, as larvas migram para a folha central, onde se alimentam dos tecidos mais tenros, causando inúmeras perfurações nas folhas. Com esse dano, o ataque da praga é facilmente identificado no campo (BRAGA SOBRINHO et al., 1998; FERREIRA; LINS, 2006).

O adulto de *C. brunnea* possui coloração vermelha e mede entre 2,3 e 2,5 cm de comprimento, apresenta uma listra preta no pronoto, élitros rugosos, abdome preto com margens vermelhas, antenas pretas, e pernas vermelhas e pretas (FERREIRA; MORIN, 1986; FERREIRA; LINS, 2006). Segundo Jung e Monné (2006), *C. brunnea* se distingue de outras espécies do gênero por apresentar élitros completamente avermelhados. O dimorfismo sexual descrito para os adultos é o tamanho do inseto, sendo a fêmea ligeiramente maior (FERREIRA; MORIN, 1986). No entanto, não há na literatura estudos sobre outras características morfológicas para o dimorfismo sexual em *C. brunnea*.

Em outras espécies da família Chrysomelidae, é evidente a dificuldade de se encontrar diferenças morfológicas externas entre machos e fêmeas (FERNANDES et al., 2005). Estudos morfométricos são essenciais para entomologia. Entre as suas contribuições, destacam-se a distinção entre espécies (GROLL; MOURA, 2017), comparação morfológica de estruturas internas e externas (SAROLI et al., 2016) e a distinção de traços morfológicos relacionados ao sexo (MARTÍNEZ et al., 2013).

A identificação das espécies e diferenciação entre sexos é fundamental para estudos sobre a biologia e comportamento dos insetos, sendo importante para o manejo de insetos-praga, pois, contribuem no desenvolvimento de técnicas de controle populacional, como na identificação de feromônios para uso no campo (VILELA; DELLA LUCIA, 2001; COLGONI; VAMOSI, 2006; TOLASCH et al., 2012).

Os caracteres morfológicos também direcionam a identificação dos insetos, geralmente por meio de conhecimento taxonômico especializado, chaves de identificação apropriadas e coleções de insetos. Além disso, técnicas de identificação molecular, podem contribuir nessa área, por meio de regiões gênicas padronizadas curtas. Porém, a eficácia da identificação baseada em DNA depende da disponibilidade de sequências em bancos de dados públicos para

comparação. Assim, torna-se uma importante contribuição a inclusão de novas sequências de espécies nessas bases de dados (HEBERT et al., 2003; LEVKANICOVA; BOCAK, 2009).

Com isso, o presente trabalho teve como objetivo analisar características morfológicas e moleculares de adultos de *C. brunnea* para contribuição no dimorfismo sexual e identificação desse inseto-praga.

4.2. MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1. Dimorfismo e análise morfométrica de adultos de *C. brunnea*

Os insetos (adultos e pupas) foram coletados de forma manual em coqueiros de fazenda na zona rural do município de São Miguel dos Milagres, Alagoas e transportados para o Laboratório de Pesquisa em Recursos Naturais (LPqRN) do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), no município de Rio Largo, Alagoas, onde foram acondicionados em gaiolas plásticas e alimentados com folhas de coqueiro até a realização das análises.

As análises morfométricas e dimorfismo foram realizadas com insetos mortos por meio do congelamento em freezer. As dimensões de comprimento e largura dos insetos adultos foram medidas com auxílio de paquímetro digital, até 70 insetos de cada sexo, após a medição identidade sexual de cada inseto foi confirmada por meio de dissecação para constatação de ovários ou edeago. A medida do comprimento da antena e do quinto urosternito e as análises das características morfológicas externas para dimorfismo sexual foram realizadas em 25 insetos de cada sexo, com o uso de estereoscópio (40 ×) equipado com câmera de alta resolução e as medidas realizadas usando o software PixelPro (©Labo America Inc.).

Os dados morfométricos foram analisados pelo teste de normalidade (Shapiro-Wilk), apresentado resultados não significativos ($P > 0,05$), e comparados pelo teste T, ao nível de 5% de probabilidade, usando o software estatístico SAS versão 9.0.

4.2.2. Microscopia eletrônica de varredura das antenas de *C. brunnea*

A análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV) das antenas foi realizada no Laboratório de Análise Instrumental do Departamento de Química do Instituto Federal de Alagoas (IFAL), Campus Maceió. Foram utilizadas antenas de espécimes de *C. brunnea* três machos e três fêmeas, confirmada por meio de dissecação. As antenas retiradas de insetos mortos por congelamento em freezer, foram imediatamente fixadas em solução de glutaraldeído a 2% em tampão fosfato (0,1 M PH 7) por 20 minutos, em seguida desidratadas por imersão

numa série de soluções de etanol com concentrações de 50%, 70%, 80% e 90% por dois minutos em cada solução, e logo após acondicionadas em etanol P.A.

Para análise, as antenas foram postas sobre uma superfície de papel para retirada do excesso de etanol e, posteriormente, montadas em base de metal sobre fita adesiva elétrica de sulfito de carbono, recebendo em seguida, um banho metálico em metalizador (Q150R ES, Quoron[®]). A corrente durante o processo de metalização com alvo de ouro foi de 45 mA durante 4 minutos. As antenas foram analisadas usando um microscópio eletrônico de varredura (INCAx-act, Oxford Instruments[®]).

A caracterização das sensilas foi realizada pelas observações da morfologia aparente, tamanho e forma da superfície dessas estruturas e comparação com a literatura sobre sensilas de insetos principalmente para Ordem Coleoptera.

O comprimento das sensilas foi medido em três antenas de machos e de fêmeas, sendo medidas 10 sensilas em três tipos de segmentos (basais, centrais e apicais) a partir das imagens capturadas do microscópio eletrônico de varredura por meio do software PixelPro (©Labo America Inc.). Os dados foram analisados pelo teste de normalidade (Shapiro-Wilk), apresentado resultados significativos ($P < 0,05$), transformados por $\log_{10}(x)$ e comparados pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, usando o software estatístico SAS versão 9.0.

4.2.3. Análise molecular de *C. brunnea*

As análises foram realizadas no Laboratório de Fitopatologia Molecular no CECA da UFAL, no município de Rio Largo, Alagoas.

As pernas posteriores de dois espécimes foram macerados separadamente em um eppendorf de 1,5 mL contendo 100 µL de solução de chelex 100 a 6% (diluído em H₂O) (OMONGO et al., 2018). Em seguida, o material resultante foi agitado em vortex e centrifugado a 5 °C até atingir 13.000 rpm. Logo após, o material foi incubado em banho-maria a 57 °C por 15 minutos, agitado em vortex e centrifugado a 5 °C até atingir 13.000 rpm, incubado em banho maria a 99 °C por 8 minutos e novamente agitado em vortex. O material foi novamente centrifugado a 5 °C e 13.000 rpm por 5 minutos, e a fase intermediária foi coletada e conservada no freezer a -20°C.

Para a amplificação do fragmento de Citocromo c oxidase subunidade I (COI) do DNA mitocondrial, foram utilizados primers específicos para insetos, nomeados LCO 1490 forward GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG e HCO 2198 reverse TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA. Para isso, em um eppendorf de 0,2 mL, foi adicionado 15 µL de AMPLIQON (Taq DNA Polymerase 2× Master Mix RED/1.5 mM MgCl₂)

juntamente com 1 µL do DNA de cada amostra. A reação de amplificação foi realizada em um termociclador (MaxyGene II, Axygen®), onde os ciclos de temperatura consistiram de desnaturação inicial a 94 °C por 3 minutos, seguida de 35 ciclos de desnaturação a 94 °C por 30 segundos, anelamento a 50 °C por 30 segundos e extensão a 72 °C por 1 minuto, seguidos de extensão final a 72 °C por 10 minutos. O resultado da amplificação por reação em cadeia da polimerase (PCR) foi verificado por eletroforese em gel de agarose a 1,2%, sendo adicionada na placa uma mistura contendo 5 µL da amostra com 2 µL de azul de bromofenol.

As amostras da espécie com boa qualidade de amplificação foram sequenciadas bidirecionalmente na Macrogen Inc. (Korea), Seul, Coreia do Sul. Os arquivos de rastreamento (trace files)/cromatogramas das sequências do COI foram editados manualmente, usando o software CodonCode (CodonCode Corporation). Sequências de baixa qualidade foram excluídas durante a análise dos dados.

4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os adultos de *C. brunnea* apresentam medidas morfométricas diferentes entre machos e fêmeas. As fêmeas foram significativamente maiores do que os machos no comprimento (gl=138; t=12,24; p=<0,0001) e a largura (gl=138; t=7,23; p=<0,0001) do corpo. Diferença significativa também foi observada no comprimento do quinto urosternito (gl=48; t=2,27; p=0,0291). Não foi observada diferença estatística para o comprimento das antenas (gl=48; t=1,38; p=0,1745) (Tabela 3).

Tabela 3. Dimensões corporais (mm) de fêmea e macho de *Coralimela brunnea* (média ± desvio padrão)

Dimensão corporal	Fêmea	Macho	P- Valor
Comprimento	25,64±0,69a	24,00±0,88b*	<0,0001
Largura	10,76±0,50a	10,19±0,43b	<0,0001
Comprimento do 5º urosternito	2,95±0,26a	2,70±0,46b	0,0291
Comprimento da antena	8,66±0,46a	8,49±0,42a	0,9416

*Letras diferentes na mesma linha representam diferença significativa pelo Teste T ao nível de 5% de probabilidade.

O comprimento e a largura são características descritas como dimorfismo sexual de *C. brunnea*, sendo a fêmea maior que o macho, com média de 25 e 23 mm de comprimento e 11 e 10 mm de largura para fêmeas e machos, respectivamente (FERREIRA; MORIN, 1986), corroborando o que foi observado no presente trabalho, porém, com menor diferença de

tamanho entre os sexos, observando-se diferença de 6,4% para comprimento e 5,3% para largura entre fêmeas e machos (Tabela 3).

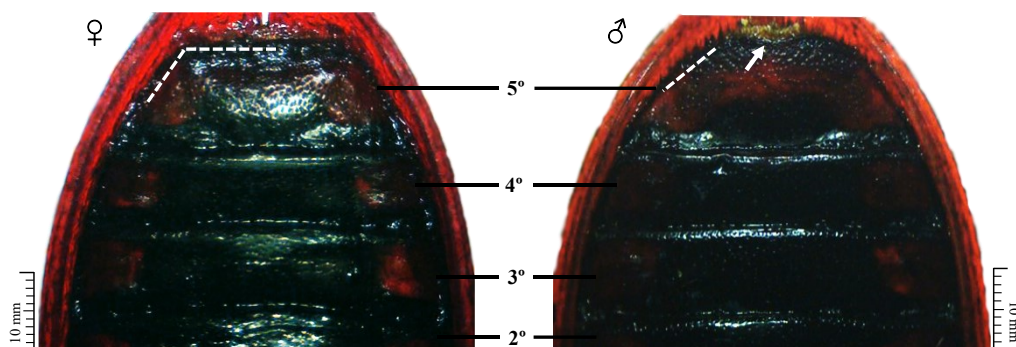
As variáveis ambientais podem afetar o desenvolvimento de fêmeas e machos de forma diferente, gerando variação no dimorfismo sexual dos insetos, isso foi observado em laboratório com *Callosobruchus maculatus* (Fabricius, 1775) (Coleoptera: Chrysomelidae), em que, a temperatura de criação induz resposta sobre o tamanho do corpo, criando uma variação substancial no dimorfismo sexual; as fêmeas foram maiores que os machos em todas as temperaturas, porém, a percepção dessa característica de dimorfismo é menor com grandes variações de temperatura (STILLWELL; FOX, 2007; HALLSSON; BJÖRKLUND, 2012).

Na família Chrysomelidae, é comum o dimorfismo sexual pelo tamanho, sendo essa característica associada às funções biológicas, principalmente de caráter reprodutivo. Para as fêmeas, o maior tamanho reflete na fertilidade, enquanto, nos machos é investida em estruturas associadas ao acasalamento (CANTO et al., 2019). Nas pragas de grãos armazenados, os machos são maiores em *Stator limbatus* (Horn, 1873) e as fêmeas são maiores em *C. maculatus*, com isso, foi observado que os machos de *S. limbatus* são afetados na seleção sexual pela quantidade ejaculada, porém isso não ocorre com *C. maculatus*, pois é maior a correlação entre o tamanho da fêmea e sua fecundidade (SAVALLI; FOX, 1998; 1999). Em *Acanthoscelides obtectus* (Say, 1831) (Chrysomelidae), as fêmeas são maiores, porém, apresentam abdome mais curto. Com isso, verificou-se que, para os machos, o tamanho é a característica mais proeminente na seleção sexual, entretanto, para as fêmeas, independe do tamanho (BUDEČEVIĆ et al., 2021).

Os segmentos abdominais dos coleópteros também são descritos como estruturas de dimorfismo entre os sexos, principalmente por apresentar características visíveis. Em *Metaxyonycha angusta* (Perty, 1832) (Chrysomelidae), além da fêmea ser maior que o macho, no final do quinto uroesternito, nota-se um recorte mais profundo em fêmeas, sendo essa característica visual pertinente para realizar a diferenciação entre os sexos (FERNANDES et al., 2005).

Em relação às características visuais em *C. brunnea*, foi observado no quinto uroesternito, formato que difere entre machos e fêmeas. Nos machos, a margem posterior apresenta um formato arredondado e, nas fêmeas, a margem posterior desse mesmo segmento apresenta-se reta (Figura 8). Nos machos, também foi observada uma cavidade na margem posterior do quinto uroesternito, porém não é uma característica inata, tendo em vista que não foi verificada em todos os espécimes analisados, essa característica pode estar associada a um desgaste pela exposição do edeago durante o acasalamento (Figura 8).

Figura 8. Características de dimorfismo sexual no abdome de fêmea (♀) e macho (♂) de *Coraliomela brunnea* (vista ventral) com indicação dos segmentos abdominais. (↑) (--) Indicação de característica de dimorfismo.



Fonte: Autor, 2022

As antenas de *C. brunnea* são do tipo setácea, curtas, grossas em sua base, afinando-se gradualmente até o ápice, possuem 11 segmentos que alcançam a margem posterior do protórax (JUNG; MONNÉ, 2006). Foi observado que o comprimento das antenas de *C. brunnea* não difere entre os sexos, diferente da espécie *Demotispia neivai* (Bondar, 1940) (Chrysomelidae), também considerada praga de Arecaceae, cujos machos apresentam corpo mais largo e antenas mais longas que as fêmeas, podendo estas características ser usadas para diferenciação dos sexos (MARTÍNEZ et al., 2013).

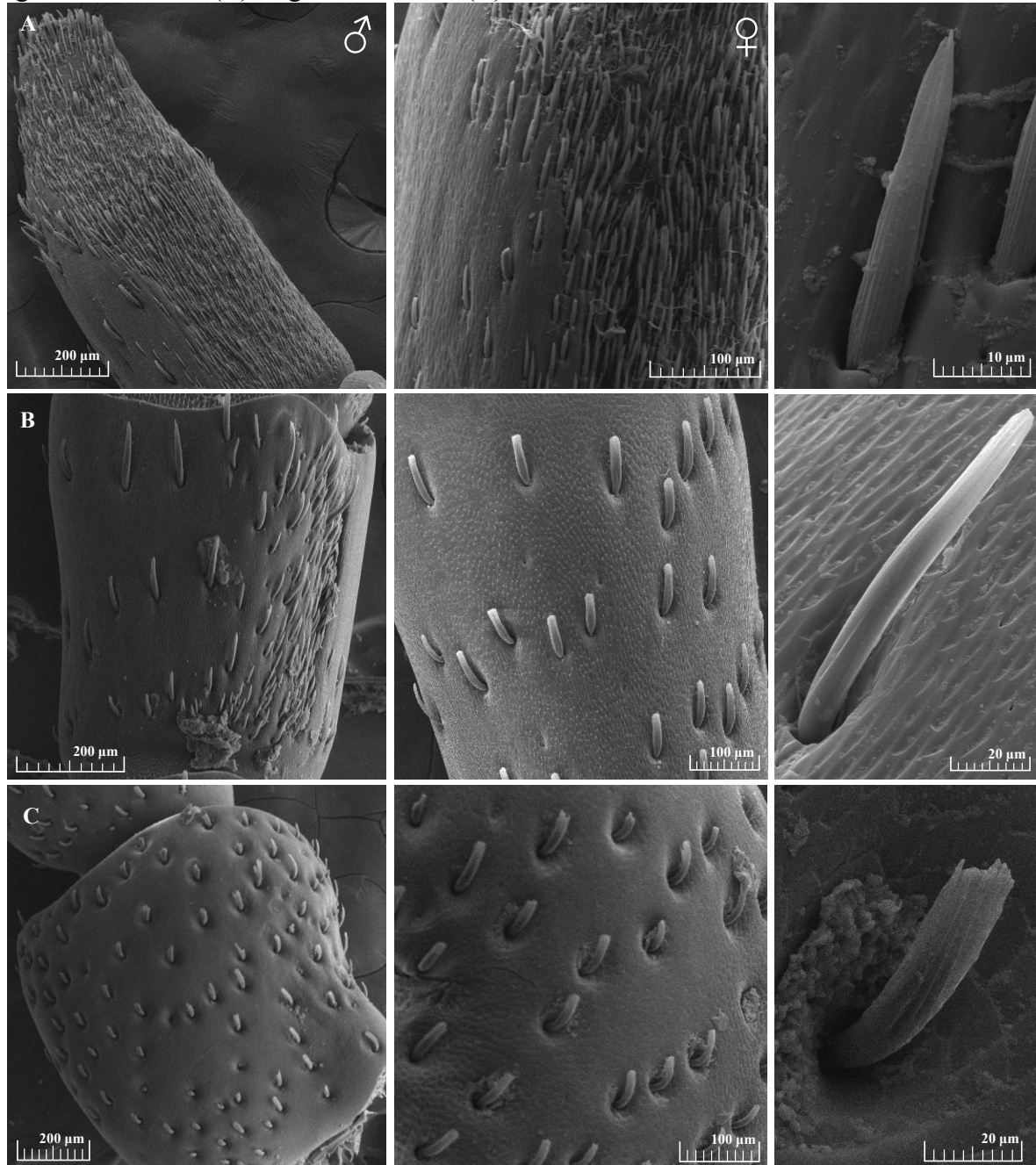
Nas antenas de machos e fêmeas de *C. brunnea*, observa-se a presença de sensilas do tipo tricoide distribuídas em toda a extensão, sem diferença entre os sexos, sendo observada maior quantidade de sensilas na parte mais apical da antena (Figura 9). Em relação à morfologia das sensilas tricoides, verificam-se ranhuras transversais, acentuada inclinação e extremidade apical afilada. Essas sensilas estão envolvidas na percepção de feromônio sexual e na detecção de odor do hospedeiro (HANSSON, 1995).

Em espécies de Chrysomelidae, a presença mais abundante de sensilas do tipo tricoide é observada em *Ambrostoma quadriimpressum* (Motschulsky, 1845) (ZHANG et al., 2017), *Megabruchidius dorsalis* (Fåhræus, 1839) (CHEN et al., 2021) e *Ophraella comuna* LeSage, 1986 (MA et al., 2022), sendo encontrada em todos os segmentos antenais e sem diferença em relação à distribuição e número de sensilas observados entre os sexos.

Porém, podem ser observadas variações em relação ao número de sensilas distribuídas nos segmentos antenais entre machos e fêmeas, como verificado em *Callosobruchus chinensis* (Linnaeus, 1758) (Chrysomelidae) em que, o número de subtipos de sensilas tricoides é maior em machos, diferentemente da espécie *C. maculatus*, na qual as fêmeas apresentam maior

abundância. Essa característica é uma evidência relacionada à recepção de feromônios sexuais (HU et al., 2009; WANG et al., 2018).

Figura 9. Microscopia eletrônica de varredura (MEV) das antenas de machos (♂) e fêmeas (♀) de *Coraliomela brunnea* com a presença de sensilas do tipo tricoide. Segmentos apicais (A); segmentos centrais (B); segmentos basais (C)



Fonte: Autor, 2022

Em antenas de *Callosobruchus rhodesianus* (Pic, 1902) (Chrysomelidae), dentre os tipos de sensilas observadas, um subtipo de tricoide foi o mais numeroso e longo, tendo maior

abundância em machos, sendo constatado que essa diferença beneficia os machos na busca de parceiros, tendo em vista, que esse tipo de sensila é quimiorreceptora (FUKUDA et al., 2016).

Para *C. brunnea*, observou-se diferença estatística no comprimento das sensilas presentes nos segmentos das antenas em machos de ($gl=2$; $f=11,81$; $p<0,0001$). Nos segmentos basais, nota-se o menor tamanho das sensilas, com diferença significativa em relação às de fêmeas ($gl=1$; $f=4,39$; $p=0,0377$) (Tabela 4). Verifica-se na Figura 9 que as sensilas basais têm aspecto de danificadas, o que pode estar associado ao comportamento frequente dos insetos de atrito dos tarsos das pernas anteriores com as antenas.

Tabela 4. Comprimento das sensilas do tipo tricoide presentes em antenas de machos e fêmeas (n=3) de *Coralimela brunnea*

Segmentos	Média em μm (intervalo de confiança 95%)	
	Macho	Fêmea
Apicais	62,69 Ba (58,24-67,14)	66,27 Aa (57,64-74,90)
Centrais	75,85 Aa (66,88-84,81)	68,42 Aa (64,79-72,04)
Basais	52,63 Cb (48,64-56,63)	61,33 Aa (57,91-64,76)

*Médias seguidas por letras maiúscula na coluna e minúscula na linha distintas diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância. Dados transformados em $\log_{10}(x)$. Coeficiente de Variação = 5,75%

Peng et al. (2018), analisando a importância das antenas no acasalamento de *Octodonta nipae* (Maulik, 1921) (Chrysomelidae), observaram que os flagelômeros do 5º ao 9º, os segmentos centrais e apicais, apresentam abundância de sensilas do tipo tricoide, principalmente nos machos, e esses segmentos foram mais importantes para sucesso no acasalamento dessa espécie.

Outras estruturas podem ser observadas para o dimorfismo sexual de espécies de Chrysomelidae, como a presença de esporões apicais na mesotíbia e metatíbia, observados apenas em machos das espécies *Coelomera lanio* (Dalman, 1823) (SILVEIRA et al., 2000) e *Caraguata guaporensis* Bechyné, 1958 (GROLL; MOURA, 2017). No presente trabalho, não foi verificada a presença dessas estruturas em *C. brunnea*.

A presença de cerdas com função adesiva nos tarsômeros basais das pernas protorácicas e mesotorácicas, é uma característica observada apenas em machos de espécies do gênero *Diabrotica* (GLOYNA et al., 2014; CARLI et al., 2018) e em *Chrysolina americana* (Linnaeus, 1758) e *Leptinotarsa decemlineata* (Say, 1824) (Chrysomelidae), onde essas estruturas estão associadas à fixação do macho nos élitros da fêmea durante a cópula e no comportamento de guarda do parceiro (VOIGT et al., 2008; VOIGT et al., 2017). O comportamento de guarda também é observado no acasalamento de *C. brunnea*.

A variação da forma das asas posteriores também é característica de dimorfismo descrito para *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte, 1868 (Chrysomelidae), em que, as fêmeas possuem asas mais longas que os machos (MIKAC et al., 2013; LEMIC et al., 2014).

Na análise molecular de *C. brunnea*, observou-se resultado satisfatório da eletroforese para a amplificação do fragmento COI do DNA mitocondrial. A sequência final apresentou 729 pares de base, em que foi obtido a seguinte sequência:
 GTTCCTTCCCAGGGGGCGCACAGCAATGCATTGCTTGTAACCCCCTACTGGAGG
 TTAGGGTGGCCGTTGTAGGTTCAACCCCCAGCAACCTTAAAACCGGCCGGGCCTG
 TGGGTGCCCCGACTTTCTTTTTTTTTTTTTTTCTCAAAGAATCAAAAAATAAAATCT
 AAATAGGTGGGAAAGTGTCCCCCTCCCCCGGACACAAAAAATGAAAAAATTAA
 GTAATTTATGGTCAAATGGAAGGCCARGATCATCTTCCAAATAATACAATGAAGA
 AGAAGTAATAATCCCGCACCCCCCAAGCCCTAAAAAATTAAGGTAATTATTCCTT
 AGTCAAATGGAGGATTTGGAAAGACGATAATTCCCCTAATAAAAAAGAACCCCC
 CTAAAATTTAGGAAGAAACAATTAAAATTAAGGGAAAAAAAATTCCACCTCTTT
 AACCTTTTTTTTTTCCAGGAGAATAGGAAAAAAGGGGCGGGGCTCGGTCCAACCT
 TTTCCCCCTTTTTTTTTTTTATTTTGAACAAGGAGAAATTTCAAAGAAGGGGGGA
 ATTCTTCCATAAATTTAGGTGGAATTTTGGTAAAGTTTGGAGGGGGTTATTTTTTT
 AAAAAAATATTTAAGTACGTTCAAATTCCTCATTTTTTAATCAAAAACCTTAAA
 AAAAAAAGGGGTAGGAATGTCCGATTTTTTAACAATTTTTTTTAAAACCTTTTTT
 TCCAAGGAAAAA. A análise realizada é primeira para a gênero *Coralimela* a ser depositadas nos bancos de dados GenBank e BoldSystems.

Para pragas de coqueiro que apresentam semelhanças morfológicas e biológicas, como *Octodonta nipae* (Maulik, 1921) e *Brontispa longissima* (Gestro, 1885) (Chrysomelidae), a técnica de identificação molecular usando região COI do mtDNA e região ITS-1 do rDNA mostrou-se eficiente para identificação das pragas por meio da análise dos produtos de PCR em eletroforese em gel, contribuindo para manejo quarentenário dessas duas pragas (ZHANG et al., 2015). A identificação molecular por meio de biblioteca de referência com COI extraídos de espécies de Chrysomelidae mostrou-se eficiente para identificação desses insetos desfolhadores na região euro-mediterrânica (MAGOGA et al., 2018).

4.4. CONCLUSÃO

As fêmeas de *C. brunnea* têm o corpo mais comprido e largo, e o quinto urosternito mais longo do que os machos. As características visuais no formato quinto uroesternito de machos e fêmeas de *C. brunnea* possibilitam a diferenciação do sexo nos adultos.

Nas antenas de *C. brunnea* as estruturas sensoriais são sensilas do tipo tricoide, sem diferença entre sexos.

A amplificação do fragmento do COI do DNA mitocondrial de *C. brunnea* resultou em uma sequência com 729 pb.

REFERÊNCIAS

BRAGA SOBRINHO, R.; CARDOSO, J. E.; FREIRE, F. C. O. **Pragas de fruteiras tropicais de importância agroindustrial**. Brasília: Embrapa, 1998, 209 p.

BUDEČEVIĆ, S. et al. Sexual Dimorphism and Morphological Modularity in *Acanthoscelides obtectus* (Say, 1831) (Coleoptera: Chrysomelidae): A Geometric Morphometric Approach. **Insects**, v. 12, n. 4, p. 350, abr., 2021. DOI 10.3390/insects12040350

CANTO, A.; RODRÍGUEZ, R.; REYES-NOVELO, E. Relationship between the weights of seed beetles of the genus *Megacerus* Fähræus, 1839 (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) and their host seeds of the family Convolvulaceae. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 1-10, jun., 2019. DOI 10.1038/s41598-019-44761-8

CARLI, M. et al. Sexual dimorphism in *Diabrotica speciosa* and *Diabrotica viridula* (Coleoptera: Chrysomelidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 62, p. 172-175, mai., 2018. DOI 10.1016/j.rbe.2018.04.004

CHEN, S. et al. Ultrastructure of the Sensilla on the Antennae and Mouthparts of Bean Weevils, *Megabruchidius dorsalis* (Coleoptera: Bruchinae). **Insects**, v. 12, n. 12, p. 1112, dez., 2021. DOI 10.3390/insects12121112

COLGONI, A.; VAMOSI, S. M. Sexual dimorphism and allometry in two seed beetles (Coleoptera: Bruchidae). **Entomological Science**, v. 9, n. 2, p. 171-179, jun., 2006. DOI 10.1111/j.1479-8298.2006.00164.x

FERNANDES, L. C.; ANJOS, N.; SILVEIRA, R. D. Dimorfismo sexual em *Metaxyonycha angusta* (Perty, 1832) (Coleoptera: Chrysomelidae). **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 27, n. 2, p. 125-127, abr.-jun., 2005.

FERREIRA, J. F. S.; MORIN, J. P. **A barata-do-coqueiro *Coralimela brunnea* Thumb. (Coleoptera: Chrysomelidae)**. Aracaju: Embrapa, 1986, 10 p. (Circular Técnica).

FERREIRA, J. M. S.; LINS, P. M. P. Pragas do coqueiro. In: FERREIRA, J. M. S.; FONTES, H. R. (Ed.). **Produção integrada de coco: identificação de pragas, doenças e desordens nutricionais e fisiológicas**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2006, 88 p.

FUKUDA, K. et al. Sexual difference in antennal sensilla abundance, density and size in *Callosobruchus rhodesianus* (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae). **Applied Entomology and Zoology**, v. 51, n. 4, p. 641-651, nov., 2016. DOI 10.1007/s13355-016-0441-4

GLOYNA, K. et al. New results on sexual differences in tarsal adhesive setae of *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte (Coleoptera, Chrysomelidae, Galerucinae). **European Journal of Environmental Sciences**, v. 4, n. 2, dez., 2014. DOI 10.14712/23361964.2014.3

- GROLL, E.; MOURA, L. A. Comparative morphology of two species of *Caraguata* Bechyné (Coleoptera, Chrysomelidae, Galerucinae, Galerucini). **Iheringia. Série Zoologia**, v. 107, 2017. DOI 10.1590/1678-4766e2017009
- HALLSSON, L. R.; BJÖRKLUND, M. Selection in a fluctuating environment and the evolution of sexual dimorphism in the seed beetle *Callosobruchus maculatus*. **Journal of Evolutionary Biology**, v. 25, n. 8, p. 1564-1575, mai., 2012. DOI 10.1111/j.1420-9101.2012.02541.x
- HEBERT, P. D. N. et al. Biological identifications through DNA barcodes. **Proceedings of the Royal Society of London B**, v. 270, p. 313-321, fev., 2003. DOI 10.1098/rspb.2002.2218
- HU, F.; ZHANG, G. N.; WANG, J. J. Scanning electron microscopy studies of antennal sensilla of bruchid beetles, *Callosobruchus chinensis* (L.) and *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae). **Micron**, v. 40, n. 3, p. 320-326, abr., 2009. DOI 10.1016/j.micron.2008.11.001
- JUNG, C. S.; MONNÉ, M. L. *Coralimela brunnea brunnea*: morfologia do adulto e sinonímias (Coleoptera, Chrysomelidae). **Iheringia. Série Zoologia**, v. 96, p. 377-381, set., 2006. DOI 10.1590/S0073-47212006000300015
- LEMIC, D.; BENÍTEZ, H. A.; BAŽOK, R. Intercontinental effect on sexual shape dimorphism and allometric relationships in the beetle pest *Diabrotica virgifera virgifera* LeConte (Coleoptera: Chrysomelidae). **Zoologischer Anzeiger-A Journal of Comparative Zoology**, v. 253, n. 3, p. 203-206, fev., 2014. DOI 10.1016/j.jcz.2014.01.001
- LEVKANICOVA, Z.; BOCAK, L. Identification of net-winged beetle larvae (Coleoptera: Lycidae) using three mtDNA fragments: a comparison of their utility. **Systematic Entomology**, v. 34, p. 210-221, mar., 2009. DOI 10.1111/j.1365-3113.2008.00457.x
- MA, C. et al. Scanning Electron Microscopic Analysis of Antennal Sensilla and Tissue-Expression Profiles of Chemosensory Protein Genes in *Ophraella communa* (Coleoptera: Chrysomelidae). **Insects**, v. 13, n. 2, p. 183, fev., 2022. DOI 10.3390/insects13020183
- MAGOGA, G. et al. Barcoding of Chrysomelidae of Euro-Mediterranean area: efficiency and problematic species. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 1-9, set., 2018. DOI 10.1038/s41598-018-31545-9
- MARTÍNEZ, L. C. et al. Morphology and morphometry of *Demotispa neivai* (Coleoptera: Chrysomelidae) adults. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 106, n. 2, p. 164-169, mar., 2013. DOI 10.1603/AN12013
- MIKAC, K. M.; DOUGLAS, J.; SPENCER, J. L. Wing shape and size of the western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) is related to sex and resistance to soybean-maize crop rotation. **Journal of Economic Entomology**, v. 106, n. 4, p. 1517-1524, ago., 2013. DOI 10.1603/EC13010
- OMONGO, C. A. et al. Occurrence of Bondar's Nesting Whitefly, *Paraleyrodes bondari* (Hemiptera: Aleyrodidae), on cassava in Uganda. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 62, n. 4 p. 257-259, 2018. DOI 10.1016/j.rbe.2018.10.001
- PENG, L. et al. Mate recognition and antennal morphology of *Octodonta nipae* (Coleoptera: Chrysomelidae) adults. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 21, n. 1, p. 268-278, mar., 2018. DOI 10.1016/j.aspen.2018.01.008

SAROLI, J. A.; CUTLER, G. C.; HILLIER, N. K. Morphological comparison of *Altica sylvia* Malloch, 1919 and *Mantura chrysanthemi* (Koch, 1803) (Coleoptera: Chrysomelidae: Galerucinae: Alticini), with a focus on sexual dimorphism. **The Coleopterists Bulletin**, v. 70, n. 4, p. 892-902, dez., 2016. DOI 10.1649/0010-065X-70.4.892

SAVALLI, U. M.; FOX, C. W. Sexual selection and the fitness consequences of male body size in the seed beetle *Stator limbatus*. **Animal Behaviour**, v. 55, n. 2, p. 473-483, fev., 1998. DOI 10.1006/anbe.1997.0622

SAVALLI, U. M.; FOX, C. W. The effect of male size, age, and mating behavior on sexual selection in the seed beetle *Callosobruchus maculatus*. **Ethology Ecology & Evolution**, v. 11, n. 1, p. 49-60, mai., 1999. DOI 10.1080/08927014.1999.9522841

SILVEIRA, R. D. et al. Dimorfismo sexual em *Coelomera lanio* (Dalman) (Coleoptera: Chrysomelidae). **Agro-Ciência**, v. 16, n. 2, p. 265-268, 2000.

STILLWELL, R. C.; FOX, C. W. Environmental effects on sexual size dimorphism of a seed-feeding beetle. **Oecologia**, v. 153, n. 2, p. 273-280, abr., 2007. DOI 10.1007/s00442-007-0724-0

TOLASCH, T.; KEHL, S.; DÖTTERL, S.. First sex pheromone of the order Strepsiptera: (3R, 5R, 9R)-3, 5, 9-Trimethyldodecanal in *Stylops melittae* Kirby, 1802. **Journal of Chemical Ecology**, v. 38, n. 12, p. 1493-1503, dez., 2012. DOI 10.1007/s10886-012-0215-6

VILELA, E. F.; DELLA LUCIA, T. M. C. **Feromônios de insetos**: biologia, química e aplicação. Ribeirão Preto: Holos, 2001. 206 p.

VOIGT, D. et al. Sexual dimorphism in the attachment ability of the Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae) to rough substrates. **Journal of Insect Physiology**, v. 54, n. 5, p. 765-776, mai., 2008. DOI 10.1016/j.jinsphys.2008.02.006

VOIGT, D.; TSIPENYUK, A.; VARENBERG, M. How tight are beetle hugs? Attachment in mating leaf beetles. **Royal Society Open Science**, v. 4, n. 9, p. 171108, set., 2017. DOI 10.1098/rsos.171108

WANG, H. et al. Morphology and distribution of antennal, maxillary palp and labial palp sensilla of the adult bruchid beetles, *Callosobruchus chinensis* (L.) (Coleoptera: Bruchidae). **Entomological Research**, v. 48, n. 6, p. 466-479, nov., 2018. DOI 10.1111/1748-5967.12296

ZHANG, J. et al. Morphology and distribution of the antennal sensillia of the leaf beetle, *Ambrostoma quadriimpressum* (Coleoptera: Chrysomelidae). **Transactions of the American Entomological Society**, v. 143, n. 4, p. 757-772, dez., 2017. DOI 10.3157/061.143.0406

ZHANG, X.; TANG, B.; HOU, Y. A rapid diagnostic technique to discriminate between two pests of palms, *Brontispa longissima* and *Octodonta nipae* (Coleoptera: Chrysomelidae), for quarantine applications. **Journal of Economic Entomology**, v. 108, n. 1, p. 95-99, jan., 2015. DOI 10.1093/jee/tou025

5. Compostos voláteis de folhas de coqueiro e hidrocarbonetos cuticulares ativos para *Coraliomela brunnea* (Thunberg, 1821) (Coleoptera: Chrysomelidae)

Resumo: A falsa barata-do-coqueiro *Coraliomela brunnea* (Thunberg, 1821) (Coleoptera: Chrysomelidae) é praga em cultivos de coqueiro, causando danos pela alimentação da larva, que faz perfurações nos folíolos, reduzindo a área foliar e provocando atraso no desenvolvimento de plantas jovens em viveiros e áreas recém-implantadas. Para contribuir com as estratégias de manejo comportamental dessa praga, objetivou-se analisar os compostos voláteis de folhas de coqueiro e os compostos presentes em partes do corpo de *C. brunnea* com verificação de atividade no comportamento dos insetos. As extrações dos voláteis de folíolos de coqueiros ocorreram através da técnica de headspace dinâmico. Os insetos adultos foram coletados em coqueiros no município de São Miguel dos Milagres, Alagoas, com os quais foram preparados extratos de partes de machos e fêmeas (pernas e élitro), sendo usado um exemplar por extrato, com três repetições. As partes do corpo dos insetos foram imersas em hexano (grau HPLC) por 5 minutos. A análise dos compostos foi realizada por cromatografia gasosa acoplada ao detector de ionização em chamas e cromatografia gasosa acoplada a espectrômetro de massas. Para verificar os compostos eletrofisiologicamente ativos, foi realizada a cromatografia gasosa acoplada à eletroantenografia. Foi realizada também a análise comportamental usando o olfatômetro em Y. Os extratos dos folíolos de coqueiro apresentaram quatro compostos voláteis, sendo o n-hexanal e (Z)-3-hexen-1-ol ativos para machos. Nos extratos de partes de *C. brunnea*, observou-se a presença de 16 compostos sem diferenças entre machos e fêmeas. Foi observada resposta das antenas de machos e fêmeas para dois compostos minoritários nos extratos de pernas, 9-pentacoseno e o 11-metilpentacosano, e o extrato de pernas de machos mostrou-se atrativo para fêmeas de *C. brunnea*.

Palavras-chave: Ecologia química; Feromônios de contato; Semioquímicos; Voláteis de folhas Verdes.

Ultraestrutura de antenas e evidências de composto feromonal em asas de *Brassolis sophorae* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Nymphalidae)

Abstract: *Brassolis sophorae* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Nymphalidae) é uma praga desfolhadora de Arecaceas que provoca redução da área foliar e prejudica o desempenho das plantas. Buscando evidências da comunicação química entre os indivíduos dessa espécie, objetivou-se investigar as estruturas sensoriais presentes nas antenas e caracterização dos compostos presentes nas asas de *B. sophorae*. Os insetos foram coletados em fase de lagarta, no município de Marechal Deodoro, Alagoas. As observações morfológicas dos insetos adultos foram realizadas em 20 exemplares de ambos os sexos. As antenas foram usadas para análise de microscopia eletrônica de varredura para caracterização das sensilas presentes. As partes das asas que apresentaram características de dimorfismo sexual em machos e fêmeas virgens foram extraídas por imersão em hexano (grau HPLC) e os extratos obtidos analisados por cromatografia gasosa acoplada ao detector de ionização em chamas, seguindo-se análise por cromatografia gasosa acoplada a espectrômetro de massas para identificação dos compostos ativos. A atividade dos compostos foi analisada previamente por cromatografia gasosa acoplada a eletroantenografia, em que foram usados extratos de parte de asa posterior de macho em antenas de fêmea. Nas antenas de *B. sophorae*, as estruturas sensoriais presentes são sensilas de três tipos: tricoide, caética e celocônicas, sem diferença entre sexos. Em asas posteriores de machos de *B. sophorae* existe a presença de androcônia, uma estrutura que pode estar associada à liberação do composto macho-específico coumarano, que apresenta atividade para fêmeas. Compostos alcanos de cadeia longa são componentes em parte de asas de machos e fêmeas, sendo o pentacosano ativo para fêmeas de *B. sophorae*.

Palavras-chave: Androcônia; Dimorfismo sexual; Feromônio; Praga desfolhadora.

5.1. INTRODUÇÃO

A falsa-barata-do-coqueiro *Coralimela brunnea* (Thunberg, 1821) (Coleoptera: Chrysomelidae) é uma praga que ataca plantas da família Arecaceae, com destaque para palmeiras dos gêneros *Syagrus* e *Allagoptera*, e para o coqueiro *Cocos nucifera* L. (BONDAR, 1940; FERREIRA; LINS, 2006), que tem grande importância econômica no Brasil, principalmente para a região Nordeste, que detém 82,9% da área plantada e 74% da produção nacional (IBGE, 2020).

Os adultos e, principalmente larvas, são responsáveis pelos danos causados às plantas. Os coqueirais recém-implantados são os que mais sofrem com o ataque da praga, atrasando o desenvolvimento vegetativo e início de produção, e em casos mais severos de infestação, podem levar as plantas à morte (FERREIRA; MORIN, 1986).

As plantas emitem compostos voláteis que frequentemente desempenham papéis importantes na interação planta-inseto. Esses compostos podem ser liberados por flores, para atrair polinizadores, ou por folhas, para deter herbívoros (DUFAÏ et al., 2003). Porém, os compostos de folhas verdes podem atuar como atrativos e ser usados em misturas para potencializar o uso de feromônios em campo (LI et al., 2012).

Segundo Beran et al. (2011), o sistema de comunicação intraespecífica em crisomelídeos é, principalmente, composto por feromônios de agregação produzidos pelos machos. Feromônios de agregação em crisomelídeos são mais diversos e apresentam estruturas mais simples, quando comparados com feromônios sexuais. Em algumas subfamílias de Chrysomelidae, existem relatos de feromônios de curta distância ou de contato, permitindo o reconhecimento coespecífico, sendo estes compostos, em sua maioria, formados por hidrocarbonetos simples, mono ou dimetil alcanos (SUGENO et al., 2006; KAWAZU et al., 2011).

Muitas espécies de insetos usam os Compostos Orgânicos Voláteis (COVs) presentes em suas cutículas na comunicação química, atuando como feromônios sexuais de curta distância (feromônios de contato). Estes influenciam no comportamento sexual e estão relacionados diretamente no sucesso de corte e cópula (BLOMQUIST et al., 1993). Para Peterson et al. (2007), o conhecimento do perfil cuticular dos insetos é importante para incrementar a eficiência das estratégias de manejo baseadas no comportamento sexual.

Não há relatos sobre estudos da ecologia química de *C. brunnea*, com isso, o conhecimento sobre compostos voláteis envolvidos na comunicação química dessa espécie pode contribuir em uma alternativa de manejo. Assim, objetivou-se analisar os compostos

voláteis de folhas de coqueiro e os compostos presentes em partes do corpo de *C. brunnea* com verificação de atividade no comportamento dos insetos.

5.2. MATERIAL E MÉTODOS

Os insetos adultos e pupas foram coletados em coqueiros na zona rural do município de São Miguel dos Milagres, Alagoas e transportados para o laboratório de Pesquisa em Recursos Naturais (LPqRN) do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), em Rio Largo, Alagoas, foram acondicionadas em gaiolas plásticas e alimentados com folhas de coqueiro até a realização dos experimentos (extração e bioensaios).

5.2.1. Obtenção dos compostos voláteis de folíolos de coqueiro

As extrações dos voláteis ocorreram através da técnica de headspace dinâmico em um sistema fechado de vidro, sob fluxo contínuo de ar sintético (1 L/min) previamente filtrado com carvão ativado. Os voláteis liberados pelas folhas dentro da câmara foram adsorvidos em uma coluna contendo 50 mg do polímero adsorvente Porapak (50-80 mesh, Waters Corporation), colocada na saída do sistema. Utilizaram-se três folíolos de coqueiro.

A dessorção dos compostos retidos no polímero adsorvente foi realizada após 24 horas, utilizando 500 µL de hexano HPLC bidestilado. Os extratos foram acondicionados em vials (vidros de borosilicato, 2 mL) e armazenados em freezer a -20 °C para análises posteriores.

5.2.2. Extração por solvente das partes de machos e fêmeas de *C. brunnea*

Os extratos de partes por solvente foram realizados com insetos adultos sem idade definida e sexagem realizada por dissecação para constatação de ovários ou de edeago.

Os insetos foram previamente selecionados, sendo usado um exemplar por extrato, sendo realizadas três repetições. Para facilitar o manuseio dos insetos, estes foram anestesiados no congelador por três minutos, posteriormente, foi realizado o desprendimento com auxílio de pinças entomológica das asas anteriores (élitros) e os três pares de pernas. As partes coletadas foram imersas em hexano (grau HPLC) em tubo de ensaio de 1,06 cm de diâmetro e 5 cm de comprimento por um período de 5 minutos, em que, para as pernas foram usados 300 µL e para os élitros 500 µL de hexano. Após o período, os sobrenadantes foram retirados com uma pipeta de Pasteur de vidro e transferidos para um vial com capacidade de 2 mL, e conservados em refrigeração (-20 °C) para posterior análise.

5.2.3. Análise dos extratos por cromatografia gasosa (GC-FID) e (GC-MS)

As análises dos extratos das partes ocorreram por meio de cromatografia gasosa acoplado a detector de ionização em chama (CG-FID) em que uma alíquota de 1 µL das amostras dos extratos das partes de machos e fêmeas (élitros e pernas) foram analisadas no modo “splitless” a 250 °C, e a detecção a 300 °C. A cromatografia foi realizada em coluna capilar NST-05 (30 m, 0,25 mm d. i., 0,25 µm; Restek®). As condições de análise para a separação dos componentes foi inicialmente de 70 °C, aumentando 7,5 °C por minuto até atingir 280 °C, mantida por 10 minutos. O gás de arraste utilizado foi o nitrogênio, com fluxo de 1,05 mL/min.

Com a análise dos cromatogramas obtidos, foi realizada a observação do perfil cromatográfico para identificação de compostos específicos entre as partes da asa e os sexos, e com a obtenção do tempo de retenção de cada composto na amostra, foi possível calcular o Índice de Retenção (IR), em que foi necessário analisar o padrão de n-alcenos de 7 a 30 átomos de carbono (SIGMA-ALDRICH) no mesmo equipamento e método usado nos extratos em modo “split”. Com isso, através dos tempos de retenção dos compostos das amostras e do padrão de alcenos, foi realizado o cálculo do IR de cada composto com base na equação 2, em que: tr_x = tempo de retenção dos compostos de interesse; y = número de carbonos do hidrocarboneto que elui antes do composto x ; z = número de carbonos do hidrocarboneto que elui depois do composto x .

$$IR = 100y + 100(z - y) * \frac{(tr_x - tr_y)}{(tr_z - tr_y)} \quad (2)$$

As análises dos extratos de headspace de folíolos de coqueiro e dos extratos de partes de *C. brunnea* foram realizadas em cromatografia gasosa acoplada ao espectrômetro de massas (CG-MS) em equipamento do modelo Shimadzu QP-2010 em coluna capilar ZB-5MS (60 m, 0,25 mm d. i., 0,25 µm; J & W Scientific, Folsom, Califórnia, EUA) com ionização por impacto de elétrons (70 eV) em modo splitless (250 °C). A programação de temperatura para análise dos extratos de headspace foi de 40 °C por 10 minutos, aumentando 5 °C por minuto até 150 °C, aumentando 15 °C por minuto até atingir 250 °C, com o hélio como gás de arraste com fluxo de 2,22 mL/min e para análise dos extratos de partes foi de 150 °C por 5 minutos, aumentando 8 °C por minuto até 300 °C, permanecendo nesta temperatura por 10 minutos, com o hélio como gás de arraste com fluxo de 1,20 mL/min, sendo usada uma alíquota de 1 µL dos extratos. Os

compostos foram identificados por meio das análises de fragmentação, índice de retenção e comparações com as bibliotecas NIST, WILEY e FFNSC do espectrômetro.

Para confirmar a identificação dos compostos, foram preparadas soluções de padrões analíticos comerciais (Sigma-Aldrich®), na concentração de 500 ppm, em solvente orgânico hexano HPLC e foram realizadas co-injeção de padrões nos mesmos parâmetros descritos para análises dos extratos.

A quantificação dos compostos dos extratos de partes foi realizada por meio de CG-FID equipado com coluna capilar NST-05 (30 m, 0,25 mm d. i., 0,25 µm; Restek®). O volume de injeção foi de 2 µL, sendo 1 µL da amostra e 1 µL do padrão interno, eicosano (C20), no modo “splitless”. A programação da temperatura da coluna foi de 70 °C, aumentando 25 °C por minuto até atingir 230 °C, e aumentando 7,5 °C por minuto até atingir 280 °C, sendo mantida por 10 minutos. A quantificação dos compostos foi realizada pelo método de normalização de áreas entre o padrão interno com concentração conhecida (10 ppm para extratos de élitro e 100 ppm para extratos de pernas) e os picos dos compostos presentes nas amostras.

5.2.4. Cromatografia gasosa acoplada a eletroantenografia (CG- EAG)

Para testar as respostas das antenas de machos e fêmeas de *C. brunnea*, foram utilizados como fonte de odor os extratos de headspace de folíolos de coqueiro e hexano HPLC, como controle, usando uma alíquota de 10 µL de cada tratamento na realização de cada puff. A gravação da resposta das antenas foi obtida através do software EAGPro versão 2.0.2.

Foi usada uma antena por repetição em triplicata, ou seja, foram realizados três puffs de cada tratamento em uma antena. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro-Wilk), apresentado resultados significativos ($P < 0,05$), transformados por $\log(x+1)$, e comparados pelo teste de T, ao nível de 5% de probabilidade, usando o software estatístico SAS versão 9.0.

Para identificar os compostos eletrofisiologicamente ativos dos extratos de headspace de folíolos de coqueiro e dos extratos de partes de *C. brunnea*, foi realizada análise em cromatografia gasosa acoplada à eletroantenografia (CG-EAG). Foi usada uma alíquota de 2 µL dos extratos em cromatógrafo a gás acoplado ao detector por ionização de chamas (FID) modelo Shimadzu QP-2010, operado no modo “splitless”, com coluna capilar RTX-5 (30 m, 0,25 mm d. i., 0,25 µm; Restek®), onde o efluente da coluna foi dividido em duas linhas, uma levou ao detector FID e a outra ao EAG. As condições de operação para separação dos componentes do extrato de folíolos de coqueiro foram inicialmente de 50 °C por 5 minutos, aumentando 8 °C por minuto até atingir 250 °C com fluxo de 1,10 mL/min e, para os

componentes dos extratos de partes de *C. brunnea*, foram de 150 °C, aumentando 7,5 °C por minuto até atingir 280 °C, mantida por 10 minutos com fluxo de 0,80 mL/min.

As antenas dos insetos foram cortadas na base do escapo, sem que fosse necessário adormecê-los. Cada antena foi considerada uma repetição, sendo realizadas com extratos folíolos de coqueiro três repetições com antenas de machos e, para os extratos de partes, cinco repetições com machos e fêmeas.

Os sinais das antenas foram registrados através do amplificador de alta impedância (IDAC4, Syntech 2004), sendo que as respostas do EAG e a análise do FID foram registrados simultaneamente pelo software Autopike32, Syntech 2008. Na análise das respostas do CG-EAG, foram observadas a relação entre o sinal do EAG absoluto e os ruídos da linha base e os picos correspondentes dos compostos presentes na amostra registrados pela CG-FID. As repostas ativas foram consideradas com mais de duas repetições.

5.2.5. Bioensaio em olfatômetro Y

A resposta comportamental de adultos de *C. brunnea* para os extratos de partes foi verificada usando o olfatômetro em Y, operado com um fluxo de ar contínuo de 1,4 L/min, previamente umidificado e filtrado com carvão ativado.

A fonte de odor utilizada foi um pedaço de papel de filtro (2 × 2 cm) impregnado com 10 µL do extrato de perna de macho ou hexano (controle), que foi colocado na base de cada braço do olfatômetro. As fêmeas foram introduzidas na base do tubo principal do olfatômetro e seu comportamento foi observado durante 10 min. A resposta foi registrada quando o besouro caminhava até a porção correspondente a 75% do braço escolhido. E como não resposta, quando o besouro não caminhava contra o fluxo de ar e/ou não atingia a porção considerada durante os 10 minutos observados.

Foram testadas 20 fêmeas, sendo considerado cada espécime como uma repetição. A fonte de odor foi trocada a cada indivíduo testado. Os experimentos foram realizados no período entre 11:00 e 14:00 horas. Cada inseto foi testado apenas uma vez.

Para análise dos dados das respostas de fêmeas para os diferentes tratamentos em olfatômetro, os dados foram transformados em porcentagem e foi usado o teste Qui-quadrado através do Software SAS. Os insetos que não escolheram nenhum dos braços foram excluídos da análise estatística.

5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

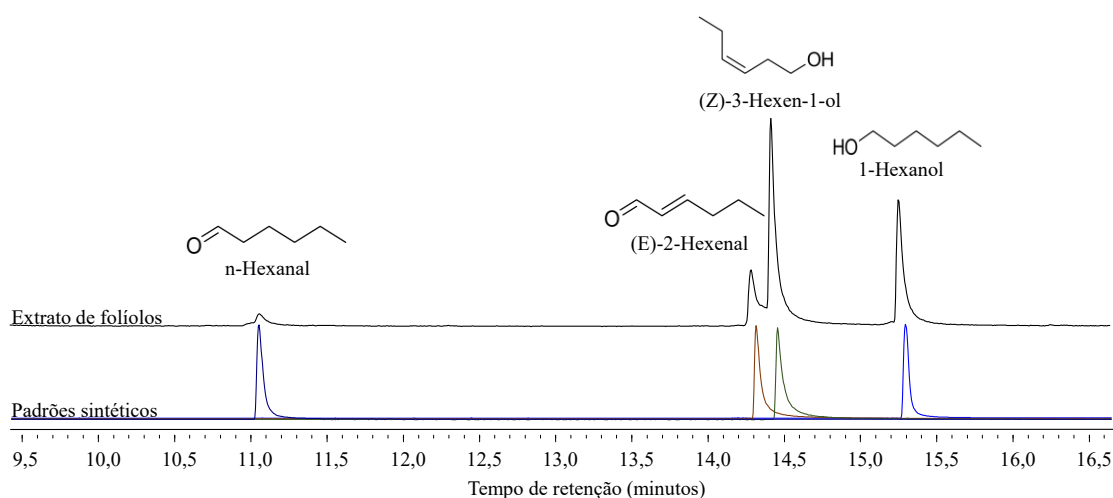
5.3.1. Compostos voláteis de folíolos de coqueiro ativos para *Coralimela brunnea*

O extrato hexânico de headspace com folíolos de coqueiro apresentou quatro compostos voláteis (Figura 10), diferente do observado por Fang et al. (2011), que verificaram a presença de quinze compostos coletados em folhas de coqueiro por extração por imersão em mistura de solventes, identificado compostos de folhas verdes e terpenoides.

Os voláteis emitidos pelas folhas são produzidos por toda extensão, porém, podem existir estruturas que apresentam diferente comportamento de emissão de voláteis, como observado na espécie de palmeira *Chamaerops humilis* L. (Arecaceae) (DUFAÏ et al., 2003; CAISSARD et al., 2004).

Os compostos observados nos extratos de headspace com folíolos de coqueiro e identificados por padrão sintético são os voláteis de folhas verdes (VFV) n-hexanal, (*E*)-2-hexenal, (*Z*)-3-hexen-1-ol e 1-hexanol (Figura 10).

Figura 10. Comparação dos cromatogramas de voláteis de folíolos de coqueiros em headspace (—) e padrões sintéticos dos compostos n-hexanal (—); (*E*)-2-hexenal (—); (*Z*)-3-hexen-1-ol (—); 1-hexanol (—) em CG-MS com coluna capilar ZB-5MS.



Fonte: Autor, 2022

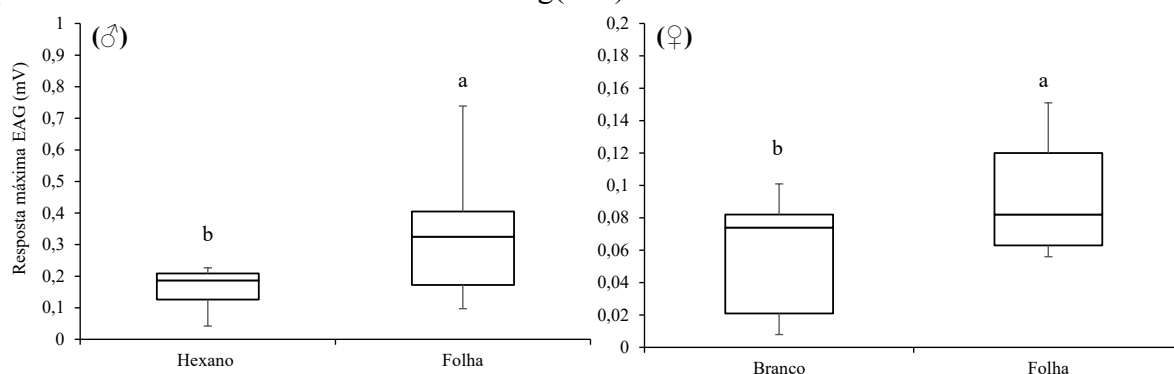
A maioria das plantas emitem os VFV, que são principalmente compostos de seis carbonos, metabólitos derivados de hidroperóxidos de ácidos graxos, produzidos através da rota da enzima lipoxigenase, como ocorre com os compostos n-hexanal e (*Z*)-3-hexenal em *Marchantia polymorpha* L. (Marchantiaceae) (TAWFIK et al., 2017).

Essa classe de voláteis está associada as plantas, sendo importante na interação inseto-planta, como observado em *Brassica oleracea* L. (Brassicaceae), cujas misturas de VFV

induzem comportamento atrativo para *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae) (REDDY; GUERRERO, 2000). Corroborando, McGraw et al. (2011) verificaram que *Listronotus maculicollis* (Kirby, 1837) (Coleoptera: Curculionidae) é atraído a partir dos VFVs emitidos por *Poa annua* L. (Poaceae).

Os resultados de eletroantenografia com antenas de machos e fêmeas de *C. brunnea* submetidas aos puffs com extrato de headspace de folíolos de coqueiro apresentaram respostas significativamente diferentes às obtidas com a exposição ao hexano (controle), sendo as respostas máximas maiores de antenas de macho ($gl=18$; $t=2,20$; $p=0,04$) e fêmeas ($gl=16$; $t=2,04$; $p=0,05$) para o extrato de folíolos de coqueiro (Figura 11). Esse comportamento indica que o extrato pode apresentar compostos ativos para *C. brunnea*.

Figura 11. Respostas das antenas de *Coralimela brunnea* obtidas no EAG mediante aos puffs de extrato de aeração de folhas e para hexano como branco. (♂) Macho (N=10); (♀) Fêmea (N=9) *Letras diferentes entre boxplot representa diferença significativa pelo teste t a 5% de probabilidade. Dados transformados em $\log(x+1)$.

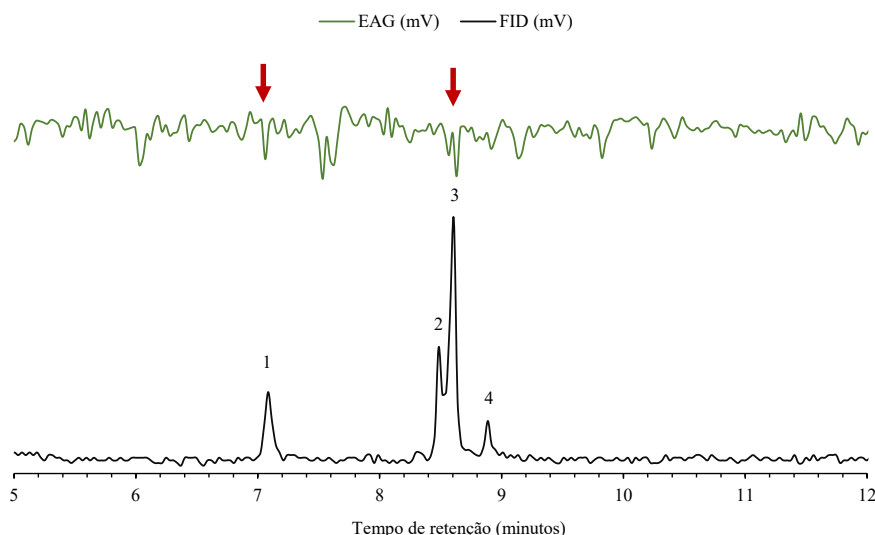


Fonte: Autor, 2022

Respostas eletroantenográficas para VFV também foram observadas em machos e fêmeas de *Phratora vulgatissima* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Chrysomelidae) para voláteis de *Salix viminalis* L. (Salicaceae) (FERNANDEZ et al., 2007). A importante espécie praga de Brassicaceae, *Phyllotreta striolata* (Fabricius, 1803) (Chrysomelidae), também apresenta resposta para voláteis de plantas hospedeiras, neste caso, verificou-se que os insetos só respondem ao feromônio de agregação com a presença dos voláteis específicos do hospedeiro (BERAN et al., 2011).

Nas análises de eletroantenografia acoplada à cromatografia gasosa com antenas de machos de *C. brunnea*, foram observadas respostas correspondentes para dois compostos voláteis presentes no extrato de folíolos de coqueiro, n-hexanal e (Z)-3-hexan-1-ol (Figura 12).

Figura 12. Resposta eletroantenográfica de antena de macho de *Coraliomela brunnea* para os compostos presentes no extrato de headspace dinâmico de folíolos de coqueiro. n-hexanal (1); (*E*)-2-hexanal (2); (*Z*)-3-hexan-1-ol (3); 1-hexanol (4). (↓) Indicação da resposta com composto correspondente.



Fonte: Autor, 2022

Em espécies de Chrysomelidae, os VFVs podem elicitar diferentes comportamentos, como os compostos emitidos por *Tamarix* spp. (Tamaricaceae), que desencadearam respostas antenais de machos e fêmeas de *Diorhabda elongata* incluindo o (*E*)-2-hexenal e (*Z*)-3-hexen-1-ol. Em campo, a combinação do feromônio e da mistura com esses compostos foi altamente atraente para machos (COSSÉ et al., 2006). Para *Oulema melanopus* (Linnaeus, 1761) (Chrysomelidae), os VFVs emitidos em folhas de trigo em baixas concentrações atraíram as fêmeas, porém, em altas concentrações, esses compostos repeliram ambos os sexos (PIESIK et al., 2010).

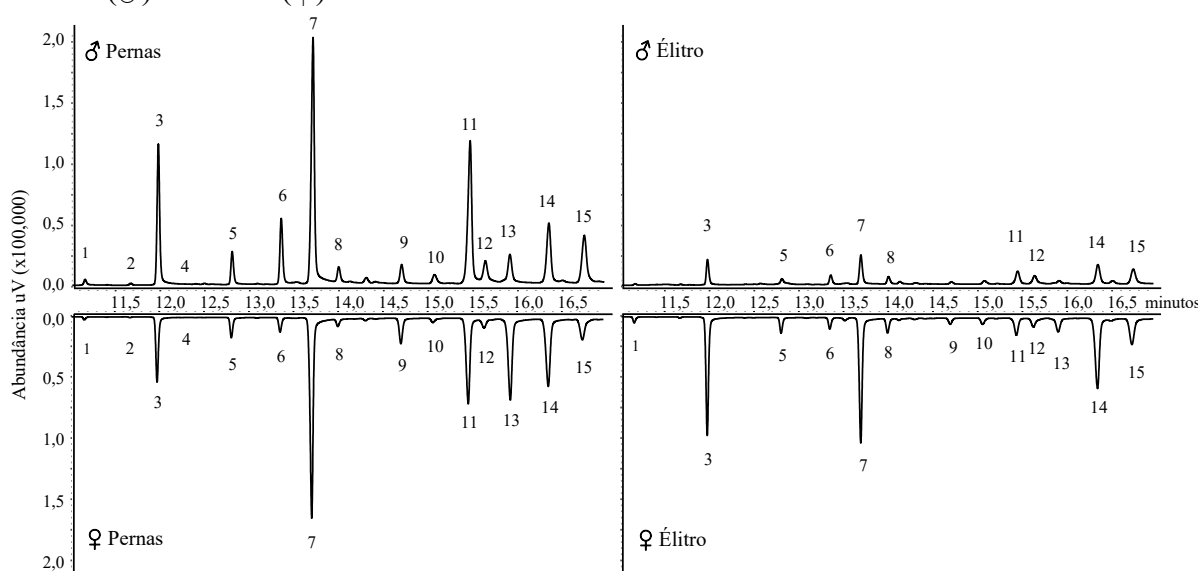
Os compostos podem ser ativos para antenas, entretanto, não apresentar atividade no comportamento dos insetos, como observado com VFVs de *Lythrum salicaria* L. (Lythraceae), que foram prontamente detectados por antenas de *Galerucella calmariensis* (Linnaeus, 1767) (Chrysomelidae), porém, a mistura sintética destes compostos não foi atraente no campo (BARTELT et al., 2008).

5.3.2. Hidrocarbonetos cuticulares ativos para *Coralíomela brunnea*

Nos extratos de partes de *C. brunnea*, observou-se a presença de 15 compostos sem diferenças para os extratos de pernas entre machos e fêmeas. Nos extratos de élitros, nota-se a presença dos picos majoritários semelhantes aos de pernas, sendo os compostos 7 e 3 os mais

abundantes (Figura 13). Os compostos cuticulares podem apresentar diferenças entre os sexos, sendo com a presença de compostos específicos ou diferirem nas proporções relativas, servindo assim como feromônio de contato (BARBOUR et al., 2007).

Figura 13. Cromatograma comparativo dos compostos voláteis de partes (élitro e pernas) de machos (♂) e fêmeas (♀) de *Coraliomela brunnea*.



Fonte: Autor, 2022

Observa-se na Figura 13, diferença entre a quantidade de picos nos extratos de élitros de machos e fêmeas, isso pode estar associado à possibilidade de os machos transferirem compostos cuticulares para as fêmeas durante o acasalamento, fazendo com que as fêmeas acasaladas sejam evitadas por outros machos, como ocorre no comportamento do caruncho do feijão *Acanthoscelides obtectus* (Say, 1831) (Chrysomelidae) (VUTS et al., 2015).

O feromônio de contato produzido por fêmea de *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky, 1854) (Coleoptera: Cerambycidae) são compostos monoinsaturados consistentemente mais abundantes nos extratos cuticulares de corpo inteiro de fêmeas do que de machos, apresentando influência para reconhecimento entre os sexos (ZHANG et al., 2003).

Os compostos alcanos de cadeia longa foram observados em todos os extratos, sendo os mais abundantes, heptacosano (7) e pentacosano (3). Outros compostos desse tipo também foram identificados, tetracosano (1), hexacosano (5), octacosano (9) e o nonacosano (13) (Tabela 5). É comum esse tipo de compostos estarem associados à cutícula de insetos da ordem Coleoptera, tendo em vista que essa estrutura é formada por uma mistura complexa de ácidos graxos de cadeia longa, ésteres metílicos, álcoois alifáticos, aldeídos, cetonas e hidrocarbonetos que protegem o organismo da dessecação (HOWARD; BLOMQUIST, 2005). Além dos

alcanos, os compostos metil alcanos foram identificados, 11-metilpentacosano (4), 2-metilhexacosano (6), 9-metilheptacosano (8), 10-metiloctacosano (10), 2-metiloctacosano (11), 13-metilnonacosano (14) e 10-metilnonacosano (15).

Tabela 5. Compostos presentes em extratos de partes (élitro e pernas) de *Coralimela brunnea*, macho e fêmea (n=3).

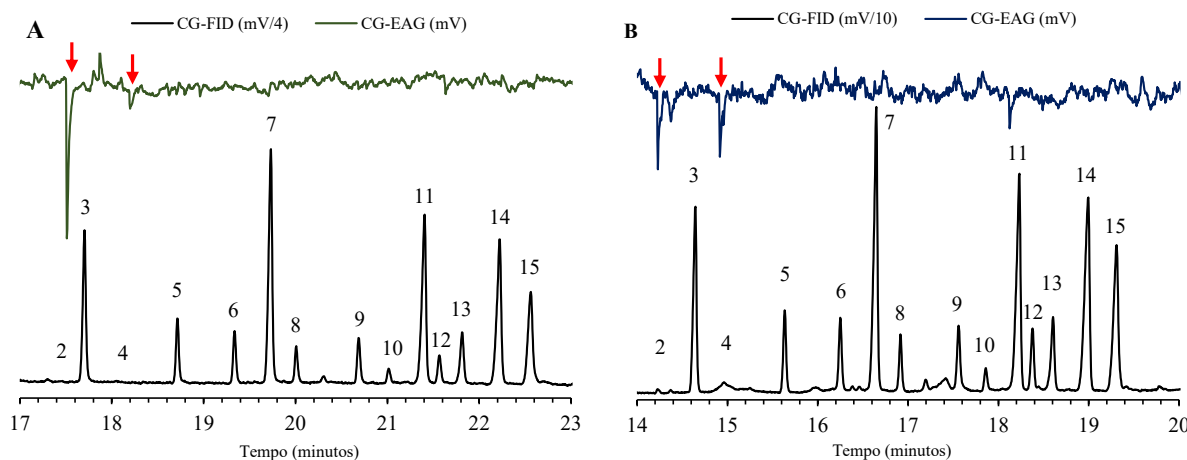
Nº	IR	Composto	Concentração (ppm)			
			Macho		Fêmea	
			Perna	Élitro	Perna	Élitro
1	2400	Tetracosano**	1,35±0,24	0,78±0,58	2,26±1,97	1,03±0,84
2	2464	9-pentacoseno*	0,64±0,36	0,44±0,40	0,36±0,19	0,24±0,10
3	2502	Pentacosano**	39,91±4,34	9,51±6,11	57,79±52,55	21,88±19,61
4	2535	11-metilpentacosano*	0,85±nr	0,59±0,45	0,02±0,03	0,06±nr
5	2600	Hexacosano**	7,24±2,67	3,43±2,61	11,31±6,69	3,67±1,38
6	2663	2-metilhexacosano*	16,82±3,36	5,68±4,60	6,39±2,14	2,63±0,63
7	2702	Heptacosano**	67,29±27,12	16,15±13,86	118,45±54,77	33,97±11,56
8	2731	9-metilheptacosano*	5,27±1,65	9,20±12,13	7,89±7,49	3,98±1,15
9	2800	Octacosano**	4,43±2,81	2,32±2,83	9,26±1,17	2,74±0,68
10	2831	10-metiloctacosano*	3,39±0,60	4,85±4,97	4,38±3,18	2,24±0,35
11	2862	2-metiloctacosano*	43,72±24,63	19,06±1,25	30,58±12,04	9,43±3,09
12	2878	1-octacosanol*	5,40±3,51	6,58±2,81	13,98±14,66	3,97±0,89
13	2900	Nonacosano**	7,62±5,08	3,09±3,97	28,86±14,12	7,96±3,99
14	2931	13-metilnonacosano*	25,93±2,59	61,24±4,14	57,97±32,49	33,06±0,79
15	2958	10-metilnonacosano*	20,40±5,02	65,70±2,36	21,90±14,89	17,91±6,52

Média±desvio padrão da amostra; Nº= número do pico; IR= índice de retenção Coluna NST-05; nr= não apresentou repetição. *compostos identificados por meio das análises de fragmentação dos espectros de massa e análise do IR; **confirmação dos compostos identificados com padrões.

Esses compostos são encontrados em coleópteros da família Chrysomelidae, como nas espécies *Pyrrhalta maculicollis* (Motschulsky, 1853) e *P. aenescens* (Fairmaire, 1878) em que foi observado a presença dos alcanos entre C25-C30 (ZHANG et al., 2014), corroborando com os compostos identificados em partes de *C. brunnea*. Esses hidrocarbonetos cuticulares são apontados como responsáveis pelo reconhecimento entre espécies e entre sexos para atividade sexual dos coleópteros (PETERSON et al., 2007).

Nas análises de eletroantenografia com antenas de machos e fêmeas, foram observadas respostas correspondentes para dois compostos, 9-pentacoseno (2) e o 11-metilpentacosano (4) (Figura 14).

Figura 14. Resposta eletroantenográfica de antena de fêmea (A) e macho (B) de *Coraliomela brunnea* para os compostos 9-pentacoseno (2) e 11-metilpentacosano (4) presentes no extrato de pernas de macho. (↓) Indicação da resposta com composto correspondente.



Fonte: Autor, 2022

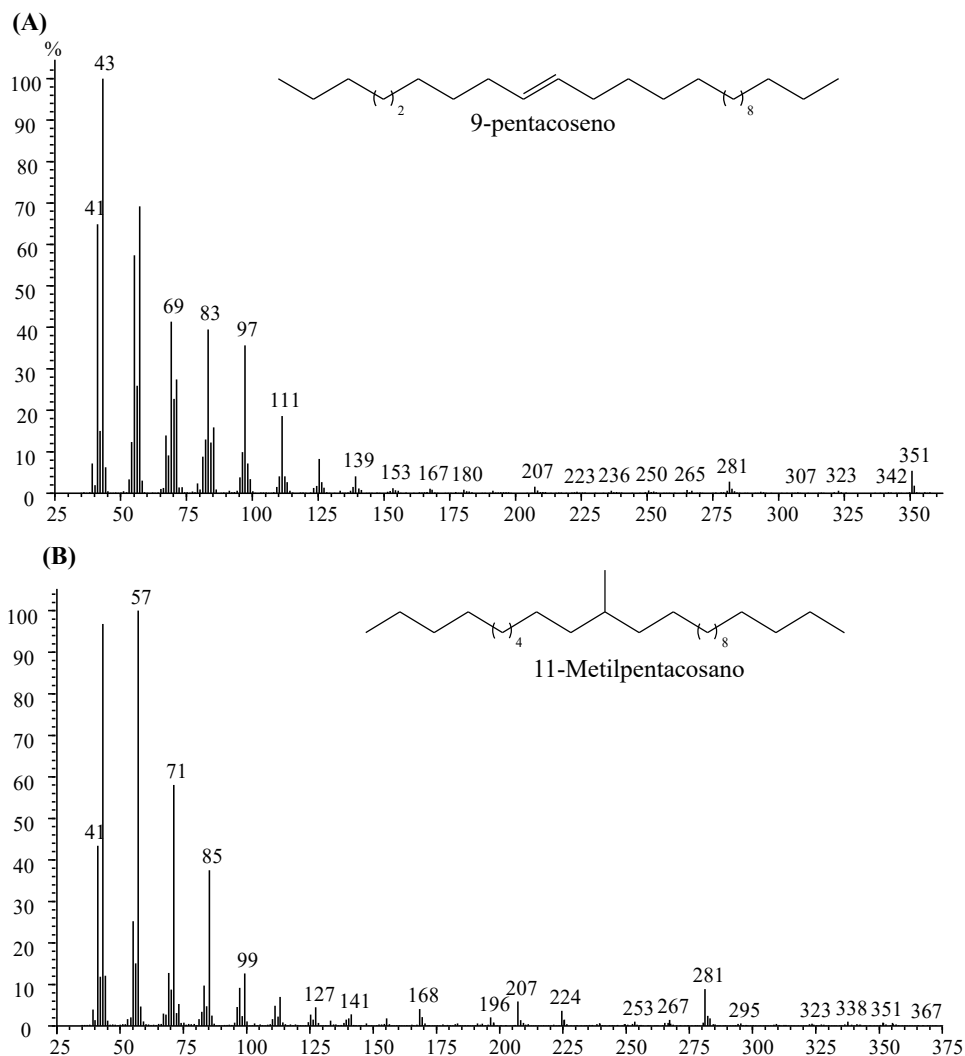
Observa-se, nas análises eletroantenográficas com antenas de *C. brunnea*, que as respostas são para os compostos com a menor concentração do extrato (Tabela 5 e Figura 14). Qadir et al. (2021), estudando extratos culticulares de *Zygogramma bicolorata* Pallister, 1953 (Chrysomelidae), identificaram hidrocarbonetos entre C14-C36 e observaram que machos e fêmeas responderam em eletroantenografia fortemente aos alcanos de cadeia linear, porém, com intensidades diferentes, sendo constatado que as respostas ao estímulo para antenas não eram estritamente dependentes da concentração dos compostos.

A proposta de identificação dos compostos ativos do extrato de pernas de macho e fêmea de *C. brunnea* foi obtida a partir da análise do perfil de fragmentação dos espectros de massas (Figura 15) e através da determinação dos índices de retenção calculados, para fins de comparação com dados da literatura. Os padrões de fragmentação foram característicos dos hidrocarbonetos 9-pentacoseno (m/z 351) e 11-metilpentacosano (m/z 367).

O (Z)-9-pentacoseno, para *Oplostomus haroldi* (Witte, 1880) (Coleoptera: Scarabaeidae), tem função de feromônio sexual de contato produzido por fêmeas, a partir dos lipídios cuticulares, induzindo a parada, alinhamento e montagem dos machos durante o acasalamento (FOMBONG et al., 2012). Mesma função sexual é descrita para *Megacyllene robiniae* (Forster, 1771) (Coleoptera: Cerambycidae), porém, elicitando a sequência completa de comportamentos de acasalamento, incluindo o acoplamento da genitália (GINZEL et al., 2003). Silk et al. (2011) observaram que, para ação como feromônio sexual de contato em machos de *Tetropium cinnamopterum* Kirby, 1837 (Coleoptera: Cerambycidae), são necessárias as concentrações

equivalentes produzida por fêmeas dos compostos, (Z)-9-pentacoseno e (S)-11-metilheptacosano para atuar no comportamento de acasalamento.

Figura 15. Espectros de massas dos compostos ativos e identificados no extrato de pernas de macho e fêmea de *Coralimela brunnea* (EI, 70 eV). Estrutura dos compostos 9-pentacoseno (A) e 11-metilpentacosano (B).



Fonte: Autor, 2022

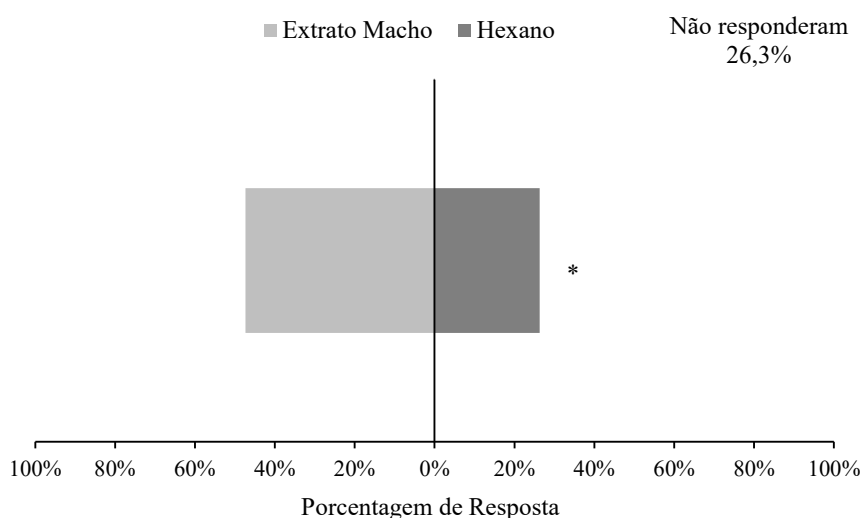
O hidrocarboneto (Z)-9-pentacoseno é um dos principais componentes do fluido glandular ligado à defesa de besouros do gênero *Trachypachus* (Coleoptera: Trachypachidae) (ATTYGALLE et al., 2004). Esse composto também foi identificado como componente do feromônio de trilha de *A. glabripennis*, sendo atrativo para fêmeas virgens e acasaladas (HOOVER et al., 2014).

O 11-metilpentacosano é composto presente em extratos cuticulares de algumas espécies de Coleoptera, como *Rhyzopertha dominica* (Fabricius, 1792) (Coleoptera: Bostrichidae)

(ALNAJIM et al., 2019), sendo um dos compostos mais abundantes em machos e fêmeas de *Tetropium fuscum* (Fabricius, 1787) (Coleoptera: Cerambycidae) (SILK et al., 2011), e presente entre os hidrocarbonetos cuticulares de *Phaedon cochleariae* (Fabricius, 1792) (Chrysomelidae) que induz comportamento de acasalamento em machos independentemente do sexo do parceiro (GEISELHARDT et al., 2009). Não se verificou na literatura descrição da ação do 11-metilpentacosano individual como feromônio de contato ou elicitando comportamento de insetos em relações intraespecíficas e interespecíficas.

A resposta de fêmeas de *C. brunnea* para o extrato de pernas de machos indica comportamento de atração, pois observou-se diferença significativa ($P=0,0455$) entre o número de insetos que escolheram o tratamento com o extrato (47,4%) e o controle (26,3%) (Figura 16).

Figura 16. Resposta comportamental de fêmeas ($n=20$) de *Coralimela brunnea* para extrato de pernas de machos em olfatômetro de dupla escolha. (*) indica diferença significativa entre os tratamentos pelo teste Qui-quadrado ($GL=1$; $X^2=3,99$; $P=0,0455$).



Fonte: Autor, 2022

Compostos alcanos entre C-15 e C-35 provenientes da cutícula de folhas de plantas hospedeiras são atraentes para fêmeas de *Galerucella placida* Baly, 1878 e *Aulacophora foveicollis* (Lucas, 1849) (Chrysomelidae) testados em olfatômetro de dupla escolha e em diferentes concentrações, sendo considerados potenciais para o desenvolvimento de ferramenta de captura para o manejo dessas pragas (MUKHERJEE et al., 2015; MALIK et al., 2017).

As respostas de eletroantenografia e comportamentais de *C. brunnea* indicam atratividade dos extratos para fêmeas, porém, são necessários bioensaios com os compostos ativos sintéticos

(9-pentacoseno e 11-metilpentacosano) para observações do comportamento dos insetos em relação as concentrações desses compostos.

5.4. CONCLUSÃO

Os compostos voláteis de folhas verdes emitidos por folíolos de coqueiro são ativos para *C. brunnea*, sendo os compostos n-hexanal e (Z)-3-hexan-1-ol ativos para machos.

Os compostos de partes do corpo de *C. brunnea* são semelhantes em quantidade entre sexos, tendo como majoritários compostos alcanos de cadeia longa.

Os extratos de partes do corpo de *C. brunnea* apresentam dois compostos ativos para machos e fêmeas, 9-pentacoseno e 11-metilpentacosano, e o extrato de perna de macho é atrativo para fêmeas.

REFERÊNCIAS

- ALNAJIM, I. et al. New method of analysis of lipids in *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) insects by direct immersion solid-phase microextraction (DI-SPME) coupled with GC-MS. **Insects**, v. 10, n. 10, p. 363, out., 2019. DOI 10.3390/insects10100363
- ATTYGALLE, A. B. et al. Defensive chemicals of two species of *Trachypachus* Motschulski. **Journal of Chemical Ecology**, v. 30, n. 3, p. 577-588, mar., 2004. DOI 10.1023/B:JOEC.0000018630.79922.94
- BARBOUR, J. D.; LACEY, E. S.; HANKS, L. M. Cuticular hydrocarbons mediate mate recognition in a species of longhorned beetle (Coleoptera: Cerambycidae) of the primitive subfamily Prioninae. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 100, n. 2, p. 333-338, mar., 2007. DOI 10.1603/0013-8746(2007)100[333:CHMMRI]2.0.CO;2
- BARTELT, R. J. et al. Early-summer pheromone biology of *Galerucella californiensis* and relationship to dispersal and colonization. **Biological Control**, v. 46, n. 3, p. 409-416, set., 2008. DOI 10.1016/j.biocontrol.2008.05.010
- BERAN, F. et al. Male *Phyllotreta striolata* (F.) produce an aggregation pheromone: identification of malespecific compounds and interaction with host plant volatiles. **Journal of Chemical Ecology**, v. 37, n.1, p. 85-97, dez., 2011. DOI 10.1007/s10886-010-9899-7
- BERAN, F. et al. Male *Phyllotreta striolata* (F.) produce an aggregation pheromone: identification of male-specific compounds and interaction with host plant volatiles. **Journal of Chemical Ecology**, v. 37, n. 1, p. 85-97, jan., 2011. DOI 10.1007/s10886-010-9899-7
- BLOMQUIST, G. J. et al. Hydrocarbon and hydrocarbon derived sex pheromones in insects: biochemistry and endocrine regulation. In: STANLEY-SAMUELSON, D.W.; NELSON, D. R. (Org.). **Insect lipids: chemistry, biochemistry and biology**. Lincoln: University of Nebraska Press, 1993, p. 317-351.
- BONDAR, G. **Insetos nocivos e moléstias do coqueiro (*Cocos nucifera*) no Brasil**. Bahia: Tipografia Naval, 1940, 160 p.

- CAISSARD, J. C. et al. Localization of production and emission of pollinator attractant on whole leaves of *Chamaerops humilis* (Arecaceae). **American Journal of Botany**, v. 91, n. 8, p. 1190-1199, ago., 2004. DOI 10.3732/ajb.91.8.1190
- COSSÉ, A. A. et al. Behaviorally active green leaf volatiles for monitoring the leaf beetle, *Diorhabda elongata*, a biocontrol agent of saltcedar, *Tamarix* spp. **Journal of Chemical Ecology**, v. 32, n. 12, p. 2695-2708, nov., 2006. DOI 10.1007/s10886-006-9193-x
- DUFAY, M.; HOSSAERT-MCKEY, M.; ANSTETT, M. C. When leaves act like flowers: how dwarf palms attract their pollinators. **Ecology Letters**, v. 6, n. 1, p. 28-34, jan., 2003. DOI 10.1046/j.1461-0248.2003.00382.x
- FANG, Y.; SUN, J.; ZHANG, Z. Response of *Brontispa longissima* to coconut palm (*Cocos nucifera*) leaf volatiles. **Physiological Entomology**, v. 36, n. 4, p. 321-326, set., 2011. DOI 10.1111/j.1365-3032.2011.00799.x
- FERNANDEZ, P. C. et al. Electrophysiological responses of the blue willow leaf beetle, *Phratora vulgatissima*, to volatiles of different *Salix viminalis* genotypes. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 125, n. 2, p. 157-164, nov., 2007. DOI 10.1111/j.1570-7458.2007.00611.x
- FERREIRA, J. F. S.; MORIN, J. P. **A barata-do-coqueiro** *Coralimela brunnea* Thumb. (Coleoptera: Chrysomelidae). Aracaju: Embrapa-CNPCo, 1986, 10 p. (Circular Técnica, 1).
- FERREIRA, J. M. S.; LINS, P. M. P. Pragas do coqueiro. In: FERREIRA, J. M. S.; FONTES, H. R. (Ed.). **Produção integrada de coco: identificação de pragas, doenças e distúrbios nutricionais e fisiológicos**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2006, 88 p.
- FOMBONG, A. T. et al. Chemical communication in the honey bee scarab pest *Oplostomus haroldi*: role of (Z)-9-Pentacosene. **Journal of Chemical Ecology**, v. 38, n. 12, p. 1463-1473, nov., 2012. DOI 10.1007/s10886-012-0211-x
- GEISELHARDT, S.; OTTE, T.; HILKER, M. The role of cuticular hydrocarbons in male mating behavior of the mustard leaf beetle, *Phaedon cochleariae* (F.). **Journal of Chemical Ecology**, v. 35, n. 10, p. 1162-1171, out., 2009. DOI 10.1007/s10886-009-9704-7
- GINZEL, M. D.; MILLAR, J. G.; HANKS, L. M. (Z)-9-Pentacosene— contact sex pheromone of the locust borer, *Megacyllene robiniae*. **Chemoecology**, v. 13, n. 3, p. 135-141, set., 2003. DOI 10.1007/s00049-003-0239-z
- HOOVER, K. et al. Sex-specific trail pheromone mediates complex mate finding behavior in *Anoplophora glabripennis*. **Journal of Chemical Ecology**, v. 40, n. 2, p. 169-180, fev., 2014. DOI 10.1007/s10886-014-0385-5
- HOWARD, R. W.; BLOMQUIST, G. J. Ecological, behavioral, and biochemical aspects of insect hydrocarbons. **Annual Review of Entomology**, v. 50, p. 371-393, jan., 2005. DOI 10.1146/annurev.ento.50.071803.130359
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal 2020**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613#resultado>>. Acesso em: 02 fev. 2020.
- KAWAZU, K. et al. Mating sequence and evidence for the existence of a female contact sex pheromone in *Brontispa longissima* (Coleoptera: Chrysomelidae). **Japan Agricultural Research Quarterly**, v.45, n.1, p. 99-106, 2011.

- MALIK, U. et al. Attraction of the biocontrol agent, *Galerucella placida* Baly (Coleoptera: Chrysomelidae) to the leaf surface alkanes of the weed, *Polygonum orientale* L. **Allelopathy Journal**, v. 40, n. 1, p. 103-116, 2017. DOI 10.26651/2017-40-1-1070
- MCGRAW, B. A. et al. Behavioral and electrophysiological responses of *Listronotus maculicollis* (Coleoptera: Curculionidae) to volatiles from intact and mechanically damaged annual bluegrass. **Environmental Entomology**, v. 40, n. 2, p. 412-419, abr., 2011. DOI 10.1603/EN10266
- MUKHERJEE, A.; SARKAR, N.; BARIK, A. Leaf surface n-alkanes of *Momordica cochinchinensis* Spreng as short-range attractants for its insect pest, *Aulacophora foveicollis* Lucas (Coleoptera: Chrysomelidae). **Allelopathy Journal**, v. 36, n. 1, 2015.
- PETERSON, M. A. et al. Profiles of cuticular hydrocarbons mediate male mate choice and sexual isolation between hybridising *Chrysochus* (Coleoptera: Chrysomelidae). **Chemoecology**, v. 17, n. 2, p. 87-96, mar., 2007. DOI 10.1007/s00049-007-0366-z
- PIESIK, D. et al. Effects of mechanical injury and insect feeding on volatiles emitted by wheat plants. **Entomologica Fennica**, v. 21, n. 2, p. 117-128, ago., 2010.
- QADIR, I. et al. Cuticular hydrocarbons C14-C36 are potential contact pheromonal elements modulating some behaviors in *Zygogramma bicolorata* (Coleoptera: Chrysomelidae). **Biologia**, v. 76, p. 123-132, mai., 2021. DOI 10.2478/s11756-020-00515-w
- REDDY, G. V. P.; GUERRERO, A. Behavioral Responses of the Diamondback Moth, *Plutella xylostella*, to Green Leaf Volatiles of *Brassica oleracea* Subsp. capitata. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n. 12, p. 6025-6029, dez., 2000. DOI 10.1021/jf0008689
- SILK, P. J. et al. Contact sex pheromones identified for two species of longhorned beetles (Coleoptera: Cerambycidae) *Tetropium fuscum* and *T. cinnamopterum* in the subfamily Spondylidinae. **Environmental Entomology**, v. 40, n. 3, p. 714-726, jun., 2011. DOI 10.1603/EN10213
- SUGENO, W.; HORI, M.; MATSUDA, K. Identification of the contact sex pheromone of *Gastrophysa atrocyanea* (Coleoptera: Chrysomelidae). **Applied Entomology and Zoology**, v. 41, n. 2, p. 269-276, 2006. DOI: 10.1303/aez.2006.269
- TAWFIK, M. M. et al. n-Hexanal and (Z)-3-hexenal are generated from arachidonic acid and linolenic acid by a lipoxygenase in *Marchantia polymorpha* L. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, v. 81, n. 6, p. 1148-1155, 2017. DOI 10.1080/09168451.2017.1285688
- VUTS, J. et al. Multiple roles of a male-specific compound in the sexual behavior of the dried bean beetle, *Acanthoscelides obtectus*. **Journal of Chemical Ecology**, v. 41, n. 3, p. 287-293, mar., 2015. DOI 10.1007/s10886-015-0560-3
- ZHANG, A. et al. Evidence for contact sex recognition pheromone of the Asian longhorned beetle, *Anoplophora glabripennis* (Coleoptera: Cerambycidae). **Naturwissenschaften**, v. 90, n. 9, p. 410-413, set., 2003. DOI 10.1007/s00114-003-0452-1
- ZHANG, B. et al. Male mate recognition via cuticular hydrocarbons facilitates sexual isolation between sympatric leaf beetle sister species. **Journal of Insect Physiology**, v. 70, p. 15-21, nov., 2014. DOI 10.1016/j.jinsphys.2014.08.006