

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

CÉSAR GONÇALVES DOS SANTOS

**INTERAÇÃO ENTRE *Rhynchophorus palmarum* (L., 1758) (COLEOPTERA:
CURCULIONIDAE) E O PARASITOIDE *Billaea rhynchophorae* (BLANCHARD, 1937)
(DIPTERA: TACHINIDAE)**

RIO LARGO, AL

2022

CÉSAR GONÇALVES DOS SANTOS

**INTERAÇÃO ENTRE *Rhynchophorus palmarum* (L., 1758) (COLEOPTERA:
CURCULIONIDAE) E O PARASITOIDE *Billaea rhynchophorae* (BLANCHARD, 1937)
(DIPTERA: TACHINIDAE)**

Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Proteção de Plantas.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Euzébio Goulart Santana

Coorientador: Prof. Dr. Henrique Fonseca Goulart

Coorientador: Dr. Juan Pablo Molina Acevedo

RIO LARGO, AL
2022

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

S237i Santos, César Gonçalves dos
Interação entre *Rhynchophorus palmarum* (L., 1758) (Coleoptera: Curculionidae) e o parasitoide *Billaea rhynchophorae* (Blanchard, 1937) (Diptera: Tachinidae). / César Gonçalves dos Santos – 2022.
71 f.; il.

Dissertação (Mestrado 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. Arecáceas. 2. Controle biológico. 3. Ecologia. I. Título

CDU: 632


FOLHA DE APROVAÇÃO

CÉSAR GONÇALVES DOS SANTOS

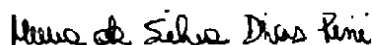
INTERAÇÃO ENTRE *Rhynchophorus palmarum* (L., 1758) (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) E O PARASITOIDE *Billaea rhynchophorae* (BLANCHARD, 1937) (DIPTERA: TACHINIDAE)

Dissertação submetida ao corpo docente do programa de Pós-Graduação do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas – CECA/UFAL e aprovada em 28 de março de 2022.


Banca examinadora:

 Documento assinado digitalmente
Antonio Euzebio Goulart Santana
Data: 28/03/2022 17:44:21-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr. Antonio Euzébio Goulart Santana – UFAL
(Orientador)



Prof^ª. Dr^ª. Nivia da Silva Dias Pini – Embrapa Agroindústria Tropical/UFC
(Examinadora externa)



Prof. Dr. Elio Cesar Guzzo – Embrapa Tabuleiros Costeiros/PPGPP
(Examinador interno)

AGRADECIMENTOS

À minha família, minha mãe Quitéria, ao meu pai Cicero, que já não se encontra entre nós, meus irmãos e, principalmente meus padrinhos Cicero e Lourinete, a quem eu agradeço por tudo, que estão ao meu lado há 27 anos e sempre me incetivaram a estudar pra ter um futuro melhor;

Ao meu orientador Prof. Dr. Antonio Euzébio Goulart Santana, pela paciência, disposição, apoio e ensinamento no decorrer desses dois anos de mestrado;

A todos os amigos do LPqRN pelos bons momentos vivenciados. À Analú, Igor, Larissa e Adeildo pelas contribuições com a parte química;

Ao amigo Bruno Anacleto, pela sua fundamental contribuição, em todas as etapas do trabalho, desde a aventura que foi a coleta dos insetos até a realização dos bionsaios;

Ao Dr. Juan Pablo Molina e à Dra. Viviane Dalbon, pelo incentivo, ideias e fundamentais contribuições para a realização desse trabalho;

À Opalma e à Fazenda Misericórdia por permitir a nossa entrada e a coleta de material biológico nas plantações de dendê;

Ao programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas pela oportunidade de realizar mais uma etapa da minha vida;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES);

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram com esse trabalho.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Principais países produtores de óleo de palma.	17
Figura 2. Larva de <i>Rhynchophorus palmarum</i>	19
Figura 3. Casulo (A); Pupa (B) e adulto de <i>Rhynchophorus palmarum</i> (C).	19
Figura 4. Dimorfismo sexual em <i>Rhynchophorus palmarum</i> , fêmea (A); macho (B).	20
Figura 5. Dendzeiro atacado por <i>Rhynchophorus palmarum</i>	21
Figura 6. Exemplar adulto de <i>Billaea rhynchophorae</i>	26
Figura 7. Pupa de <i>Rhynchophorus palmarum</i> parasitada por <i>Billaea rhynchophorae</i> (A); Larvas e pupários de <i>Billaea rhynchophorae</i> (B).	27
Figura 8. Dendzeiro atacado (A); Galerias formadas pela alimentação das larvas (B); Larva de <i>Rhynchophorus palmarum</i> (C); Casulo com pupários de <i>Billaea rhynchophorae</i> (D).	42
Figura 9. Gaiolas com adultos de <i>Billaea rhynchophorae</i>	43
Figura 10. Headspace dinâmico de larvas de <i>Rhynchophorus palmarum</i> com estipe de dendzeiro no Laboratório de Pesquisa em Recursos Naturais da Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas.	44
Figura 11. Antena de <i>Billaea rhynchophorae</i> , após a retirada (A); conectada ao eletrodo (B).	46
Figura 12. Cromatograma comparativo de extrato de aeração com larva de <i>Rhynchophorus palmarum</i> + alimento (estipe de dendzeiro) (A); apenas alimento (B). Índice de retenção Coluna NST-05= (1) 783; (2) 879; (3) 885; (4) 895; (5) 937; (6) 976; (7) 981; (8) 987; (9) 992; (10) 1015; (11) 1028; (12) 1072; (13) 1090; (14) 1107; (15) 1190; (16) 1252; (17) 1266.	48
Figura 13. Resposta eletroantegráfica de fêmea de <i>Billaea rhynchophorae</i> para os compostos do extrato de <i>Rhynchophorus palmarum</i> + alimento (estipe de dendzeiro). Resposta para os compostos com respectivos índices de retenção (Coluna NST-05): 1-783 (tolueno), 5- 937 (2,3-dimetillpentanol) e 8- 987 (3-octanona).	52
Figura 14. Partes selecionadas de <i>Billaea rhynchophorae</i> e material utilizado na extração. .	63
Figura 15. Cromatograma comparativo de extrato hexânico de cabeças de fêmeas (♀) e machos (♂) de <i>Billaea rhynchophorae</i> (n=3). Índice de retenção Coluna NST-05= (1) 2300; (2) 2473; (3) 2500; (4) 2669; (5) 2700; (6) 3061; (7) 3100.	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Produção mundial de coco.	16
Tabela 2. Principais estados brasileiros produtores de coco.	16
Tabela 3. Compostos presentes em extratos de headspace com larva de <i>Rhynchophorus palmarum</i> + alimento (estipe de dendezeiro) e apenas alimento. Concentração calculada por curva de concentração de padrão interno ($R^2 = 0,9768$).	49
Tabela 4. Compostos presentes no extrato de partes (cabeça, abdome, perna e asa) de fêmeas (♀) e machos (♂) de <i>Billaea rhynchophorae</i> (n=3). Concentração calculada por curva de concentração de padrão interno ($R^2 = 0,9971$).	66

LISTA DE ABREVIATURAS

CG-EAG: Cromatografia Gasosa acoplada à Eletroantenografia;

CG-FID: Cromatografia Gasosa acoplada ao Detector de Ionização em Chama;

CG-MS: Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massa;

COVs: Compostos Orgânicos Voláteis;

FAO: Food and Agriculture Organization;

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;

HCs: Hidrocarbonetos Cuticulares;

LPqRN: Laboratório de Pesquisa em Recursos Naturais;

MeSa: Salicilato de Melita;

SPME: Microextração em Fase Sólida.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Importância das palmeiras no Brasil	15
2.2 Cultura do coco	15
2.3 Cultura do Dendê.....	16
2.4 Principais pragas.....	17
2.4.1 Aspectos gerais de <i>Rhynchophorus palmarum</i> (L., 1758)	18
2.5 Família Tachinidae	24
2.5.1 Gênero <i>Billaea</i> Robineau-Desvoidy, 1830.....	25
2.5.2 <i>Billaea</i> spp. no Brasil	26
2.6. Semioquímicos	27
2.6.1 Aleloquímicos.....	28
2.7 Interação tritrófica: planta × herbívoro × inimigo natural	29
3 CAPÍTULO I - COMPOSTOS ENVOLVIDOS NA ATRATIVIDADE DE <i>Rhynchophorus palmarum</i> (L., 1758) (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) A <i>Billaea</i> <i>rhynchophorae</i> (BLANCHARD, 1937) (DIPTERA: TACHINIDAE)	40
RESUMO	40
3.1 INTRODUÇÃO	41
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	42
3.2.1 Coleta do parasitoide <i>Billaea rhynchophorae</i> e de <i>Rhynchophorus palmarum</i>	42
3.2.2 Estabelecimento do parasitoide em laboratório	43
3.2.3 Obtenção dos compostos orgânicos voláteis de larvas de <i>Rhynchophorus palmarum</i> em dendezeiro.....	44
3.2.4 Análise dos extratos em Cromatografia Gasosa acoplada ao detector de Ionização em Chamas (CG-FID).....	44
3.2.5 Análise dos extratos em Cromatografia Gasosa acoplado ao Espectrômetro de Massas (CG-MS)	45
3.2.6 Análise dos extratos em Cromatografia Gasosa acoplada a Eletroantenografia (CG- EAG).....	46
3.2.7 Quantificação dos compostos	47
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	48

3.3.1 Identificação dos compostos	48
3.3.2 Eletroantenografia.....	52
REFERÊNCIAS	55
4 CAPÍTULO II - COMPOSTOS CUTICULARES EM <i>Billaea rhynchophorae</i> (BLANCHARD, 1937) (DIPTERA: TACHINIDAE)	60
RESUMO	60
4.1 INTRODUÇÃO	61
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	62
4.2.1 Coleta de <i>Billaea rhynchophorae</i>	62
4.2.2 Extração por solvente das partes de machos e fêmeas de <i>Billaea rhynchophorae</i> ..	62
4.2.3 Análise dos extratos em Cromatografia Gasosa acoplada ao detector de Ionização em Chamas (CG-FID).....	63
4.2.4 Análise dos extratos em Cromatografia Gasosa acoplado ao Espectômetro de Massas (CG-MS)	64
4.2.5 Quantificação dos Compostos	64
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	65
4.4 CONCLUSÕES	68
REFERÊNCIAS	69

INTERAÇÃO ENTRE *Rhynchophorus palmarum* (L., 1758) (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) E O PARASITOIDE *Billaea rhynchophorae* (BLANCHARD, 1937) (DIPTERA: TACHINIDAE)

RESUMO

Rhynchophorus palmarum (L., 1758) (Coleoptera: Curculionidae) é a principal praga de areáceas na região Neotropical. Ocorre em vários estados brasileiros, atacando além das palmeiras, diversas culturas de importância econômica. No coqueiro *Cocos nucifera* L. e dendezeiro *Elaeis guineensis* Jacq., causa danos diretos e indiretos, levando à redução da produtividade. Os métodos de controle mais utilizados são o cultural, o comportamental e o biológico, embora nenhum deles seja eficiente, econômico e ecologicamente viável. Moscas-parasitoides do gênero *Billaea* Robineau-Desvoidy, 1830 (Diptera: Tachinidae) vêm sendo utilizadas no controle de pragas de grandes culturas na América Latina e, no Brasil, é registrado o parasitismo natural de *Billaea* spp. sobre *R. palmarum* em plantações de dendê, porém, não existem estudos sobre a ecologia química desses inimigos naturais. Assim, o presente trabalho teve como objetivo identificar Compostos Orgânicos Voláteis (COVs) envolvidos na interação praga-parasitoide, bem como os compostos cuticulares de *Billaea rhynchophorae* (Blanchard, 1937). A praga e o parasitoide foram coletados em plantações de dendê no estado da Bahia, Brasil, transportados ao Laboratório de Pesquisa em Recursos Naturais (LPqRN) e acondicionados em BOD. Voláteis de larvas de *R. palmarum* e estipe de dendezeiro foram obtidos através da técnica de headspace dinâmico, e também foram feitas extrações cuticulares de diferentes partes de *B. rhynchophorae* por meio de solvente. Os extratos de headspace e cuticulares foram analisados e os compostos foram identificados por meio de Cromatografia Gasosa acoplada ao Detector de Ionização em Chama (CG-FID) e Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas (CG-MS). As análises químicas revelaram a presença de 17 compostos nos extratos de headspace e sete nos extratos cuticulares. Nos bioensaios de eletroantenografia, três compostos presentes no headspace foram ativos para fêmeas de *B. rhynchophorae*. Os compostos identificados nos extratos cuticulares são semelhantes entre as partes analisadas e pertencem à classe dos hidrocarbonetos.

Palavras-chave: Areáceas, Controle Biológico, Compostos Orgânicos Voláteis, Ecologia Química.

INTERACTION BETWEEN *Rhynchophorus palmarum* (L., 1758) (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) AND THE PARASITOID *Billaea rhynchophorae* (BLANCHARD, 1937) (DIPTERA: TACHINIDAE)

ABSTRACT

Rhynchophorus palmarum (L., 1758) (Coleoptera: Curculionidae) is the main pest of areaceae in the Neotropical region. It occurs in several Brazilian states and attacks, in addition to palm trees, several cultures of economic importance. In coconut *Cocos nucifera* L. and oil palm *Elaeis guineensis* Jacq., it causes direct and indirect damage, leading to reduced productivity. The most used control methods are cultural, behavioral and biological, although none of them is efficient, economical and ecologically viable. Parasitoid flies of the genus *Billaea* Robineau-Desvoidy, 1830 (Diptera: Tachinidae) have been used to control pests of large crops in Latin America and, in Brazil, the natural parasitism of *R. palmarum* by *Billaea* spp. in oil palm plantations is recorded, but there are no studies on the chemical ecology of these natural enemies. Thus, the present work aimed to identify Volatile Organic Compounds (VOCs) involved in the pest-parasitoid interaction, as well as the cuticular compounds of *Billaea rhynchophorae* (Blanchard, 1937). The pest and the parasitoid were collected in oil palm plantations in the state of Bahia, Brazil, transported to the Natural Resources Research Laboratory (LPqRN) and kept in BOD. The volatiles from *R. palmarum* larvae and oil palm stem were obtained through the dynamic headspace technique, and cuticular extractions of different parts of *B. rhynchophorae* were also performed using solvent. The headspace and cuticular extracts were analyzed and the compounds were identified by Gas Chromatography coupled to the Flame Ionization Detector (GC-FID) and Gas Chromatography coupled to Mass Spectrometry (GC-MS). Chemical analyzes revealed the presence of 17 compounds in the headspace extracts and seven in the cuticular extracts. In the electroantennography bioassays, three compounds present in the headspace were active for *B. rhynchophorae* females. The compounds identified in the cuticular extracts are similar among the analyzed parts and belong to the hydrocarbon class.

Keywords: Areaceae, Biological Control, Volatile Organic Compounds, Chemical Ecology.

1 INTRODUÇÃO

As palmeiras (Arecaceae) têm grande importância para o Brasil, seja para o uso ornamental ou econômico. Entre elas, destacam-se o dendezeiro *Elaeis guineensis* Jacq. e o coqueiro *Cocos nucifera* L., consideradas oleaginosas de importância econômica, para pequenos, médios e grandes produtores (OLIVEIRA; RIOS, 2014; PAZ; PEDROZA; OLIVEIRA, 2017; BRAINER, 2018).

O Brasil é o quinto maior produtor mundial de coco e tem no Nordeste a principal região produtora (FAOSTAT, 2020; IBGE, 2022). Considerada uma das oleaginosas mais produtivas, o dendê vem sendo utilizado para diversos fins. O Brasil é o décimo maior produtor de óleo de palma, extraído dos frutos (FAO, 2018). Desta forma estas duas culturas apresentam grande importância para o país, principalmente nas regiões Norte e Nordeste.

As palmeiras em geral sofrem com o ataque de diversas insetos-praga, que podem afetar todas as partes da planta, atrasando seu desenvolvimento e prejudicando a produtividade, podendo levar à morte (FERREIRA; MICHEREFF-FILHO, 2002; FERREIRA; LINS, 2006).

Dentre as pragas, destacam-se principalmente a broca-do-olho-do-coqueiro *Rhynchophorus palmarum* (L., 1758) (Coleoptera: Curculionidae), principal praga de arecáceas na região Neotropical e presente na maioria dos estados brasileiros, e *R. ferrugineus* (Olivier, 1790) (Coleoptera: Curculionidae), principal praga de palmeiras a nível mundial, de importância quarentenária ausente no país e que já se encontra em ilhas caribenhas (ABASS; NASSER, 2012; GIBLIN-DAVIS et al., 2013; ROCHAT et al., 2017; DALBON et al., 2019).

A larva de *R. palmarum* é responsável por danos diretos, pois se alimenta e se desenvolve na região apical das plantas. Ao se alimentar, formam galerias no interior das palmeiras, resultando no amarelecimento, murcha e seca foliar, e na morte destas (FERREIRA; LINS, 2006; FERREIRA et al., 2014), enquanto os adultos causam danos indiretos, pois são vetores do nematoide *Bursaphelenchus cocophilus* (Cobb) Baujard, causador do anel-vermelho, uma doença letal para arecáceas (NAVARRO et al., 2002).

Com relação ao controle, os métodos mais utilizados são o cultural, o mecânico, o comportamental e o biológico (FERREIRA et al., 2014). Apesar dessas táticas, não existe uma que seja eficiente, econômica e ecologicamente viável que possa sanar a ocorrência de elevados danos às palmeiras. Portanto, o controle das larvas pode ser uma alternativa a ser explorada, pois a eliminação destas, leva à redução da população da praga no campo e

também pode permitir a recuperação da planta, principalmente se for feita no início da infestação (NEGRISOLI JÚNIOR et al., 2011).

No controle biológico, a mosca-parasitoide *Billaea rhynchophorae* (Blanchard, 1937) (Diptera: Tachinidae) surge como uma alternativa para o controle de coleobrocas (LÖHR; NEGRISOLI; MOLINA, 2019), pois suas larvas se desenvolvem no interior do hospedeiro, consumindo os seus tecidos (O'HARA, 2008). Entretanto, é fundamental entender, através da ecologia química, o comportamento e a forma pela qual os parasitoides interagem com seus hospedeiros (VARGAS; LASTRA; SOLIS, 2013; VARGAS et al., 2018).

A ecologia química estuda as interações entre os organismos da mesma espécie, e entre os organismos e seu ambiente. Nos insetos, substâncias químicas são as principais responsáveis pelo comportamento. Essas substâncias são conhecidas como semioquímicos, quando provocam mudança fisiológica ou comportamental em outro organismo, podendo ainda ter ação intraespecífica (feromônios) ou interespecífica (aleloquímicos) (ZARBIN; RODRIGUES; LIMA, 2009; EL-SHAFIE; FALEIRO, 2017).

Na busca de um método sustentável para o controle desta praga, o presente trabalho tem como objetivo identificar os compostos orgânicos voláteis (COVs) emitidos por larvas de *R. palmarum*, bem como a atratividade de *B. rhynchophorae* a estes COVs, e caracterizar os compostos cuticulares de *B. rhynchophorae*.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância das palmeiras no Brasil

A família Arecaceae tem 240 gêneros e aproximadamente 2700 espécies, predominantemente concentradas nas regiões tropical e subtropical do planeta. Possuem grande importância ecológica e econômica, ampla distribuição e capacidade de adaptação a diversos climas e solos (DRANSFIELD et al., 2008; SOARES et al., 2014).

No Brasil existem 390 espécies de areáceas, a maioria nativa da região amazônica, onde pelo menos cinco gêneros destacam-se pela importância regional, nacional ou internacional, como: *Euterpe*, *Bactris*, *Astrocaryum*, *Oenocarpus* e *Jessenia*. Juntos totalizam 20 espécies com potencial econômico para o agronegócio de frutos, palmito e óleo comestível, bem como alternativa para a produção de biodiesel. Outros gêneros importantes são *Attalea*, *Mauritia* e *Elaeis* (OLIVEIRA; RIOS, 2014).

Muitas espécies destes gêneros citados são utilizadas como plantas ornamentais, outras apresentam grande importância econômica em razão do alto potencial de aproveitamento de diversas partes da planta, destacando-se no mercado internacional o dendezeiro *Elaeis guineensis* Jacq. e o coqueiro *Cocos nucifera* L., consideradas duas das mais importantes oleaginosas do mundo, uma vez que seus derivados passam por um processo de expansão de produção e consumo (LLERAS, 1985; FOALE; HARRIES, 2009; PAZ; PEDROZA; OLIVEIRA; 2017).

2.2 Cultura do coco

O coqueiro é originário das bacias dos oceanos Pacífico e Índico, e atualmente está amplamente distribuído na Ásia, África, América Latina e regiões do Pacífico (GUNN; BAUDOUIN; OLSEN, 2011; CGIAR, 2014). O gênero *Cocos* apresenta apenas a espécie *C. nucifera*, representada por duas principais variedades, a Típica (Gigante) e a Nana (Anã) (TEULAT et al., 2000; ARAGÃO, 2002).

Quinto maior produtor de coco do mundo e detentor da maior produtividade, o Brasil tem área cultivada de cerca de 190 mil hectares e uma produção de 2,33 milhões de toneladas por ano (tabela 1) (FAOSTAT, 2020; IBGE, 2022). A maior parte da produção brasileira vem de pequenos produtores, com áreas inferiores a dez hectares. Com a capacidade de se adaptar a áreas com solo arenoso na costa brasileira, a cultura do coco propiciou o surgimento de uma classe produtora, que passou a ocupar um ecossistema quase inviável a outras atividades agrícolas (SIQUEIRA; ARAGÃO; TUPINAMBÁ, 2002).

Tabela 1. Produção mundial de coco.

País	Produção (toneladas)
Indonésia	17.128.595
Filipinas	14.765.057
Índia	14.682.000
Sri Lanka	2.468.800
Brasil	2.330.949

Fonte: FAOSTAT (2020).

O Nordeste é a principal região produtora de coco, com mais de 1,2 milhões de toneladas de frutos por ano, detém 81% da área plantada e 73,5% da produção nacional. Nela se localizam cinco dos sete principais estados produtores de coco no Brasil (tabela 2).

Tabela 2. Principais estados brasileiros produtores de coco.

Estado	Produção (toneladas)
Ceará	405.019
Bahia	288.192
Pará	189.611
Sergipe	161.113
Espírito Santo	147.077
Pernambuco	137.702
Alagoas	98.556

Fonte: IBGE (2022).

2.3 Cultura do Dendê

O dendezeiro ou palma de óleo *E. guineensis* é nativo da África ocidental e introduzido no Brasil, inicialmente, no estado da Bahia, no fim do século XVI, e, posteriormente, na região amazônica, onde, atualmente, se encontram as maiores áreas cultivadas do país (VENTURIERI et al., 2009).

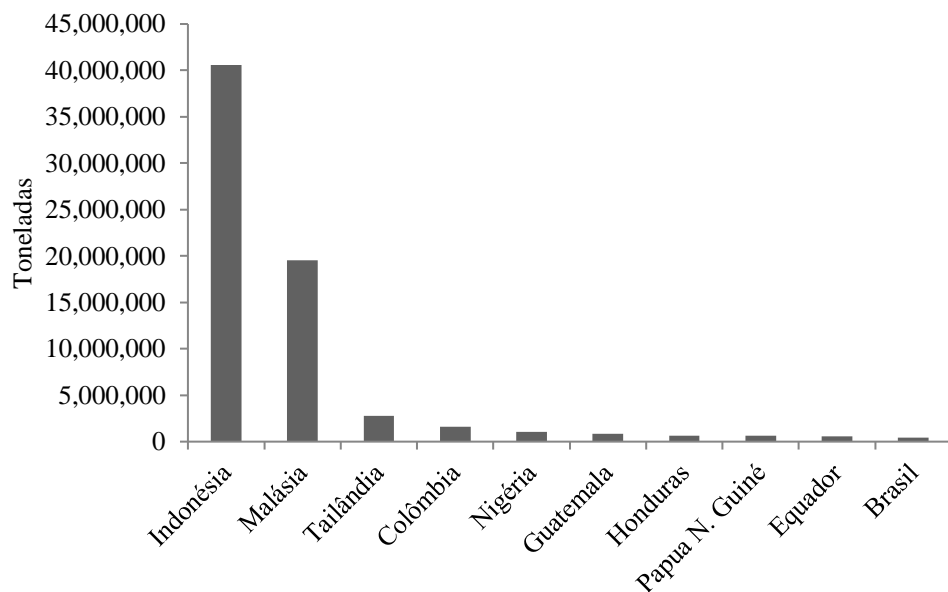
Considerada uma das oleaginosas mais produtivas e com um custo de produção inferior às demais, o dendê vem sendo utilizado para diversos fins na indústria de alimentos,

cosméticos, higiene e limpeza, agroenergia e biocombustíveis (ZIMMER, 2010; SEDAP-PA, 2020).

De acordo com Corley (2009), a cultura do dendê seria responsável por suprir a produção mundial de óleo vegetal no futuro. Esta palmácea produz dois tipos de óleo, o da polpa, conhecido como óleo de palma e o da amêndoa, chamado de óleo de palmiste.

Com uma produção superior a 2,86 milhões de toneladas de cachos e com mais de 202 mil hectares colhidos, o Brasil é o décimo maior produtor de óleo de palma, produzindo 450 mil toneladas (figura 1). A região Norte destaca-se como a principal produtora, com mais de 189 mil hectares plantados e produção superior a 2,83 milhões de toneladas de cachos, bem à frente da região Nordeste, que possui 13 mil hectares e uma produção de 37 mil toneladas de cachos. Pará, Bahia e Roraima são os principais estados produtores (SAMBANTHAMURTHI; SUNDRAM; TAN, 2000; FAO, 2018; IBGE, 2022).

Figura 1. Principais países produtores de óleo de palma.



Fonte: FAO (2018).

2.4 Principais pragas

O coqueiro e o dendezeiro, bem como outras palmáceas, sofrem com o ataque de diversos insetos que atacam folhas, flores, frutos, estipe e as raízes (FERREIRA; MICHEREFF-FILHO, 2002). Dentre as principais pragas, destacam-se coleópteros da família Curculionidae, sendo fatores limitantes para o desenvolvimento das culturas, pois, tanto podem atrasar o crescimento e produção, como também provocar significativas perdas na plantação (CORLEY; TINKER, 2003; FERREIRA; LINS, 2006).

Dentre os curculionídeos, destaca-se o gênero *Rhynchophorus* Herbst, 1795, amplamente distribuído no planeta e com grande importância econômica, devido ao seu potencial destrutivo a várias famílias botânicas, principalmente Arecaceae. Podem atacar plantas em diversos estágios de desenvolvimento, causando danos diretos e indiretos (EPPO, 2007; GIBLIN-DAVIS et al., 2013).

Na região Neotropical, a principal praga deste gênero é a broca-do-olho-do-coqueiro *Rhynchophorus palmarum* (L., 1758) (LÖHR; VÁSQUEZ-ORDOÑEZ; LOPEZ-LAVALLE, 2015). Entretanto, mais recentemente, na década de 2010, foi introduzido nas Américas o bicudo-vermelho *R. ferrugineus* (Olivier, 1790), considerado a principal ameaça do gênero, com alcance mundial, e potencialmente perigosa ao continente americano. Atualmente esta praga está presente na região caribenha, nas Antilhas Holandesas, Curaçao e Aruba, esta última localizada a apenas 26 quilômetros da costa venezuelana, na América do Sul (RODA et al., 2011; EPPO, 2016; ROCHAT et al., 2017; CABI, 2021).

No Brasil, o bicudo-vermelho é uma praga quarentenária ausente, todavia, as autoridades fitossanitárias lançaram o alerta preventivo pelo potencial de *R. ferrugineus*, que poderia colocar em risco plantações nativas e principalmente comerciais de areáceas, sendo necessário criar estratégias preventivas de monitoramento e manejo (DALBON et al., 2019).

2.4.1 Aspectos gerais de *Rhynchophorus palmarum* (L., 1758)

2.4.1.1 Características morfológicas

A espécie *R. palmarum* é holometábola, ou seja, seu ciclo é formado pelas fases de ovo, larva, pupa e adulto. As fêmeas ao serem atraídas para a plantação penetram na região apical das plantas e colocam seus numerosos ovos (NAVARRO et al., 2002; FERREIRA; LINS, 2006). Os ovos são de forma cilíndrica, com as duas extremidades arredondadas. Medem 1,2 mm de comprimento e 0,3 mm de largura, e sua coloração varia de creme a branco. As larvas recém-eclodidas medem 1,5 mm de comprimento e 0,3 mm de largura, são bastante ativas e com suas mandíbulas em movimento constante, possuem o hábito canibal. Em menos de uma hora podem devorar várias larvas e, ao término de uma ou duas horas, podem duplicar ou triplicar sua massa corporal, podendo chegar a medir 7,5 cm de comprimento e 2,5 cm de largura no final de seu desenvolvimento (figura 2) (FERREIRA et al., 2014; LÖHR, 2016).

Figura 2. Larva de *Rhynchophorus palmarum*.

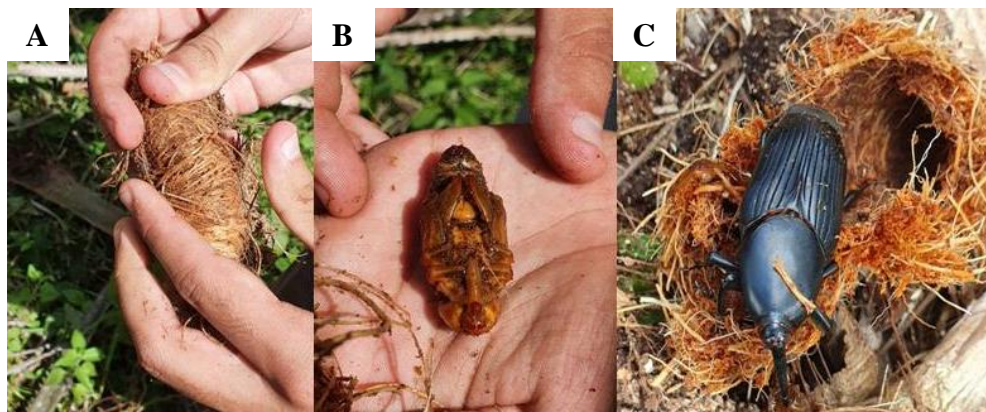


Fonte: Autor (2022).

Do tipo exarada e de cor amarelada, as pupas são formadas dentro de um pupário, conhecido também como casulo, que mede de 8 a 10 cm de comprimento, feito de fibras do substrato onde se alimentam as larvas (figura 3). Este casulo se encontra normalmente próximo da superfície da planta hospedeira, para facilitar a emergência do adulto (FERREIRA et al., 2014; LÖHR, 2016).

Os adultos da broca-do-olho-do-coqueiro são besouros de coloração preta opaca e aveludada, medindo de 45 a 60 mm de comprimento e 15 a 18 mm de largura, e rostro recurvado com 10 a 12 mm de comprimento. Possuem asas anteriores com oito estrias longitudinais e mais curtas que o corpo, deixando a parte terminal do abdome exposta (figura 3) (FERREIRA; LINS, 2006; FERREIRA et al., 2014).

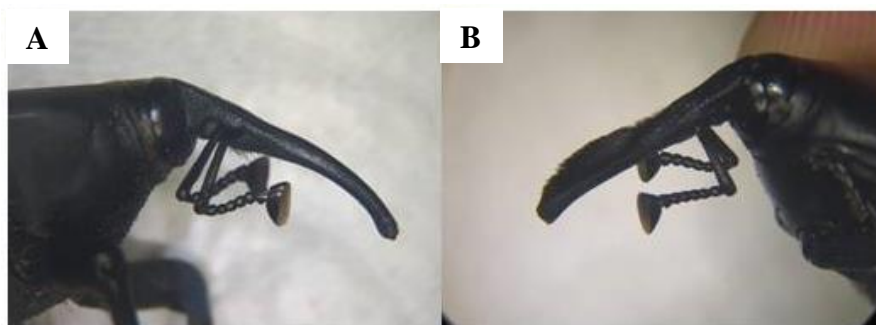
Figura 3. Casulo (A); Pupa (B) e adulto de *Rhynchophorus palmarum* (C).



Fonte: Autor (2022).

Os machos diferem das fêmeas por apresentarem pelos curtos e rígidos em forma de escova na parte dorsal do rostro (figura 4). Podem ser encontrados em qualquer época do ano, têm hábito diurno e noturno e, durante a época de chuvas, sua população aumenta em campo (FERREIRA et al., 2014; SCHLICKMANN-TANK et al., 2020).

Figura 4. Dimorfismo sexual em *Rhynchophorus palmarum*, fêmea (A); macho (B).



Fonte: Autor (2022).

2.4.1.2 Ciclo biológico

As fêmeas colocam 250 ovos durante a vida, em média, 4,2 ovos por dia. Após três dias de incubação, eclodem as larvas que provocam galerias nos tecidos das plantas. O período larval dura de 33 a 62 dias, dependendo da temperatura e da qualidade do alimento. Antes de empupar, existe um período de pré-pupa que normalmente dura de três a cinco dias, e o estágio de pupa varia de 18 a 21 dias. Os adultos de *R. palmarum* possuem, em laboratório, uma longevidade média de 127 dias (machos) e 45 dias (fêmeas) (WILSON, 1963; LOHR, 2016). Segundo Sanchez et al. (1993), o ciclo de vida pode variar de 132 a 215 dias, a depender da fonte alimentar, pois esta tem influência direta no ciclo de vida da broca-do-olho-do-coqueiro.

2.4.1.3 Importância econômica

O besouro *R. palmarum* é considerado a principal praga de arecáceas na região Neotropical. Originária do continente americano, ocorre desde a Argentina até os Estados Unidos, inclusive nas Ilhas Caribenhas (CABI, 2020).

Na América do Sul, onde se encontram 40% das espécies da família Arecaceae (LORENZI, 1996), Brasil, Colômbia e Venezuela são os países que mais sofrem com o ataque de *R. palmarum* (ROCHAT et al., 2000; NAVARRO et al., 2002). No Brasil, esta praga encontra-se distribuída nos estados do Amazonas, Bahia, Maranhão, Minas Gerais, Pará, Paraíba, Paraná, Pernambuco, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, São Paulo (SILVA et al., 1968), Rio Grande do Norte, Sergipe (FERREIRA, 1998), Mato Grosso do Sul (SÁNCHEZ-SOTO; NAKANO, 2002), Alagoas (NEGRISOLI JUNIOR et al., 2011) e Mato Grosso (MOLIN; BARRETO, 2012).

Além de palmeiras como dendezeiro, juçara *Euterpe edulis* Martius, pupunheira *Bactris gasipaes* Kunth, macaúba *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Mart, saguzeiro *Metroxylon sagu* L., palmeira-das-canárias *Phoenix canariensis* Hort ex Chabaud, tamareira *P. dactylifera* L. e coqueiro, esta praga já foi relatada atacando diversas plantas de importância econômica, entre elas cana-de-açúcar *Saccharum officinarum* L. (Poaceae), abacaxizeiro *Ananas comosus* L. Merrill (Bromeliaceae), fruta-do-conde *Annona reticulata* L. (Annonaceae), fruta-pão *Artocarpus altilis* (Parkinson) Fosberg (Moraceae), mamoeiro *Carica papaya* L (Caricaceae), citros *Citrus* spp. (Rutaceae), mangueira *Mangifera indica* L. (Anacardiaceae), bananeira *Musa* spp. (Musaceae), abacateiro *Persea americana* L. (Lauraceae), goiabeira *Psidium guajava* L. (Myrtaceae) e cacauzeiro *Theobroma cacao* L. (Malvaceae) (GRIFFITH, 1987; JAFFÉ; SANCHEZ, 1992; ARAÚJO; ARAÚJO; SANTOS, 1998; BATISTA FILHO et al., 2001; EPPO, 2007; SOLIMAN et al., 2009; FRIZZAS et al., 2020).

2.4.1.4 Danos ocasionados

Nas areáceas, os principais danos diretos causados pela praga estão relacionados à sua fase de larva, que se alimenta e se desenvolve durante todo o seu ciclo na região apical das plantas. Ao se alimentar, formam diversas galerias e destroem o único ponto de crescimento da planta, tendo como resultado o amarelecimento e murchamento das folhas centrais mais novas, seguido de secamento e, por último, da morte das palmeiras (figura 5). A suscetibilidade do coqueiro à broca-do-olho é verificada a partir do terceiro ano do plantio (FERREIRA; LINS, 2006; FERREIRA et al., 2014).

Figura 5. Dendezeiro atacado por *Rhynchophorus palmarum*.



Fonte: Autor (2022).

Os adultos de *R. palmarum* são responsáveis pelos danos indiretos nas palmáceas. Este inseto é vetor principal do nematoide *Bursaphelenchus cocophilus* (Cobb) Baujard, causador do anel-vermelho, doença letal para o coqueiro e outras palmeiras, e possivelmente transmite também o fungo *Thielaviopsis paradoxa* (De Seynes) Höhn, agente causal da resinose (NAVARRO et al., 2002; COSTA E CARVALHO et al., 2011).

2.4.1.5 Estratégias de controle

O controle de *R. palmarum* tem sido basicamente o cultural, o mecânico, o químico ou o biológico, ou ainda o monitoramento e controle de adultos utilizando armadilhas com feromônios sexuais sintetizados (controle comportamental). Com relação ao controle mecânico, existe uma grande limitação ao se fazê-lo, a dificuldade na coleta das larvas, devido ao fato destas se encontrarem na região apical das plantas (FERREIRA et al., 2014). De acordo com o Agrofite (2022), não existe um produto químico registrado para o controle da broca-do-olho-do-coqueiro.

2.4.1.5.1 Controle comportamental

O monitoramento constante da área é fundamental para a tomada da decisão sobre a melhor estratégia de manejo a ser utilizada no controle da praga (CYSNE et al., 2013). Para Torre, Torre e Moya (2011), o controle deve ser adotado diante da ocorrência de mais de cinco indivíduos de *R. palmarum* capturados em um mês. No caso de áreas de grande produção comercial, o controle deve ser adotado independentemente do número de indivíduos.

O controle comportamental é o manejo mais utilizado e o que traz os melhores resultados. Nele, os adultos são facilmente atraídos por odores exalados de uma fonte alimentar associada a um feromônio sintético de agregação (CYSNE et al., 2013). Este método elimina o uso de inseticidas, trazendo uma considerável economia ao produtor, não interfere negativamente em outros organismos, como os inimigos naturais, tendo em vista que possui ação seletiva a pragas e não causa distúrbio no equilíbrio ecológico, pois não polui e é atóxico (ROCHAT et al., 1991; SHANI, 2000; MOREIRA; ZARBIN; CORACINI, 2005; WITZGALL; KIRSH; CORK, 2010).

O feromônio de agregação 6-methyl-2(E)-hepten-4-ol, denominado Rincoforol, é produzido pelos machos de *R. palmarum*. Este feromônio é colocado no interior de armadilhas junto com material atrativo, aumentando desta forma a eficiência de captura da praga. Além disso, essas armadilhas proporcionam também o monitoramento da praga. Vários modelos de armadilhas podem ser utilizados na captura dos adultos em plantações de coqueiro e dendezeiro, tendo destaque a armadilha tipo balde (FERREIRA et al., 2014).

A armadilha do tipo balde consiste em um balde plástico com tampa e capacidade para 100 litros. São feitos três ou quatro furos na tampa, com aproximadamente 8 cm de diâmetro, neles são presos funis com abertura de até 10 cm, onde o feromônio (envelope ou cápsula) fica pendurado. No interior dos baldes são colocados aproximadamente 35 toletes de cana-de-açúcar com cerca de 40 cm de comprimento cada, que devem ser amassados para acelerar o processo de fermentação ou apenas cortados longitudinalmente (MOURA et al., 1990; FERREIRA et al., 2014)

As armadilhas com o material atrativo (cana+feromônio) devem ser distribuídas na periferia do plantio, protegidas do sol, espaçadas com 500 metros entre si e, quinzenalmente, monitoradas para troca do material atrativo e eliminação dos adultos, que após serem capturados, são colocados dentro de garrafas pets e expostos diretamente ao sol para serem mortos (FERREIRA et al., 2014).

2.4.1.5.2 Controle biológico

O controle biológico se apresenta como uma alternativa viável, iscas contaminadas com esporos do fungo *Beauveria bassiana* (Bals) podem ser utilizados no controle de adultos de *R. palmarum*, por auto disseminação (LEÓN-MARTÍNEZ; CAMPOS-PINZÓN; ARGUELLES-CÁRDENAS, 2019). Porém, as inspeções às armadilhas para a sua manutenção ou remoção dos adultos devem ser realizadas constante e periodicamente (FERREIRA; MICHEREFF FILHO, 2002), pois, quando manejadas erroneamente, as iscas

podem atrair ainda mais insetos, aumentando a população da praga e os níveis de infestação (NEGRISOLI JUNIOR et al., 2011).

Para Negrisoli Junior et al. (2011), apesar de existirem diversas táticas de controle, ainda não existe uma que seja eficiente, econômica e ecologicamente viável que possa eliminar a ocorrência de elevados danos às arecáceas. Portanto, o controle das larvas pode ser uma alternativa a ser explorada, pois a eliminação destas, leva à redução da população do inseto no campo e também pode permitir a recuperação da planta, principalmente se for feita no início da infestação. Sendo assim, o uso de inimigos naturais, poderia vir a ser uma destas táticas.

Existem relatos de parasitismo das larvas de *R. palmarum* por dípteros parasitoides da família Tachinidae. Silva et al. (1968) citaram as moscas *Billaea rhynchophorae* (Blanchard, 1937) e *B. claripalpis* (Wulp, 1896) (Diptera: Tachinidae). Guimarães (1977) também relatou a ocorrência de *B. rhynchophorae* parasitando *R. palmarum*. Posteriormente foi constatado o parasitismo de *B. menezesi* (Guimaraes, 1977) em pupas da broca-do-olho-do-coqueiro (MOURA; MAURIAU; DELABIE, 1993). Ainda neste sentido, Moura et al. (2006) avaliaram a ocorrência de *B. rhynchophorae* sobre larvas de *R. palmarum* em plantações da palmeira piaçava *Attalea funifera* Mart. e dendê no sudeste da Bahia.

2.5 Família Tachinidae

Com cerca de 1520 gêneros e quase 10 mil espécies, a família Tachinidae é uma das maiores da ordem Diptera. Presente em todas as regiões biogeográficas do mundo, esta família destaca-se dentre os demais dípteros devido à sua biologia e alta diversidade. Apresentam grande variedade morfológica e ecológica, com espécimes de 2 mm a até mais de 20 mm de comprimento, que habitam os mais diferenciados ambientes do planeta, como as savanas, montanhas, florestas, desertos e tundras (STIREMAN; O'HARA; WOOD, 2006; O'HARA, 2013; 2014). Segundo Stireman, O'Hara e Wood (2006), os taquinídeos perdem apenas para os Hymenoptera em diversidade e importância ecológica como parasitoides de insetos. No Brasil, existem cerca de 720 espécies já identificadas (CARVALHO et al., 2012).

Todas as espécies conhecidas são endoparasitoides de outros artrópodes, principalmente insetos das ordens Coleoptera, Lepidoptera, Hemiptera, Orthoptera e Hymenoptera. Apesar de esses registros de parasitismo compreenderem uma pequena parcela do total de espécies, acredita-se que o parasitismo é uma característica de toda a família (TOMA; NIHEI, 2006). Para Meier, Kotrba e Ferrar (1999), os taquinídeos apresentam também uma grande variedade nos tipos de hospedeiros, bem como em suas interações. As

espécies apresentam oviparidade, ovoviviparidade e viviparidade (larviparidade), com as mais variadas formas de abordagem aos hospedeiros (WOOD, 1987; STIREMAN; O'HARA; WOOD, 2006).

Com relação à oviparidade, a oviposição pode ser feita diretamente na cutícula ou no interior do hospedeiro, ou ainda a deposição indireta de ovos, na qual as fêmeas ovipositam micro-ovos no substrato que o hospedeiro se alimentará e, conseqüentemente ingerirá esses ovos do parasitoide. Para ovoviviparidade e larviparidade, habitualmente as larvas eclodem ou são liberadas, na forma de planídios, no substrato. Nestes dois casos, podem aguardar a chegada do hospedeiro ou buscá-lo ativamente (WOOD, 1987; STIREMAN; O'HARA; WOOD, 2006).

2.5.1 Gênero *Billaea* Robineau-Desvoidy, 1830

Pertencente à subfamília Dexiinae, o gênero *Billaea* está amplamente distribuído em diversas regiões do planeta (O'HARA, 2014). A espécie-tipo *Billaea grisea* Robineau-Desvoidy, 1830 (Diptera: Tachinidae) foi descrita pelo médico e entomologista francês especializado no estudo de dípteros, André Jean Baptiste Robineau-Desvoidy, em 1830. Na região Neotropical existem ao menos oito espécies do gênero (GUIMARÃES, 1971; 1977; TOMA; NIHEI, 2006).

O gênero tem difícil identificação devido às semelhanças com outros gêneros da subfamília Dexiinae (ZHANG et al., 2015). Crosskey (1976) e Mesnil (1980) caracterizam o gênero através das seguintes combinações: vértice estreito no macho (menos de $\frac{1}{4}$ da cabeça), placa fronto-orbital com pelos finos, mais ou menos densos; carena facial geralmente baixa e às vezes desenvolvida; primeiro flagelômero 1,5 a 4,5 vezes mais longo que o pedicelo; lobo pós-pronotal com três a cinco cerdas, quatro cerdas dorsocentrals no escudo pós-sutural, duas ou três cerdas catepisternais, uma cerda anepimeral desenvolvida, segundo setor costal da asa nu ventralmente, célula r4+5 aberta, dobras da veia M angulada, geralmente com um pequeno apêndice; pernas de comprimento médio, tarsos anteriores quase tão longos quanto a altura da cabeça, tíbia média com duas a três cerdas anterodorsais, tíbia posterior do macho geralmente com uma fileira de cerdas anterodorsais regulares de igual comprimento e espaçamento; abdome oval a oval longo, sintergito 1+2 escavado medialmente até sua margem posterior, geralmente sem cerdas nas margens medianas em ambos os sexos, tergitos 3 e 4 sem cerdas discais medianas e tergito 5 com cerdas discais medianas nos machos (figura 6).

Figura 6. Exemplar adulto de *Billaea rhynchophorae*.



Fonte: Autor (2022).

De acordo com Clausen (1940), o gênero *Billaea* se distingue dos demais gêneros da subfamília Dexiinae por apresentar espécimes que incubam seus ovos no oviduto. As fêmeas depositam larvas ou ovos que eclodem imediatamente após a oviposição.

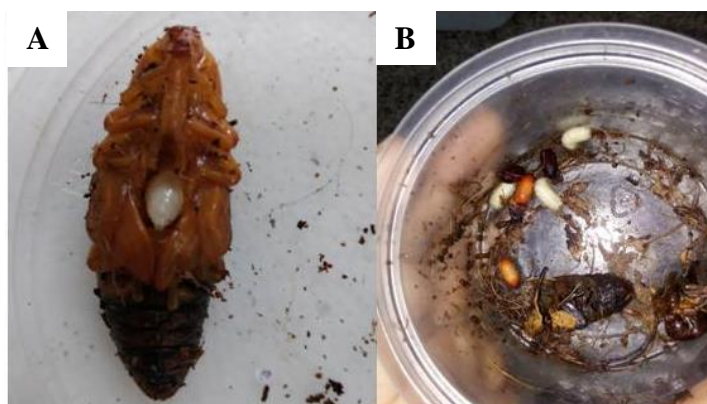
2.5.2 *Billaea* spp. no Brasil

Atualmente, as espécies, *B. menezesi*, *B. rhynchophorae* e *B. claripalpis* são registradas para o Brasil. Apesar dos relatos dessas espécies parasitando outros insetos, são escassas as informações sobre a biologia e taxonomia dessas moscas.

Guimarães (1971) descreveu os machos adultos de *B. menezesi* com as seguintes características: 7 a 10 mm de comprimento, cabeça amarelo-pálida a dourada, distância da frente até o vértice de 0,18 a 0,20 vezes a largura da cabeça, antenas amarelo-claras, e o terceiro segmento marrom com base amarela. Tórax de coloração marrom-escura a preta, coberto com um pó branco ou amarelo-claro, e mesonoto com três linhas pretas distintas. Asas hialinas com caliptras brancas, levemente testáceas. Abdome com o quinto segmento avermelhado no ápice, e o quarto e quinto segmentos apresentam uma banda mediana marginada.

De acordo com Moura, Mariau e Delabie (1993), *B. menezesi* apresentou uma taxa média de parasitismo, em larvas e pupas de *R. palmarum*, de 51%. Neste viés, Moura et al. (2006) constataram que o parasitismo de *B. rhynchophorae* em larvas de *R. palmarum* (figura 7) é de até 57%, a depender da época do ano e do hospedeiro.

Figura 7. Pupa de *Rhynchophorus palmarum* parasitada por *Billaea rhynchophorae* (A); Larvas e pupários de *Billaea rhynchophorae* (B).



Fonte: Diego Jorge (2019).

Além do hospedeiro, outro aspecto importante é o estágio em que a planta atacada pela praga se encontra. Moura, Mariau e Delabie (1993) constataram que, em dendezeiros com estágio inicial de ataque, a presença do parasitoide *B. menezesi* é praticamente inexistente, entretanto em plantas com estágio avançado, a presença da mosca parasitando a broca-do-olho é constante.

Podem ser observadas diferenças no comportamento das larvas de *R. palmarum*, dependendo da palmeira hospedeira, ou mesmo diferença na preferência das moscas parasitoides por cairomônios emitidos por espécies de arecáceas (LÖHR; NEGRISOLI; MOLINA, 2019). Estudos têm mostrado que os taquinídeos são capazes de distinguir cairomônios de diferentes plantas (ROTH; KING; HENSLEY, 1982; ROLAND; EVANS; MYERS, 1989), bem como secreções do hospedeiro ou excrementos produzidos por pragas (CLEMENT; RUBINK; McCARTNEY, 1986; ALDRICH; ROSI; BIN, 1995; SUAZO et al., 2006).

Os voláteis induzidos após o ataque dos herbívoros vêm despertando interesse na comunidade científica, estes não só guiam os inimigos naturais em direção à planta hospedeira da presa, mas também na mediação de diversas interações ecológicas que possuem potencial para o desenvolvimento de novas estratégias de controle de pragas (PICKETT et al., 2006).

2.6. Semioquímicos

Os insetos possuem várias maneiras de exercer suas relações ecológicas com o ambiente e outros organismos, uma das mais importantes é a comunicação por meio de

compostos químicos. Estes compostos atuam como gatilhos fisiológicos de reações comportamentais específicas no indivíduo receptor. Estas substâncias são denominadas de semioquímicos, e é através da detecção e emissão destes compostos que os insetos encontram parceiros para acasalamento, alimento ou presa, defesa contra predadores, e organizam comunidades (ZARBIN; RODRIGUES; LIMA, 2009).

Os semioquímicos têm duas classificações, a primeira está relacionada à espécie do emissor e do receptor do sinal químico, e a segunda, de acordo com os resultados desta comunicação. Quando o emissor e o receptor do sinal químico são da mesma espécie, o semioquímico é chamado de feromônio. Em contrapartida, quando estes compostos intermedeiam relações entre indivíduos de espécies diferentes (relação interespecífica), o semioquímico é denominado aleloquímico (MOREIRA; ZARBIN; CORACINI, 2005; ZARBIN; RODRIGUES; LIMA, 2009).

2.6.1 Aleloquímicos

Os aleloquímicos são semioquímicos usados na comunicação de indivíduos de espécies distintas (MORI, 2013). Esses compostos são classificados através do ganho ou prejuízo ecológico que geram para o emissor e para o receptor, e estão divididos em quatro grupos (NORDLUND; LEWIS, 1976; LARA, 1991):

Alomônios: são sinais químicos que beneficiam apenas o emissor do sinal químico. Evocam no receptor uma resposta comportamental ou fisiológica que é adaptativamente favorável ao emissor (DICKE; SABELIS, 1988).

Cairomônios: sinais químicos que favorecem apenas a espécie receptora. Evoca no receptor uma resposta comportamental ou fisiológica favorável a si, mas não ao emissor (DICKE; SABELIS, 1988), e podem ser emitidos pelo hospedeiro de forma direta (cutícula do herbívoro) ou indireta (fezes, exúvias, secreções glandulares e sedas) (SULIVAN et al., 2000; REDDY et al., 2002; STEIDLE; VAN LOON, 2003; BUITENHUIS et al., 2004).

Sinomônios: sinais químicos que beneficiam ambas as espécies. Evocam no receptor da informação uma resposta comportamental ou fisiológica favorável a si e também ao emissor (DICKE; SABELIS, 1988).

Apneumônios: são aleloquímicos liberados por material em decomposição e atraem inimigos naturais, ou seja, despertam reação comportamental ou fisiológica ao organismo receptor, em detrimento de outra espécie que possa ser encontrada sobre ou dentro daquele material emissor (SILVA et al., 2012).

2.7 Interação tritrófica: planta × herbívoro × inimigo natural

As interações tritróficas entre plantas, herbívoros e seus inimigos naturais fazem parte de todos os ecossistemas terrestres. Os voláteis de plantas induzidos por herbívoros (HIPVs) desempenham um papel fundamental nessas interações, pois através deles ocorre atração de predadores e parasitoides para plantas atacadas (TURLINGS; ERB, 2018).

As plantas podem exercer muitos efeitos, diretos e indiretos, positivos e negativos, não apenas nos herbívoros, mas também nos inimigos naturais. Desta forma, este terceiro nível trófico deve ser considerado como parte do conjunto de defesas de uma planta contra herbívoros (PRICE et al., 1980).

Os parasitoides, em geral, mostram uma habilidade aguçada para reconhecer HIPVs que estão associados aos seus hospedeiros específicos. Nos parasitoides especializados, essa habilidade pode ser inata (MORAES et al., 1998). Em contrapartida, os parasitoides generalistas aprendem a distinguir entre diferentes misturas de HIPVs, ajudando-os a se concentrar nas pistas mais lucrativas (VET; LEWIS; CARDÉ, 1995).

De acordo com Degen et al. (2004), cada espécie e até mesmo cada genótipo de planta libera sua própria mistura específica, e as quantidades e proporções em que são liberadas também variam de acordo com o herbívoro que está se alimentando de uma planta e podem até fornecer informações sobre a hora do dia em que se alimenta (SHIOJIRI; OZAWA; TAKABAYACHI, 2006; SHIMODA et al., 2012).

REFERÊNCIAS

- ABBASS M. K.; NASSER S. A. Ecological studies and evaluation of some aggregation pheromone types with measuring the potential of female reproductive system in red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier). **Natural Sciences.**, v. 10, n. 12, p. 188-193, 2012.
- ALDRICH, J. R.; ROSI, M. C.; BIN, F. Behavioral correlates for minor volatile compounds from stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae). **Journal of Chemical Ecology**, v. 21, n. 12, p. 1907-1920, 1995.
- ARAGÃO, W. M. (Ed) **Coco: pós-colheita**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 76 p. (Frutas do Brasil, 29), 2002.
- ARAÚJO, J. C. A.; ARAÚJO, A. E.; SANTOS, A. F. Flutuação populacional de *Rhynchophorus palmarum* e associação de *Bursaphelenchus cocophilus* em dendezeiros no estado do Amazonas. **Fitopatologia Brasileira**, v. 23, p. 26-28, 1998.
- BRAINER, M. S. C. P. Produção de coco: o Nordeste é destaque nacional. **Caderno Setorial Etene**, n. 61, 2018.
- BUITENHUIS, R. et al. The role of honeydew in host searching of aphid hyperparasitoids. **Journal of Chemical Ecology**, v. 30, n. 2, p. 273-285, 2004.
- CABI. *Rhynchophorus ferrugineus* (Red palm weevil) datasheet. 2021. Invasive species compendium. Disponível em: <<https://www.cabi.org/isc/datasheet/47472#toDistributionMaps>>. Acesso em 23 dez. 2021.
- CABI. *Rhynchophorus palmarum* (South America palm weevil) datasheet. 2020. Invasive species compendium. Disponível em: <<https://www.cabi.org/isc/datasheet/47473>>. Acesso em 20 dez. 2021.
- COSTA E CARVALHO, R. R. et al. Longevidade de *Thielaviopsis paradoxa*, agente causal da resinose do coqueiro em *Rhynchophorus palmarum*. **Scientia Plena**, v. 7, n. 4, p. 1-6, 2011.
- CARVALHO, C. J. B. et al. **Diptera**. In: RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R.; CARVALHO, C. J. B. DE; CASARI S. A.; Constantino, R. eds. **Insetos do Brasil, Diversidade e Taxonomia**. Ribeirão Preto, Holos, p.701-743, 2012.

CLAUSEN, C.P. **Entomophagous Insects**. Hafner. New York, 1940.

CLEMENT, S. L.; RUBINK, W. L.; McCARTNEY, D. A. Larviposition response of *Bonnetia compta* (Dipt.: Tachinidae) to a kairomone of *Agrotis ipsilon* (Lep.: Noctuidae), **Entomophaga**, v. 31, n.1, p. 277-284, 1986.

CROSSKEY, R.W. A taxonomic conspectus of the Tachinidae (Diptera) of the Oriental Region. **Bulletin of the British Museum (Natural History), Entomology Supplement**, 26, 1-357, 1976.

CORLEY, R. H. V. How much palm oil do we need? **Environmental Science and Policy**, v.12, p.134-139.2009.

CORLEY, H.; TINKER, B. **The palm oil**. 4. ed. Oxford: Blackwell Science, 608 p., 2003.

COSTA E CARVALHO, R. R. et al. Longevidade de *Thielaviopsis paradoxa*, agente causal da resinose do coqueiro em *Rhynchophorus palmarum*. **Scientia Plena**, v. 7, n. 4, p. 1-6, 2011.

CYSNE, A. Q.; RIOS, S. A.; KRUG, C.; LIMA, W. A. A. **Manejo de *Rhynchophorus palmarum* em campo de produção de sementes de palma de óleo**. Documentos. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 28 p., n. 107, 2013.

DALBON, V. et al. Early Detection and Preventive Control of *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera Curculionidae): a Quarantine Pest in Brazil. **Arab Journal for Plant Protection**, v. 37, n. 2, p. 130-135, 2019.

DEGEN, T. et al. High genetic variability of herbivore-induced volatile emission within a broad range of maize inbred lines. **Plant Physiology**, v. 135, p. 1928-1938, 2004.

DICKE, M.; SABELIS, M. W. Infochemical terminology: based on cost-benefit analysis rather than origin of compounds?. **Functional Ecology**, v. 2, n. 2, p. 131-139, 1988.

DRANSFIELD, J. et al. **Genera Palmarum: The Evolution and Classification of Palms** Kew. UK: Kew Publishing, 2008.

EL-SHAFIE, H. A. F.; FALEIRO, J. R. Semiochemicals and their potential use in pest management. **InTech - Open Science Open Minds**, p. 3-22, 2017.

EUROPEAN AND MEDITERRANEAN PLANT PROTECTION ORGANIZATION – EPPO. *Rhynchophorus ferrugineus* and *Rhynchophorus palmarum*. **EPPO Bulletin**, n. 37, p. 571-579, 2007.

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **World Production**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/342/default.aspx>>. Acesso em: 30 jan. 2022.

FERREIRA, J. M. S.; MICHEREFF FILHO, M. **Pragas e métodos de controle**. In: FONTES, H. R.; FERREIRA, J. M. S.; SIQUEIRA, L. A. **Sistema de produção para a cultura do coqueiro**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 63 p., 2002.

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, 88 p., 2006.

FERREIRA, J. M. S. et al. **Manejo integrado da broca-do-olho-do-coqueiro *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae)**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros. Comunicado Técnico 141, 8 p., 2014.

FERREIRA, J. M. S. et al. **Pragas do coqueiro**. In: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. (Ed.) **A cultura do coqueiro no Brasil**. 2 ed. Brasília: Embrapa – SPI; Aracaju: Embrapa – CPATC, p.189-267, 1998.

FOALE, M.; HARRIES, H. Farm and forestry production and marketing profile for coconut (*Cocos nucifera* L.). In: ELEVITCH, C. R. (Ed.). **Specialty Crops for Pacific Island Agroforestry**: Permanent Agriculture Resources (PAR), 2009. Disponível em: http://agroforestry.net/images/pdfs/Coconut_specialty_crop.pdf. Acesso em 31 jan. 2022.

FRIZZAS, M. R. et al. **Aspectos Fitossanitários da Macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd ex. Martius]: principais pragas e doenças**. Planaltina-DF, Embrapa Cerrados, 36 p., 2020.

GIBLIN-DAVIS, R. M. et al. Biology and Management of the Red Palm Weevil, *Rhynchophorus ferrugineus*. **Potential Invasive Pests of Agricultural Crops**, p. 1-34, 2013.

GRIFFITH, R. Red rind disease of coconut palm. **Plant Disease**, v. 71, n. 2, p. 193-196, 1987.

GUIMARÃES, J. H. 1971. **Family Tachinidae (Larvaevoridae)**. In: Papavero, N. ed. **A catalog of the Diptera of the Americas South of the United States**. São Paulo, Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, p.1-333, v. 104, 1971.

GUIMARÃES, J. H. A revision of the genus *Parathesia* Townsend (Diptera: Tachinidae, Theresiini). **Papéis Avulsos de Zoologia**, São Paulo, v. 30, n. 18, p. 267-288, 1977.

GUNN, B. F.; BAUDOUIN, L.; OLSEN, K. M. Independent origins of cultivated coconut (*Cocos nucifera* L.) in the Old World tropics. **PLOS ONE**, v. 6, n. 6, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção Agrícola Municipal**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613#resultado>>. Acesso em 02 fev. 2022.

JAFFÉ, K.; SANCHEZ, P. **Informe final proyecto para el estudio etológico de *Rhynchophorus palmarum***. Caracas: Universidade Simón Bolívar – Fonaiap, 138 p., 1992.

LARA, F. M. **Princípios de resistência de plantas a insetos**. São Paulo, Ícone, 2 ed., 1991.

LEÓN-MARTÍNEZ, G. A.; CAMPOS-PINZÓN, J. C.; ARGUELLES-CÁRDENAS, J. H. Patogenicidad y autodiseminación de cepas promisorias de hongos entomopatógenos sobre *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Dryophthoridae). **Agronomía Mesoamericana**, v. 30, n. 3, p. 631-646, 2019.

LLERAS, E. **Acrocomia um gênero com grande potencial**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, v. 1, 35 p., 1985.

LÖHR, B. L. **Manual de cria del picudo negro de las palmas, *Rhynchophorus palmarum***. Mosquera: Corpoica, 62 p., 2016.

LÖHR, B.; NEGRISOLI, A.; MOLINA, J. P. *Billaea rhynchophorae*, a palm weevil parasitoid with global potential. **Arab Journal of Plant Protection**, v. 37, n. 2, p. 101-108, 2019.

LÖHR, B.; VÁSQUEZ-ORDOÑEZ, A. A.; LOPEZ-LAVALLE, L. A. B. *Rhynchophorus palmarum* in Disguise: Undescribed Polymorphism in the “Black” Palm Weevil. **PLoS ONE**, v. 10, n. 12, p. 1-14, 2015.

- LORENZI, H. **Palmeiras no Brasil: exóticas e nativas**. Nova Odessa: Plantarum, 303 p., 1996.
- MEIER, R.; KOTRBA, M.; FERRAR, P. Ovoviviparity and viviparity in the Diptera. **Biological Reviews of Cambridge Philosophical Society**, v. 74, n. 3, p. 199-258, 1999.
- MESNIL, L. P. **Dexiinae**. In: Lindner, E. (Ed.), **Die Fliegen der palaearktischen Region**. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, p. 1-52, 1980.
- MOLIN, I. L. D.; BARRETO, M. R. Ocorrência e controle de Curculionidae em *Cocos nucifera* L. em Sinop, Mato Grosso. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 53-64, 2012.
- MORAES, C. M. et al. Herbivore-infested plants selectively attract parasitoids. **Nature**, v. 393, p. 570-573, 1998.
- 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, 472-477, 2005.
- MORI, K. **Chemical Ecology**. In: **Reference Module in Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering**. Elsevier, 2 p., 2013.
- MOURA, J. I. L. et al. Diferentes tipos de armadilhas e iscas no controle de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) Bahia. **Agrotrópica**, v. 2, n. 3, p. 165-169, 1990.
- MOURA, J. I. L.; MAURIAU, D.; DELABIE, J. H. C. Eficiência de *Paratheresia menezesi* Townsend (Diptera: Tachinidae) no controle biológico natural de *Rhynchophorus palmarum* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). **Oléagineux**, v.48, n. 5, p. 219-223, 1993.
- MOURA, J. I. L. et al. Natural efficiency of parasitism by *Billaea rhynchophorae* (Blanchard) (Diptera: Tachinidae) for the control of *Rhynchophorus palmarum* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). **Neotropical Entomology**, v. 35, n. 2, p. 273-274, 2006.
- NAVARRO, D. M. A. F. et al. Aspectos práticos relacionados ao uso do rinfocol, o feromônio de agregação da broca-do-olho-do-coqueiro *Rhynchophorus palmarum* (Coleoptera: Curculionidae) no controle de pragas do coqueiro. Análise de sua eficiência em campo. **Química Nova**, v. 25, n. 1, p. 32-36, 2002.

NEGRISOLI JUNIOR, A. S. et al. **Criação em laboratório da broca-do-olho-do-coqueiro *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) visando pesquisas para o controle de suas larvas.** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros. Comunicado Técnico, 6 p., 2011.

NORLUND, D. A.; LEWIS, W. J. Terminology of chemical-releasing stimuli in intraspecific and interespecific interactions. **Journal of Chemical Ecology**, v. 2, n. 2, p. 211-220, 1976.

O'HARA, J. E. **Tachinid flies (Diptera: Tachinidae).** In: CAPINERA, J. L. (Ed.). **Encyclopedia of Entomology.** Springer Netherlands, Dordrecht, p. 3675-3686, 2008.

O'HARA, J. E. **World genera of the Tachinidae (Diptera) and their regional occurrence.** 87 p., 2014.

O'HARA, J. E. History of tachinidae classification (Diptera, Tachinidae). **Zookeys**, v. 316, p. 1-34, 2013.

OLIVEIRA, M. S. P.; RIOS, S. A. **Potencial econômico de algumas palmeiras nativas da Amazônia.** In: VI Encontro Amazônico de Agrárias “Atuação das ciências agrárias nos sistemas de produção e alterações ambientais”, Belém, PA. **Anais**, v. 1, p.1-19, 2014.

PAZ, E. C. S.; PEDROZA, M. M.; OLIVEIRA, L. R. A. Alternativa de exploração sustentável dos resíduos do coco verde para a produção de energia. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 6, n. 2, p. 1-28, 2017.

PICKETT, J. A. **Chemical ecology: from gene to ecosystem;** Dicke, M.; Takken, W., eds.; Springer, cap 11, 2006.

PRICE, P. W. et al. Interactions among three trophic levels: Influence of plants on interactions between insect herbivores and natural enemies. **Annual Review of Entomology**, v. 11, p. 41-65, 1980.

REDDY, G. V.; HOLPZINEN, J. K.; GUERRERO, A. Olfactory responses of *Plutella xylostella* natural enemies to host pheromone, larval frass, and green leaf cabbage volatiles. **Journal of Chemical Ecology**, n. 28, p. 131-143, 2002.

ROCHAT, D. et al. Evidence for male produced aggregation pheromone in the American palm weevil, *Rhynchophorus palmarum*. **Journal of Chemical Ecology**, v. 17, n. 6, p. 1221-1230, 1991.

ROCHAT, D. et al. *Rhynchophorus ferrugineus*: Taxonomy, Distribution, Biology and Life Cycle. In: Colazza, Stefano; Soroker, Victoria (ed.). **Handbbook of Major Palm Pests**, Chapter: 4. Publisher: Wiley Blackwell, p. 69-104, 2017.

ROCHAT, D. et al. Identification of pheromone synergists in American palm weevil, *Rhynchophorus palmarum* and attraction of related *Dynamisborassi*. **Journal of Chemical Ecology**, v. 26, p. 155-187, 2000.

RODA, A. et al. Red Palm Weevil, (*Rhynchophorus ferrugineus*), an Invasive Pest Recently Found in the Caribbean that threatens the region. **EPP0 Bulletin**, v. 41, p. 116-121, 2011.

ROLAND, J.; EVANS, W. G.; MYERS, J. H. Manipulation of oviposition patterns of the parasitoid *Cyzenis albicans* (Tachinidae) in the field using plant extracts. **Journal of Insect Behavior**, v. 2, p. 487-503, 1989.

ROTH J. P.; KING E. G.; HENSLEY S. D. Plant, host, and parasite interactions in the host selection sequence of the tachinid *Lixophaga diatraeae*. **Environmental Entomology**, v. 11, p. 273–277, 1982.

SAMBANTHAMURTHI, R.; SUNDRAM, K.; TAN, Y. A. Chemistry and biochemistry of palm oil. **Progress in Lipid Research**, v.39, n.6, p. 507-558. 2000.

SÁNCHEZ, P. et al. Biología y comportamiento del picudo del cocotero *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae). **Boletín Entomológico de Venezuela**, v. 8, n. 1, p. 83-93, 1993.

SANCHEZ-SOTO, S.; NAKANO, O. Registro de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) no estado do Mato Grosso do Sul. **Neotropical Entomology**, v. 31, n. 4, p. 659-660, 2002.

SCHLICKMANN-TANK, J. A. et al. Detección y variación temporal de *Rhynchophorus palmarum* (Linnaeus) (Coleoptera: Dryophthoridae) em cultivos de *Acromia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex Mart. em Itapúa, Paraguay. **Revista Chilena de Entomologia**, v. 46, n. 2, p. 163-169, 2020.

SEDAD/PA – SECRETARIA DE ESTADO DE DESENVOLVIMENTO AGROPECUÁRIO E DA PESCA/PARÁ. Dendê. 2020. Disponível em :<<http://www.sedap.pa.gov.br/content/dend%C3%AA>>. Acesso em 15 fev. 2022.

SHANI, A. Chemical communication agents (pheromones) in integrated pest management. **Drug Development Research**, v. 50, p. 400-405, 2000.

SHIMODA, T. et al. The effect of genetically enriched (E)- β -ocimene and the role of floral scent in the attraction of the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* to spider mite-induced volatile blends of torenia. **New Phytologist**, v. 193, n. 4, p. 1009-1021, 2012.

SHIOJIRI, K.; OZAWA, R.; TAKABAYASHI, J. Plant Volatiles, Rather than Light, Determine the Nocturnal Behavior of a Caterpillar. **PLoS Biology**, v. 4, n. 6, p. 1044-1047, 2006.

SILVA, A. G. et al. **Quarto catálogo dos insetos que vivem nas plantas do Brasil. Seus parasitas e predadores**. Rio de Janeiro: Serviço de Defesa Sanitária Vegetal, 622 p., 1968.

SILVA, A. G. et al. Interação tritrófica: Aspectos gerais e suas implicações no Manejo Integrado de Pragas. **Nucleus**, v. 9, n. 1, 2012.

SIQUEIRA, L. A.; ARAGÃO, W. M.; TUPINAMBÁ, E. A. **A introdução do coqueiro no Brasil - Importância Histórica e Agronômica**. Documentos. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 24 p., 2002.

SOARES, K. P. et al. **Palmeiras (Arecaceae) no Rio Grande do Sul, Brasil**. *Rodriguésia*, v. 65, p. 113-139, 2014.

SOLIMAN, E. P. et al. Diferentes iscas atrativas para monitoramento populacional de *Metamasius* sp. (Coleoptera: Curculionidae) no cultivo da pupunheira. **Revista Eletrônica de Agronomia**, v.16, n.2, p.1-6. 2009.

STEIDLE, J. L. M.; VAN LOON, J. J. A. Dietary specialization and infochemical use in carnivorous arthropods: testing a concept. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 108, n. 3, p.133-148, 2003.

STIREMAN, J. O.; O'HARA, J. E.; WOOD, D. M. Tachinidae: Evolution, Behavior, and Ecology. **Annual Review of Entomology**, v. 51, p. 525-530, 2006.

SUAZO, C. L. A. et al. Method for continuously rearing *Lixadmontia franki* (Diptera: Tachinidae), a potential biological control agent of *Metamasius callizona* (Coleoptera: Dryophthoridae). **Florida Entomologist**, v. 89, p. 348-353, 2006.

SULLIVAN, B. T. et al. Attraction of the bark beetle parasitoid *Roptrocercus wylophorum* (Hymenoptera: Pteromalidae) to host-associated olfactory cues. **Physical and Chemical Ecology**, v. 29, n. 6, p. 1138-1151, 2000.

TEULAT, B. et al. Analysis of genetic diversity in coconut (*Cocos nucifera* L.) populations from across the geographic range using sequence-tagged microsatellites (SSRs) And RFLPs. **Theoretical and Applied Genetics**, p. 764-771, 2000.

TOMA, R.; NIHEI, S. S. Catálogo do material-tipo de Tachinidae (Diptera) depositado no Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 50, n. 2, p. 240-256, 2006.

TORRE, R. C. A.; TORRE, J. A. A.; MOYA, O. M. **Manejo del picudo *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae)**. Bogotá: Centro de Investigación em Palma de Aceite, 2011.

TURLINGS, T. C. J.; ERB, M. Tritrophic interactions mediated by herbivore-induced plant volatiles: mechanisms, ecological relevance, and application. **Annual Review of Entomology**, v. 63, p. 433-452, 2018.

VARGAS, G.; LASTRA, L. A.; SOLIS, M. A. First record of *Diatraea tabernella* (Lepidoptera: Crambidae) in the Cauca River Valley of Colombia. **Florida Entomologist**, v. 96, n. 3, p. 1198-1201, 2013.

VARGAS, G.; LASTRA, L. A.; RAMÍREZ, G. D.; SOLIS, M. A. The *Diatraea* Complex (Lepidoptera: Crambidae) in Colombia's Cauca River Valley: Making a Case for the Geographically Localized Approach. **Neotropical Entomology**, v. 47, p. 395-402, 2018.

VENTURIERI, A. et al. **Relação entre ocorrência do amarelecimento fatal do dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.) e variáveis ambientais no estado do Pará**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, INPE, 523-530 p. 2009.

VET, L. E. M.; LEWIS, W. J.; CARDÉ, R. T. **Parasitoid foraging and learning**. In: CARDÉ, R. T.; Bell, W. J. **Chemical ecology of insects 2**, v. 2, p. 65-101, 1995.

WILSON, M. Investigations into the development of the palm weevil *Rhynchophorus palmarum* (L.). **Tropical Agriculture**, v. 40, p. 185-196, 1963.

WITZGALL, P.; KIRSCH, P.; CORK, A. Sex Pheromones and Their Impact on Pest Management. **Journal of Chemical Ecology**, v. 36, p. 80-100, 2010.

WOOD, D. M.; **Tachinidae**. In: MCALPINE, J. F.; PETERSON, B. V.; SHEWELL, G. E.; TESKEY, H. J.; VOCKEROTH, J. R.; WOOD, D. M (Ed). **Manual Nearctic Diptera**, v. 2, NRC Research Press, 668 p., 1987.

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, 722-731, 2009.

ZHANG, C. T. et al. A review of *Billaea* Robineau-Desvoidy of the eastern palearctic and oriental regions (Diptera: Tachinidae). **Zootaxa**, n. 1, p. 1-40, 2015.

ZIMMER, Y. Competitiveness of rapeseed, soybeans and palm oil. **Journal of Oilseed Brassica**, v.1, n.2, p.84-90. 2010.

3 CAPÍTULO I - COMPOSTOS ENVOLVIDOS NA ATRATIVIDADE DE *Rhynchophorus palmarum* (L., 1758) (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) A *Billaea rhynchophorae* (BLANCHARD, 1937) (DIPTERA: TACHINIDAE)

RESUMO

Diversas espécies da família Arecaceae têm importância ecológica ou econômica. No Brasil destacam-se entre outras, as culturas do dendê *Elaeis guineensis* Jacq. e do coco *Cocos nucifera* L.. As arecáceas sofrem com o ataque de diversas pragas, entre elas *Rhynchophorus palmarum* (L., 1758) (Coleoptera: Curculionidae), que causa danos diretos e indiretos. Diante do desafio que é controlar esta praga, o controle biológico surge com uma alternativa viável para manter a população de *R. palmarum* abaixo do nível de dano econômico. A mosca-parasitoide *Billaea rhynchophorae* (Blanchard, 1937) (Diptera: Tachinidae) foi relatada parasitando larvas e pupas de *R. palmarum*, contudo são escassas as informações sobre a interação entre praga e parasitoide. Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi averiguar o comportamento de *B. rhynchophorae* frente ao hospedeiro *R. palmarum*. Compostos orgânicos voláteis (COVs) foram obtidos através da técnica de headspace dinâmico de larvas de *R. palmarum* se alimentando, e do estipe de dendezeiro. Os extratos foram analisados e os COVs foram identificados por meio de Cromatografia Gasosa acoplada ao Detector de Ionização em Chama (CG-FID) e Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massa (CG-MS), e testados em Cromatografia Gasosa acoplada à Eletroantenografia (CG-EAG). A partir das análises foram identificados 17 compostos, pertencentes a cinco classes, quatro deles presentes em ambos os extratos. Os compostos tolueno, 2,3-dimetilpentanol e 3-octanona, oriundos do headspace de larva+alimento, apresentaram atividade às fêmeas de *B. rhynchophorae* nos testes de eletroantenografia.

Palavras-chave: Manejo Integrado de Pragas, Broca-do-olho-do-coqueiro, Eletroantenografia.

3.1 INTRODUÇÃO

As palmeiras estão amplamente distribuídas nas regiões Tropical e Subtropical do planeta, destacando-se pela capacidade de adaptação e pelo alto potencial de aproveitamento de suas partes, como frutos, palmito e óleos (OLIVEIRA; RIOS, 2014; SOARES et al., 2014).

O dendezeiro *Elaeis guineensis* Jacq. é considerado uma das palmeiras mais produtivas e com um custo de produção inferior às demais arecáceas, sendo cultivado por grandes e pequenos produtores, principalmente nas regiões Norte e Nordeste do Brasil (ZIMMER, 2010; CONCEIÇÃO; ROCHA; SILVA, 2021; IBGE, 2022).

Um dos fatores limitantes à produtividade das arecáceas é a incidência de diversas pragas, entre elas *Rhynchophorus palmarum* (L., 1758) (Coleoptera: Curculionidae), de ocorrência em toda a região Neotropical, através de suas larvas causa danos diretos e por meio dos adultos causa danos indiretos, podendo levar à morte das plantas (CORLEY; TINKER, 2003; FERREIRA, LINS, 2006).

Diversas táticas de controle vêm sendo utilizadas, principalmente contra os adultos, embora não exista uma que seja eficiente, econômica e ecologicamente viável para eliminar a ocorrência de elevados danos. O controle das larvas seria uma alternativa, pois reduziria a população do inseto e permitiria que plantas atacadas pudessem se recuperar (NEGRISOLI JÚNIOR et al., 2011; FERREIRA et al., 2014).

Neste sentido, observou-se, em plantações de dendê, o parasitismo de larvas e pupas de *R. palmarum* pelo parasitoide *Billaea rhynchophorae* (Blanchard, 1937) (Diptera: Tachinidae) (MOURA et al., 2006), todavia, o comportamento desse inimigo natural em relação à praga é desconhecido.

Segundo Moraes et al. (1998), os parasitoides têm uma habilidade aguçada para reconhecer voláteis de plantas atacadas por herbívoros. Assim faz-se necessário o estudo sobre a interação tritrófica (planta-praga-parasitoide), pois, a partir disto é possível incrementar ou desenvolver técnicas de controle de pragas (PICKETT et al., 2006).

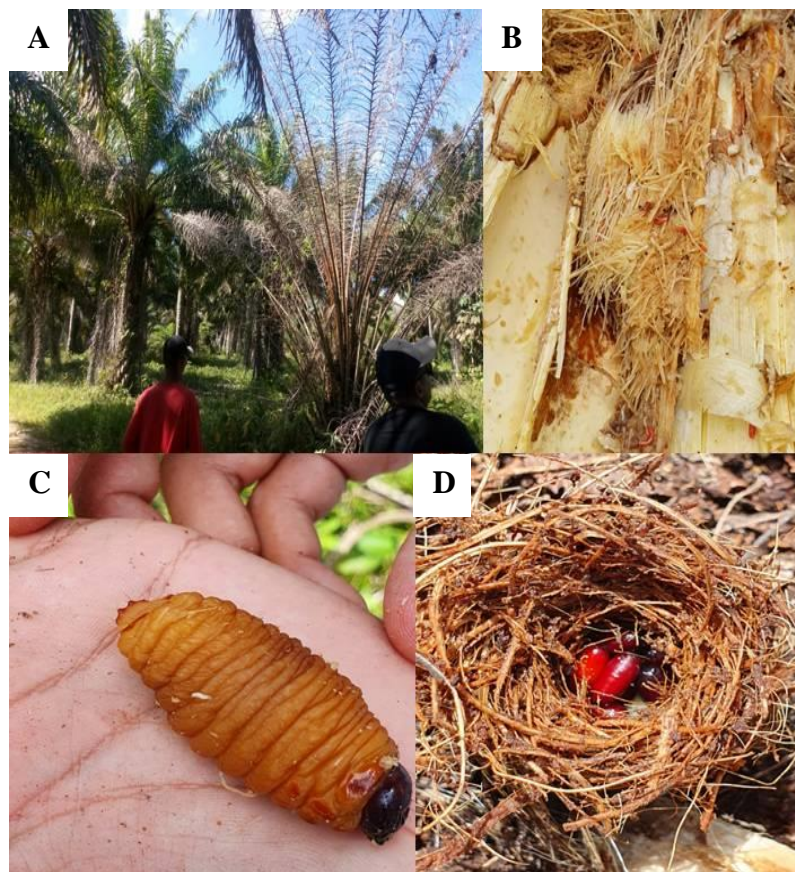
Desta forma, o objetivo do trabalho é caracterizar os COVs emitidos por larvas de *R. palmarum* ao se alimentar de dendezeiro e determinar através de eletroantenografia aqueles que estão envolvidos na atratividade a *B. rhynchophorae*.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Coleta do parasitoide *Billaea rhynchophorae* e de *Rhynchophorus palmarum*

As coletas de *B. rhynchophorae* foram realizadas em novembro de 2020 e em janeiro de 2022, nos municípios de Jaguaripe ($13^{\circ}00'51.4''\text{S}$; $38^{\circ}51'12.8''\text{W}$) e Taperoá ($13^{\circ}31'44.2''\text{S}$; $39^{\circ}06'47.7''\text{W}$), no estado da Bahia, em dendezeiros com danos evidentes causados por *R. palmarum*, como má formação, amarelecimento e morte foliar, e presença de galerias nos tecidos da parte aérea. As plantas selecionadas foram cortadas e abertas com auxílio de motosserra e facão para coleta dos diferentes estágios (larvas e pupas) da broca-do-olho, podendo estar ou não parasitadas (figura 8).

Figura 8. Dendezeiro atacado (A); Galerias formadas pela alimentação das larvas (B); Larva de *Rhynchophorus palmarum* (C); Casulo com pupários de *Billaea rhynchophorae* (D).



Fonte: Autor (2022).

3.2.2 Estabelecimento do parasitoide em laboratório

Após coleta no campo, os casulos contendo larvas e pupas de *R. palmarum* em diferentes estágios, e as larvas e pupários de *B. rhynchophorae* foram transportados em potes plásticos para o Laboratório de Pesquisa em Recursos Naturais (LPqRN) do Centro de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA), da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), e acondicionados em BOD com temperatura de 29,5 °C, com fotoperíodo de 12 horas, para permitir o desenvolvimento do parasitoide. Diariamente os potes foram monitorados, a fim de verificar a emergência de adultos de *B. rhynchophorae*.

Os adultos de *B. rhynchophorae* recém-emergidos foram distribuídos em gaiolas revestidas com tecido voil para facilitar a entrada de luz no seu interior, onde, permaneceram durante toda a sua vida (figura 9). Foram adicionados às gaiolas pedaços de cana-de-açúcar para a alimentação dos parasitoides e larvas sadias de *R. palmarum*, oriundas de uma criação do LPqRN, para que desta forma, as moscas tivessem como exercer um eventual parasitismo sobre estas larvas.

Figura 9. Gaiolas com adultos de *Billaea rhynchophorae*.



Fonte: Autor (2022).

3.2.3 Obtenção dos compostos orgânicos voláteis de larvas de *Rhynchophorus palmarum* em dendezeiro

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 larvas se alimentando com estipe de dendezeiro 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 pedaços de estipe de dendezeiro, cada um contendo uma larva de *R. palmarum* se alimentando. Esses pedaços foram colocados dentro da vidraria de aeração. Para comparação dos COVs emitidos, foi feita aeração do alimento sem as larvas (figura 10).

Figura 10. Headspace dinâmico de larvas de *Rhynchophorus palmarum* com estipe de dendezeiro no Laboratório de Pesquisa em Recursos Naturais da Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas.



Fonte: Autor (2022).

Após 24 horas de aeração foi feita a dessorção dos COVs retidos no trap utilizando 500 μ L de hexano HPLC bidestilado. Os extratos foram acondicionados em vials (vidros de borossilicato, 2 mL) e armazenados em freezer a -20 °C para análises posteriores.

3.2.4 Análise dos extratos em Cromatografia Gasosa acoplada ao detector de Ionização em Chamas (CG-FID)

Os extratos foram analisados através de Cromatografia Gasosa acoplada ao detector de Ionização em Chamas (CG-FID) pelo equipamento Shimadzu QP2010 com coluna NST-05 (30 m, 0,25 mm d.i.; Restek®, Bellefonte, PA, USA). Para as análises dos compostos foi injetado uma alíquota de 1 μ L de cada extrato, as análises foram feitas utilizando o modo

Splitless, tendo como gás de arraste o nitrogênio. A programação da temperatura da coluna foi de 40 °C por 5 minutos, aumentando 5 °C por minuto até atingir 50 °C, aumentando 5 °C por minuto até atingir 130 °C e aumentando 10 °C por minuto até atingir 280 °C, com o fluxo da coluna de 1,10 mL/min.

Com a análise no CG-FID, foi realizada a observação do perfil cromatográfico para identificação de compostos específicos entre os tratamentos, e com a obtenção do tempo de retenção de cada composto na amostra, calculou-se 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 1.

$$IR = 100y + 100(z - y) * \frac{(trx - try)}{(trz - try)} \quad (\text{Equação 1})$$

Em que: trx = 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.

3.2.5 Análise dos extratos em Cromatografia Gasosa acoplado ao Espectrômetro de Massas (CG-MS)

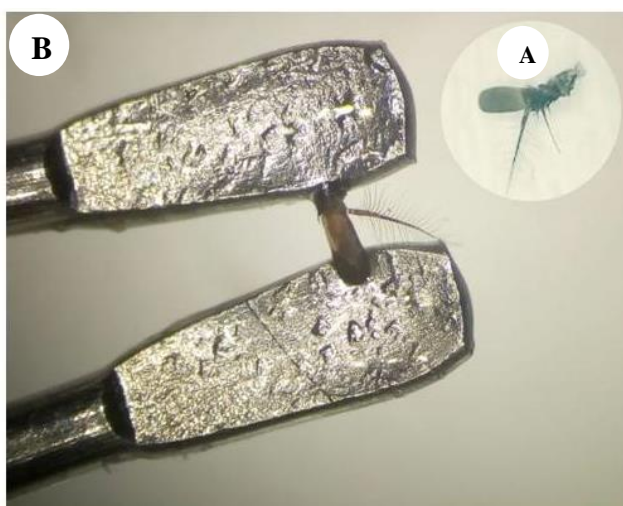
Uma alíquota de 1 µL do extrato foi injetada e analisada através de Cromatografia Gasosa acoplada ao Espectrômetro de Massas (CG-MS), modelo Shimadzu QP-2010, equipado com uma coluna capilar ZB-5MS (60 m, 0,25 mm d. i., 0,25 µm; J & W Scientific, Folsom, Califórnia, EUA), com ionização por impacto de elétrons (70 eV). O CG-MS foi operado no modo *Split*, com a programação de temperatura de 40 °C permanecendo por 9 minutos, aumentando 5 °C por minutos até 50 °C, aumentando 5 °C por minuto até 130 °C e aumentando 10 °C por minutos até atingir 280 °C. O gás de arraste utilizado foi o hélio, com fluxo de 1,31 mL/minuto. Os compostos presentes foram identificados por meio das análises de fragmentação, IR, e comparações com as bibliotecas NIST, WILEY e FFNSC do espectrômetro.

3.2.6 Análise dos extratos em Cromatografia Gasosa acoplada a Eletroantenografia (CG- EAG)

A identificação dos compostos eletrofisiologicamente ativos dos extratos foi realizada através de Cromatografia Gasosa acoplada à Eletroantenografia. Uma alíquota de 2 μL do extrato de headspace foi injetada no cromatógrafo gasoso acoplado ao detector de ionização em chama (CG-FID) modelo QP-10, operado no modo *Splitless*, com coluna capilar RTX-5 (30mm \times 0,25mm \times 0,25 μm) (RESTEK Chromatography Products). As condições de operação do equipamento iniciaram com (50 $^{\circ}\text{C}$ por 1 minuto, aumentando 6 $^{\circ}\text{C}$ por minuto até atingir 130 $^{\circ}\text{C}$, aumentando 15 $^{\circ}\text{C}$ por minuto, até atingir 280 $^{\circ}\text{C}$, com o fluxo da coluna de 2,17 mL/min).

Para a retirada das antenas, as moscas-parasitoides utilizadas foram colocadas no freezer durante um minuto para adormecerem. Na sequência, com auxílio de uma lupa estereoscópica, as antenas foram cuidadosamente cortadas na base do escapo com auxílio de tesouras e pinças entomológicas, e conectadas a um eletrodo de prata, onde o flagelo da antena foi colocado no eletrodo de trabalho e arista fixada no eletrodo de referência. Para cobrir as extremidades da antena, utilizou-se um gel condutor (figura 11). Foram realizadas dez repetições com insetos fêmeas.

Figura 11. Antena de *Billaea rhynchophorae*, após a retirada (A); conectada ao eletrodo (B).



Fonte: Autor (2022).

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 registradas 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 respostas ativas foram consideradas com mais de duas repetições.

3.2.7 Quantificação dos compostos

A quantificação dos compostos presentes nos extratos foi realizada por meio do método de quantificação em cromatografia gasosa de curva de concentração de padrão interno, em CG-FID equipado com coluna capilar NST-05 (30 m, 0,25 mm d.i., 0,25 μm ; Restek[®]) com os mesmos parâmetros de análises dos extratos.

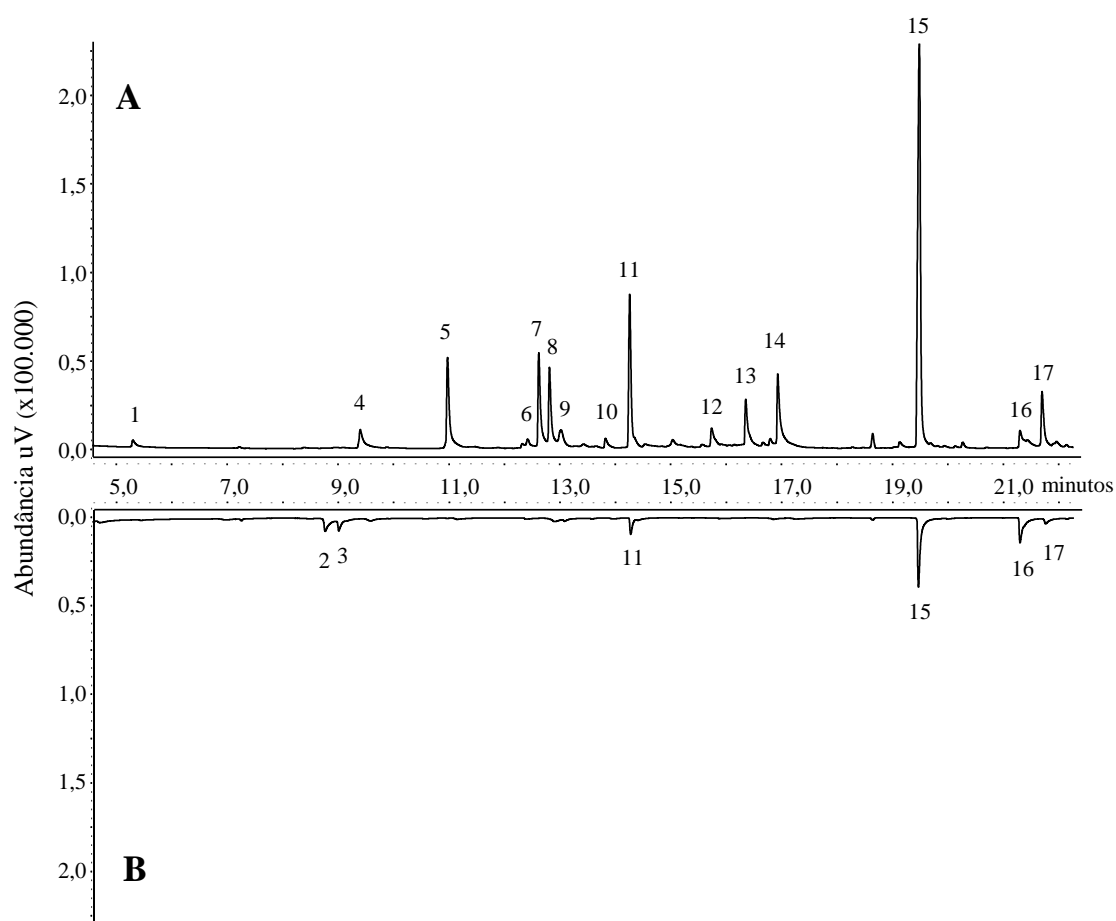
Foi usado como padrão o composto hexanol em diferentes concentrações (5, 10, 20 e 50 $\text{ng}\mu\text{L}^{-1}$), e foi obtida a curva de concentração através da relação das concentrações do padrão versus as áreas dos respectivos sinais. A quantificação dos compostos presentes nas amostras foi realizada com o uso da equação linear obtida na curva de concentração de padrão interno.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Identificação dos compostos

A comparação entre os cromatogramas dos compostos presentes nos extratos obtidos por headspace dinâmico de larva de *R. palmarum* juntamente com o alimento, e apenas do alimento, indicou a presença de 17 compostos, sendo 15 presentes no extrato de larva + alimento e seis no extrato do alimento. Dentre os compostos, 11 estavam presentes apenas no extrato de larva+alimento e dois no extrato do alimento. Quatro compostos foram observados em ambos os extratos (figura 12).

Figura 12. Cromatograma comparativo de extrato de aeração com larva de *Rhynchophorus palmarum* + alimento (estipe de dendezeiro) (A); apenas alimento (B). Índice de retenção Coluna NST-05= (1) 783; (2) 879; (3) 885; (4) 895; (5) 937; (6) 976; (7) 981; (8) 987; (9) 992; (10) 1015; (11) 1028; (12) 1072; (13) 1090; (14) 1107; (15) 1190; (16) 1252; (17) 1266.



Fonte: Autor (2022).

Os compostos dos dois extratos são da classe dos hidrocarbonetos (Tolueno), álcool (1-hexanol, 2,3-dimetilpentanol, 1-heptanol, 1-octen-3-ol, 1-octanol e 2-feniletanol), monoterpeneo (limoneno), éster (acetato de 3-metilbutila, acetato de hexila, salicilato de metila, acetato de 2-feniletanol e salicilato de etila) e cetona (2-heptanona, 3-octanona, 2-octanona e 2-nonanona). Entre os compostos observados apenas no extrato do alimento, o 1-hexanol foi o de maior concentração ($4,56 \text{ ng}\mu\text{L}^{-1}$) (pico 2). No extrato da larva+alimento, o composto de maior concentração foi 2,3-dimetilpentanol ($12,66 \text{ ng}\mu\text{L}^{-1}$) (pico 5). Com relação a ambos os extratos, o salicilato de metila foi o composto majoritário, com concentração de $42,48$ e $10,34 \text{ ng}\mu\text{L}^{-1}$ para larva+alimento e alimento, respectivamente (pico 15) (tabela 3).

Tabela 3. Compostos presentes em extratos de headspace com larva de *Rhynchophorus palmarum* + alimento (estipe de dendezeiro) e apenas alimento. Concentração calculada por curva de concentração de padrão interno ($R^2 = 0,9768$).

Nº	TR	IR	Compostos	Classe	Concentração ($\text{ng}\mu\text{L}^{-1}$)	
					Larva + Alimento	Alimento
1	5,30	783	Tolueno**	Hidrocarboneto	4,10	-
2	8,76	879	1-hexanol**	Álcool	-	4,56
3	9,01	885	Acetato de 3-metilbutila*	Éster	-	4,01
4	9,40	895	2-heptanona**	Cetona	6,34	-
5	10,97	937	2,3-dimetilpentanol*	Álcool	12,66	-
6	12,42	976	1-heptanol*	Álcool	3,77	-
7	12,62	981	1-octen-3-ol**	Álcool	10,99	-
8	12,81	987	3-octanona**	Cetona	9,13	-
9	13,02	992	2-octanona**	Cetona	4,99	-
10	13,82	1015	Acetato de hexila**	Éster	4,32	-
11	14,26	1028	Limoneno**	Monoterpeneo	16,40	4,52
12	15,74	1072	1-octanol**	Álcool	5,38	-
13	16,35	1090	2-nonanona**	Cetona	8,03	-
14	16,93	1107	2-feniletanol**	Álcool	10,85	-
15	19,48	1190	Salicilato de metila**	Éster	42,48	10,34
16	21,30	1252	Acetato de 2-feniletanol**	Éster	4,76	6,75
17	21,69	1266	Salicilato de etila**	Éster	8,37	3,89

Nº= número do pico; IR= índice de retenção; (-) ausência do composto no extrato. *compostos com identificação proposta por meio das análises de fragmentação dos espectros de massa; **confirmação dos compostos identificados com padrões. Análise CG-FID com coluna NST-05; análise GC-MS com coluna ZB-5MS

Os compostos da classe cetona são encontrados em voláteis de insetos e plantas, atuando como indutores de resistência e na atração a inimigos naturais. Forney e Markovetz (1971) encontraram esses compostos em várias famílias botânicas, inclusive em Arecaceae. Compostos desta classe estão envolvidos também na atratividade de parasitoides. Ayelo et al. (2022) constataram que a 3-octanona presente na solução açucarada (honeydew) secretada

pela mosca-branca *Trialeurodes vaporariorum* Westwood, 1856 (Hemiptera: Aleyrodidae) atrai o parasitoide *Encarsia formosa* Gahan, 1924 (Hymenoptera: Aphelinidae).

Dalen et al. (2015) identificaram quatro cetonas, entre elas 2-heptanona e 2-octanona, em excrementos das larvas de *Cydia nigricana* F., 1794 (Lepidoptera: Tortricidae), sendo ambos os compostos atrativos ao parasitoide larval *Glypta haesitator* Gravenhorst, 1829 (Hymenoptera: Ichneumonidae).

No presente trabalho, o 1-hexanol foi identificado apenas no extrato de aeração do alimento. Este álcool pode ser oriundo de folhas, frutos ou ainda de matéria orgânica, sendo atrativo a insetos-praga e a parasitoides (VISSER; VAN STRATEN; MAARSE, 1979; BÜSHEL et al., 2011). Segundo Nyamwasa et al. (2020), a praga *Holotrichia parallela* Motschulsky, 1854 (Coleoptera: Scarabaeidae) foi fortemente atraída pelo 1-hexanol volatilizado a partir de matéria orgânica em decomposição. De acordo com Urbaneja-Bernat et al. (2021), o 1-hexanol extraído e identificado de frutos de mirtilo *Vaccinium* spp. (Ericaceae) atrai a mosca *Drosophila suzukii* Matsumura, 1931 (Diptera: Drosophilidae), uma importante praga de frutas vermelhas.

Ishikawa et al. (1983) identificaram o álcool 2-feniletanol a partir de cebolas *Allium cepa* L. (Amaryllidaceae) em decomposição, atraindo as moscas *Delia antiqua* (Meigen, 1826) e *D. platura* (Meigen, 1826) (Diptera: Anthomyiidae). De acordo com os autores, o 2-feniletanol se mostrou um melhor atraente a essas pragas no campo do que em laboratório.

Os terpenoides, entre eles o limoneno, podem ser repelentes, deterrentes ou atraentes para insetos, inclusive aos inimigos naturais (IBRAHIM et al., 2001; DIAS; STUHL; SIVINSKI, 2014). Ibrahim, Nissinen e Holopainen (2005) observaram que plantas danificadas por *Plutella xylostella* L., 1758 (Lepidoptera: Plutellidae) pulverizadas com limoneno atraíram significativamente mais parasitoides *Cotesia plutellae* Kurdjumov, 1912 (Hymenoptera: Braconidae) do que plantas não-pulverizadas.

Segundo Mohammed et al. (2020), o limoneno foi encontrado em maiores concentrações em frutos de *Citrus* spp. (Rutaceae) infestados pela cochonilha vermelha *Aonidiella aurantii* (Maskell, 1879) (Hemiptera: Diaspididae) do que em frutos não-infestados, ainda de acordo com os autores, fêmeas do parasitoide *Aphytis melinus* DeBach, 1959 (Hymenoptera: Aphelinidae) apresentaram preferência por COVs de frutos infestados, em comparação a frutos sadios.

O salicilato de metila (MeSa) foi o composto que apresentou as maiores concentrações em ambos os extratos. Vários estudos mostram a atratividade desse éster não só a insetos benéficos, mas também a insetos-praga (JAMES, 2003; MALLINGER; HOGG;

GRATTON, 2011; RODRÍGUEZ-SAONA et al., 2011), podendo ter, ao mesmo tempo, atividade repelente (KOSCHIER; HOFFMANN; RIEFLER, 2007).

Em testes de eletroantenografia, o MeSa se mostrou ativo à mosca *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett, 1849) (Diptera: Tephritidae) (SHIVARAMU et al., 2022). James e Price (2004), constataram que armadilhas com o MeSa capturam significativamente mais insetos em campo, inclusive dípteros, do que armadilhas sem o composto. Resultados semelhantes foram obtidos por Shamshev e Selitskaya (2016), que observaram uma maior quantidade de moscas *Rhamphomyia gibba* (Fallén, 1816) (Diptera: Empididae) capturadas em armadilhas contendo MeSa em relação a armadilhas controle sem o composto.

O MeSa oriundo de excrementos de *Tuta absoluta* Meyrick, 1917 (Lepidoptera: Gelechiidae) foi atrativo ao parasitoide larval *Dolichogenidea gelechiidivoris* (Marsh, 1975) (Hymenoptera: Braconidae) (AYELO et al., 2021). Sasso et al. (2009), em experimentos de eletroantenografia e túnel de vento, observaram que o MeSa foi significativamente atrativo ao parasitoide *Aphidius ervi* Haliday, 1834 (Hymenoptera: Braconidae).

Esses trabalhos anteriormente citados mostram que os herbívoros ou mesmo a alimentação destes, leva à produção de diversos COVs, desempenhando importante papel ecológico. No presente trabalho observa-se que a maioria dos compostos identificados e com maiores concentrações foi proveniente do extrato obtido por headspace da larva+alimento, do que do extrato do alimento, evidenciando que o processo de alimentação da praga e/ou de decomposição do tecido vegetal tende a aumentar a produção de COVs.

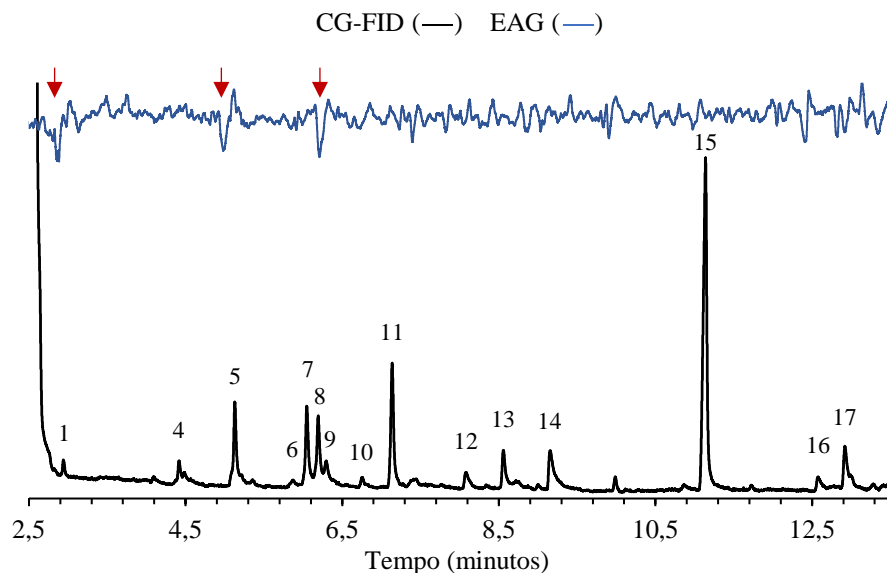
Os voláteis liberados durante a alimentação de herbívoros são geralmente indicadores da presença destes nas plantas (DE MORAES; LEWIS; TUMLINSON, 2000). Além disso, a liberação de COVs pelas plantas não se dá apenas em resposta às injúrias causadas em seus tecidos, mas pela exposição às secreções salivares das pragas, que leva também ao aumento da produção de fitormônios. Com isso, os COVs podem potencialmente trazer inimigos naturais em direção ao hospedeiro (DE MORAES; LEWIS; TUMLINSON, 2000; TUNMLINSON; ENGELBERTH, 2008).

Turlings e Erb (2018) constataram que as injúrias causadas por lagartas em plantas de milho *Zea mays* L. (Poaceae), após 16 horas de exposição ao herbívoro, resultam no aumento da produção de COVs quando comparadas a plantas injuriadas no início do ataque da praga e a plantas intactas. Greany et al. (1977) observaram que fêmeas do parasitoide *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead, 1905) (Hymenoptera: Braconidae) foram atraídas por pêssegos (Rosaceae) que começaram a se decompor devido a lesões mecânicas ou pela infestação por larvas de mosca-da-fruta (Diptera: Tephritidae).

3.3.2 Eletroantenografia

Nos bioensaios de eletroantenografia observou-se atividade em três compostos identificados no extrato de larva+alimento. As antenas de fêmeas de *B. rhynchophorae* tiveram respostas ativas quando expostas aos compostos Tolueno, 2,3 Dimetilpentanol e 3-Octanona (figura 13).

Figura 13. Resposta eletroantenográfica de fêmea de *Billaea rhynchophorae* para os compostos do extrato de *Rhynchophorus palmarum* + alimento (estipe de dendezeiro). Resposta para os compostos com respectivos índices de retenção (Coluna NST-05): 1-783 (tolueno), 5- 937 (2,3-dimetillpentanol) e 8- 987 (3-octanona).



Fonte: Autor (2022).

De acordo com Ramachadran et al. (1991), a 3-octanona é um composto presente em excrementos de lagartas de *Chrysodeixis includens* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae) alimentadas com folhas de soja *Glycine max* (L.) Merrill (Fabaceae). Os autores realizaram testes de eletroantenografia e constataram que o referido composto tem atividade para o parasitoide *Microplitis demolitor* Wilkinson, 1934 (Hymenoptera: Braconidae).

Román-Ruíz et al. (2012) identificaram a 3-octanona em excrementos de larvas de *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Curculionidae) alimentadas com frutos de café *Coffea arabica* L. (Rubiaceae) e com dieta artificial, e confirmaram ainda, em testes de olfatométrica, que este composto atrai o parasitoide *Prorops nasuta* Waterston, 1923 (Hymenoptera: Bethylidae).

Segundo Birkett et al. (2003), plantas de feijão *Phaseolus vulgaris* L. (Fabaceae) infestadas com mosca-branca *T. vaporariorum* liberaram o composto 3-octanona em níveis mais altos quando comparados a plantas sem infestação, o que provocou um aumento significativo no voo orientado e pouso no hospedeiro do parasitoide *E. formosa*.

O composto 3-octanona foi também encontrado em glândulas mandibulares da formiga *Myrmica rubra* L., 1758 (Hymenoptera: Formicidae), sendo um constituinte do feromônio de alarme (CAMMAERTS; EVERSLED; MORGAN, 1981). De acordo com Witte et al. (2010), quando o feromônio é lançado, o composto atrai fêmeas de *Pseudacteon brevicauda* Schmitz, 1925 (Diptera: Phoridae), mosca-parasitoide de *M. rubra*.

Leffingwell, Alford e Leffingwell (2015) identificaram a 3-octanona em plantas de *Cucurbita pepo* L. (Cucurbitaceae), e Park et al. (2018), através de biosensaio eletroantagráficos, demonstraram que o composto apresenta atividade à mosca *B. scutellata* (Hendel, 1912) (Diptera: Tephritidae), uma importante praga de cucurbitáceas.

Com relação ao tolueno, não há relatos sobre a sua atratividade a parasitoides. No entanto, o composto foi identificado em voláteis coletados através da técnica de SPME, de folhas verdes de oliva *Olea europaea* L. (Oleaceae) em seis níveis de maturação e de infestação, a abundância deste hidrocarboneto aumentou na medida em que a infestação da praga *B. oleae* (Rossi, 1790) (Diptera: Tephritidae) também aumentava (MALHEIRO et al., 2016). Scarpati, Scalzo e Vita (1993) observaram em bioensaio de olfatometria que o tolueno é um composto atrativo a *B. oleae*.

3.4 CONCLUSÕES

Os extratos obtidos por headspace de *R. palmarum* + alimento e alimento sugeriram 17 compostos dos quais 14 foram confirmados através da comparação com padrões comerciais;

Os compostos tolueno, 3-octanona e 2,3-dimetilpentanol apresentaram bioatividade a antenas de fêmeas do parasitoide *B. rhynchophorae*.

REFERÊNCIAS

- AYELO, P. M. et al. The parasitoid *Dolichogenidea gelechiidivoris* eavesdrops on semiochemicals from its host *Tuta absoluta* and tomato. **Journal of Pest Science**, v. 95, n. 6, p. 633-652, 2021.
- AYELO, P. M. et al. Chemical Cues From Honeydew and Cuticular Extracts of *Trialeurodes vaporariorum* Serve as Kairomones for The Parasitoid *Encarsia Formosa*. **Journal of Chemical Ecology**, p. 1-14, 2022.
- BIRKETT, M. A. et al. Volatiles from whitefly-infested plants elicit a host-locating response in the parasitoid, *Encarsia formosa*. **Journal of Chemical Ecology**, v. 29, n. 7, p. 1589-1600, 2003.
- BÜSHEL, K. et al. How plants give early herbivore alert: Volatile terpenoids attract parasitoids to egg-infested elms. **Basic and Applied Ecology**, v. 12, n. 5, p. 403-412, 2011.
- CAMMAERTS, M. C.; EVERSLED, R. P.; MORGAN, E. D. Comparative study of the dufour gland secretions of workers of four species of *Myrmica* ants. **Journal of Insect Physiology**, v. 27, n. 1, p. 59-65, 1981.
- CONCEIÇÃO, V. S.; ROCHA, A. M.; SILVA, M. S. Identificação geográfica para o dendê da Bahia: uma possibilidade. **Cadernos de Prospecção**, v. 14, n. 2, p. 648-663, 2021.
- CORLEY, H.; TINKER, B. **The palm oil**. 4. ed. Oxford: Blackwell Science, 608 p., 2003.
- DALEN, M. et al. Sources of volatiles mediating host location behaviour of *Glypta haesitator*, a larval parasitoid of *Cydia nigricana*, **Biological Control**, v. 90, p. 128-140, 2015.
- DE MORAES, C. M.; LEWIS, W. J.; TUMLINSON, J. H. Examining plant-parasitoid interactions in tritrophic systems. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 29, n. 2, p. 189-203, 2000.
- DIAS, V. S.; STUHL, C.; SIVINSKI, J. Effects of a fruit and a host-derived compound on orientation and oviposition in *Utetes anastrephae*, a little studied opiine braconid (Hymenoptera) parasitoid of *Anastrepha* spp. fruit flies (Diptera: Tephritidae). **Biocontrol**

Science and Technology, v. 24, n. 12, p. 1412-1424, 2014.

FERREIRA, J. M. S. et al. **Manejo integrado da broca-do-olho-do-coqueiro *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae)**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros. Comunicado Técnico 141, 8 p., 2014.

FORNEY, F. W; MARKOVETZ, A. J. The biology of methyl ketones. **Journal of Lipid Research**, v. 12, p. 383–395, 1971.

GREANY, P. D. et al. Chemically mediated host finding by *Biosteres (Opus) longicaudatus*, a parasitoid of tephritid fruit fly larvae. **Journal of Chemical Ecology**, v. 3, n. 2, p. 189-195, 1977.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção Agrícola Municipal**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1613#resultado>>. Acesso em 02 fev. 2022.

IBRAHIM, M. A. et al. Insecticidal, repellent, antimicrobial activity and phytotoxicity of essential oils: with special reference to limonene and its suitability for control of insect pest. **Agricultural and Food Science in Finland**, v. 10, n. 3, p. 243-259, 2001.

IBRAHIM, M. A.; NISSINEN, A.; HOLOPAINEN, J. K. Response of *Plutella xylostella* and its parasitoid *Cotesia plutellae* to volatile compounds. **Journal of Chemical Ecology**, v. 31, n. 9, p. 1969-1984, 2005.

ISHIKAWA, Y. et al. 2-Phenylethanol : An attractant for the onion and seed-corn flies, *Hylemya antiqua* and *H. platura* (Diptera: Anthomyiidae). **Applied Entomology and Zoology**, v. 18, n. 2, p. 270-277, 1983.

JAMES, D. G. Field evaluation of herbivore-induced plant volatiles as attractants for beneficial insects: methyl salicylate and the green lacewing, *Chrysopa nigricornis*. **Journal of Chemical Ecology**, v. 29, n. 7, p. 1601-1609, 2003.

JAMES, D. G.; PRICE, T. S. Field-testing of methyl salicylate for recruitment and retention of beneficial insects in grapes and hops. **Journal of Chemical Ecology** v. 30, n. 8, p. 1613-1628, 2004.

KOSCHIER, E. H.; HOFFMANN, D.; RIEFLER, J. Influence of salicylaldehyde and

methyl salicylate on post-landing behavior of *Frankliniella occidentalis* Pergande. **Journal of Applied Entomology**, v. 131, n. 5, p. 362–367, 2007.

LEFFINGWELL, J.; ALFORD, E. D.; LEFFINGWELL, D. Identification of the volatile constituents of raw pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) by dynamic headspace analyses. **Leffingwell Reports**, v. 7, n. 3, p. 1-6, 2015.

MALHEIRO, R. et al. Identification of leaf volatiles from olive (*Olea europaea*) and their possible role in the ovipositional preferences of olive fly, *Bactrocera oleae* (Rossi) (Diptera: Tephritidae). **Phytochemistry**, v. 121, p. 11-19, 2016.

MALLINGER, R. E.; HOGG, D. B.; GRATTON, C. Methyl salicylate attracts natural enemies and reduces populations of soybean aphids (Hemiptera: Aphididae) in soybean agroecosystems. **Journal of Economic Entomology**, v. 104, n. 1, p. 115-124, 2011.

MOHAMMED, K. et al. Evaluation of d-Limonene and β -Ocimene as attractants of *Aphytis melinus* (Hymenoptera: Aphelinidae), a parasitoid of *Aonidiella aurantii* (Hemiptera: Diaspididae) on *Citrus* spp. **Insects**, v. 11, n. 44, p. 1-12, 2020.

MORAES, C. M. et al. Herbivore-infested plants selectively attract parasitoids. **Nature**, v. 393, p. 570-573, 1998.

MOURA, J. I. L. et al. Natural efficiency of parasitism by *Billaea rhynchophorae* (Blanchard) (Diptera: Tachinidae) for the control of *Rhynchophorus palmarum* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). **Neotropical Entomology**, v. 35, n. 2, p. 273-274, 2006.

NEGRISOLI JUNIOR, A. S. et al. **Criação em laboratório da broca-do-olho-do-coqueiro *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) visando pesquisas para o controle de suas larvas.** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros. Comunicado Técnico, 6 p., 2011.

NYAMWASA, I. et al. Transition challenge to organic agriculture: A course for advancing belowground insect pest management. **Applied Soil Ecology**, v. 148, p. 1-12, 2020.

OLIVEIRA, M. S. P.; RIOS, S. A. **Potencial econômico de algumas palmeiras nativas da Amazônia.** In: VI Encontro Amazônico de Agrárias “Atuação das ciências agrárias nos sistemas de produção e alterações ambientais”, Belém, PA. **Anais**, v. 1, p.1-19, 2014.

PARK, K. C. et al. Olfactory attraction mediated by the maxillary palps in the striped fruit fly, *Bactrocera scutellata*: Electrophysiological and behavioral study. **Archives of Insect Biochemistry and Physiology**, v. 99, n. 4, p. 1-13, 2018.

RAMACHADRAN, R. et al. Volatiles mediating plant-herbivore-natural enemy interactions: soybean looper frass volatiles, 3-octanone and guaiacol, as kairomones for the parasitoid *Microplitis demolitor*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 39, n. 12, p. 2310-2317, 1991.

RODRÍGUEZ-SAONA, C. et al. Field responses of predaceous arthropods to methyl salicylate: a meta-analysis and case study in cranberries. **Biological Control**, v. 59, n. 2, p. 294–303, 2011.

ROMÁN-RUIZ, A. K. et al. Identification and origin of host-associated volatiles attractive to *Prorops nasuta*, a parasitoid of the coffee berry borer. **Arthropod-Plant Interactions**, v. 6, p.611-620, 2012.

SASSO, R. et al. Electrophysiological and behavioural responses of *Aphidius ervi* (Hymenoptera: Braconidae) to tomato plant volatiles. **Chemoecology**, v. 19, n. 4, p. 195-201, 2009.

SHAMSHEV, I. V.; SELITSKAYA, O. G. Methyl Salicylate as an Attractant for the Dance Fly *Rhamphomyia gibba* (Fallén) (Diptera, Empididae). **Entomological Review**, v. 96, n. 8, p. 1003-1007, 2016.

SCARPATI, M. L.; SCALZO, R. L.; VITA, G. *Olea europaea* Volatiles attractive and repellent to the olive fruit fly (*Dacus oleae*, Gmelin). **Journal of Chemical Ecology**, v. 19, n. 4, 1993.

SHIVARAMU, S. et al. Ridge gourd volatiles are attractive to gravid female melon fly, *Zeugodacus cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae). **Journal of Applied Entomology**, v. 1, p. 1-8, 2022.

SOARES, K. P. et al. **Palmeiras (Arecaceae) no Rio Grande do Sul, Brasil**. Rodriguésia, v. 65, p. 113-139, 2014.

TUMLINSON, J. H.; ENGELBERTH, J. Fatty acid-derived signals that induce or regulate

plant defenses against herbivory. In: **Induced plant resistance to herbivory**. [s.l.] Springer, p. 389–407, 2008.

TURLINGS, T. C. J.; ERB, M. Tritrophic interactions mediated by herbivore-induced plant volatiles: mechanisms, ecological relevance, and application. **Annual Review of Entomology**, v. 63, p. 433-452, 2018.

URBANEJA-BERNAT, P. et al. Fruit volatiles mediate differential attraction of *Drosophila suzukii* to wild and cultivated blueberries. **Journal of Pest Science**, v. 94, n. 8, 2021.

VISSER, J. H.; VAN STRATEN, S.; MAARSE, H. Isolation and identification of volatiles in the foliage of potato, *Solanum tuberosum*, a host plant of the colorado beetle, *Leptinotarsa decemlineata*. **Journal of Chemical Ecology**, v. 5, n. 1, 1979.

WITTE, V. et al. Studies in European ant-decapitating flies (Diptera: Phoridae): ant alarm pheromone as host finding cue in *Pseudacteon brevicauda*, a parasite of *Myrmica rubra* (Formicidae: Myrmicinae). **Journal of Natural History**, v. 44, p. 905-912, 2010.

4 CAPÍTULO II - COMPOSTOS CUTICULARES EM *Billaea rhynchophorae* (BLANCHARD, 1937) (DIPTERA: TACHINIDAE)

RESUMO

Billaea rhynchophorae (Blanchard, 1937) (Diptera: Tachinidae) foi relatada parasitando larvas e pupas de *Rhynchophorus palmarum* (L., 1758) (Coleoptera: Curculionidae), portanto, essa mosca tem potencial para ser utilizada no controle biológico de pragas. Entretanto, pouco se sabe sobre a espécie *B. rhynchophorae*. Assim, o objetivo do presente trabalho foi caracterizar os compostos presentes na cutícula do parasitoide, destacando as diferenças entre os sexos. Realizaram-se extrações com solvente de quatro partes (abdome, asas, cabeça e pernas) do corpo de machos e fêmeas. Os sobrenadantes foram filtrados e analisados em Cromatografia Gasosa acoplada ao detector de Ionização em Chamas (CG-FID), identificados por Cromatografia Gasosa acoplada ao Espectrômetro de Massas (CG-MS), e quantificados através de curva de concentração de padrão interno. Foi observada a presença de sete compostos, sem diferenças qualitativas para ambos os sexos. Os compostos identificados são alcanos e um alceno de 20 a 31 carbonos, pertencentes à classe dos hidrocarbonetos.

Palavras-chave: Parasitoide, Semioquímico, Hidrocarboneto cuticular.

4.1 INTRODUÇÃO

Pertencente à família Tachinidae, o gênero *Billaea* Robineau-Desvoidy, 1830 está amplamente distribuído em várias regiões do planeta (O'HARA, 2014). A maioria das espécies deste gênero é reconhecidamente parasitoide de outros artrópodes (TOMA; NIHEI, 2006).

No Brasil, destacam-se as espécies *Billaea claripalpis* (Wulp, 1896), *B. Menezesi* (Guimaraes, 1977) e *B. rhynchophorae* (Blanchard, 1937), esta última relatada parasitando, no estado da Bahia, larvas e pupas de *Rhynchophorus palmarum* (L., 1758) (Coleoptera: Curculionidae), principal praga de arecáceas na região Neotropical (MOURA et al., 2006; LÖHR; VÁSQUEZ-ORDOÑEZ; LOPEZ-LAVALLE, 2015).

Atualmente, pouco se sabe acerca do comportamento e da ecologia química de *B. rhynchophorae*. O conhecimento dos compostos cuticulares pode contribuir para entender o comportamento dos insetos, tendo em vista que podem utilizar na comunicação química os compostos orgânicos voláteis (COVs) presentes na cutícula, atuando como feromônios sexuais de curta distância (feromônio de contato), influenciando diretamente no sucesso de corte e cópula (BLOMQUIST et al., 1993).

Segundo Lockey (1988) a camada mais superficial (epicutícula) dos insetos é coberta por hidrocarbonetos, juntamente com outros compostos como ésteres, álcoois, ácidos graxos, parafinas, acilglicerídeos, fosfolipídeos e glicolipídeos. A função principal dos compostos cuticulares é prevenir a dessecação e proteger contra patógenos (LOCKEY, 1988; SINGER, 1998), no entanto, também são importantes nas interações intra e interespecíficas (EBBS; AMREIN, 2007), na diferenciação taxonômica (ROUX; GERS; LEGAL, 2006), e para mapeamento biogeográfico (KAMHAWI et al., 1987; ROUX; GERS; LEGAL, 2006).

Diante da escassez de informações sobre o parasitoide e perspectiva da sua utilização no Manejo Integrado de Pragas, o objetivo do presente estudo foi analisar e identificar, através de extrações cuticulares, os COVs presentes em diferentes partes do corpo de *B. rhynchophorae*.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Coleta de *Billaea rhynchophorae*

A coleta de *B. rhynchophorae* foi realizada concomitantemente à coleta de *R. palmarum*, em janeiro de 2022, nos municípios de Jaguaripe (13°00'51.4"S; 38°51'12.8"W) e Taperoá (13°31'44.2"S; 39°06'47.7"W), no estado da Bahia, em dendezeiros com danos evidentes causados por *R. palmarum*, como má formação, amarelecimento e morte foliar, e presença de galerias nos tecidos da parte aérea.

Após coleta no campo, os casulos contendo larvas e pupários de *B. rhynchophorae* foram transportados em potes plásticos para o Laboratório de Pesquisa em Recursos Naturais (LPqRN) do Centro de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA), da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), e acondicionados em BOD com temperatura de 29,5 °C, com fotoperíodo de 12 horas, para permitir o desenvolvimento do parasitoide.

4.2.2 Extração por solvente das partes de machos e fêmeas de *Billaea rhynchophorae*

A extração foi realizada com insetos adultos, virgens e sexados, de até 12 horas de vida. Para a seleção dos adultos, os pupários de *B. rhynchophorae*, oriundos de um mesmo casulo de *R. palmarum* parasitado, foram individualizados em potes plásticos, mantidos em BOD a 29,5 °C, com fotoperíodo de 12 horas, até emergirem.

Selecionaram-se três machos e três fêmeas, que tiveram o corpo seccionado, com auxílio de pinças e tesoura entomológica, em cabeça, pernas, asas e abdome. As partes do corpo das moscas foram separadas e imersas em 200 µL de solvente hexano (grau HPLC) em tubo de ensaio por um período de 5 minutos (figura 14).

Figura 14. Partes selecionadas de *Billaea rhynchophorae* e material utilizado na extração.



Fonte: Autor (2022).

Após a imersão, os sobrenadantes foram retirados com uma pipeta de Pasteur de vidro, filtrados com lã de vidro, transferidos para um vial com capacidade para 2 mL, e conservados sob refrigeração (-20 °C) para serem analisados posteriormente.

4.2.3 Análise dos extratos em Cromatografia Gasosa acoplada ao detector de Ionização em Chamas (CG-FID)

Os extratos das partes de *B. rhynchophorae* foram analisados por meio de Cromatografia Gasosa acoplada ao Detector de Ionização em Chamas (CG-FID) pelo equipamento modelo Shimadzu QP2010, no qual alíquotas de 1 µL da amostra dos extratos foram analisadas no modo *Splitless* a 280 °C e a detecção a 300 °C. A cromatografia foi realizada em uma coluna capilar NST-05 (30 m, 0,25 mm d.i.; Restek®, Bellefonte, PA, USA). A condição de análise para a separação dos componentes foi inicialmente de 50 °C, aumentando 10 °C por minuto até atingir 280 °C, permanecendo por 10 minutos, aumentando novamente 10 °C por minuto até atingir 300 °C e permanecendo por um minuto, com fluxo da coluna de 1,10 mL/min.

Os cromatogramas foram observados para a identificação de compostos específicos entre as partes de machos e fêmeas e, através do tempo de retenção de cada composto presente nas amostras, calculou-se o Índice de Retenção (IR) e analisou-se o padrão de alcanos de 7 a 40 átomos de carbono (SIGMA-ALDRICH) no mesmo equipamento e método

utilizado nos extratos, em modo *Split*. Desta forma, através do tempo de retenção dos compostos das amostras e do padrão de alcanos foram realizados os cálculos do IR de cada composto com base na equação 1.

$$IR = 100y + 100(z - y) * \frac{(trx - try)}{(trz - try)} \quad (\text{Equação 1})$$

Em que: *trx* = 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.

4.2.4 Análise dos extratos em Cromatografia Gasosa acoplado ao Espectrômetro de Massas (CG-MS)

A análise dos extratos em Cromatografia Gasosa acoplada ao Espectrômetro de Massas (CG-MS) foi realizada no equipamento 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 *Split*. Com a programação de temperatura de 150 °C por 9 minutos, aumentando 10 °C até por minuto até 280 °C, permanecendo por 10 minutos, aumentando 10 °C por minuto até atingir 300 °C, permanecendo nesta temperatura durante 5 minutos. O hélio foi de arraste com fluxo de 0,79 mL/minuto, no qual se utilizou 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.

4.2.5 Quantificação dos Compostos

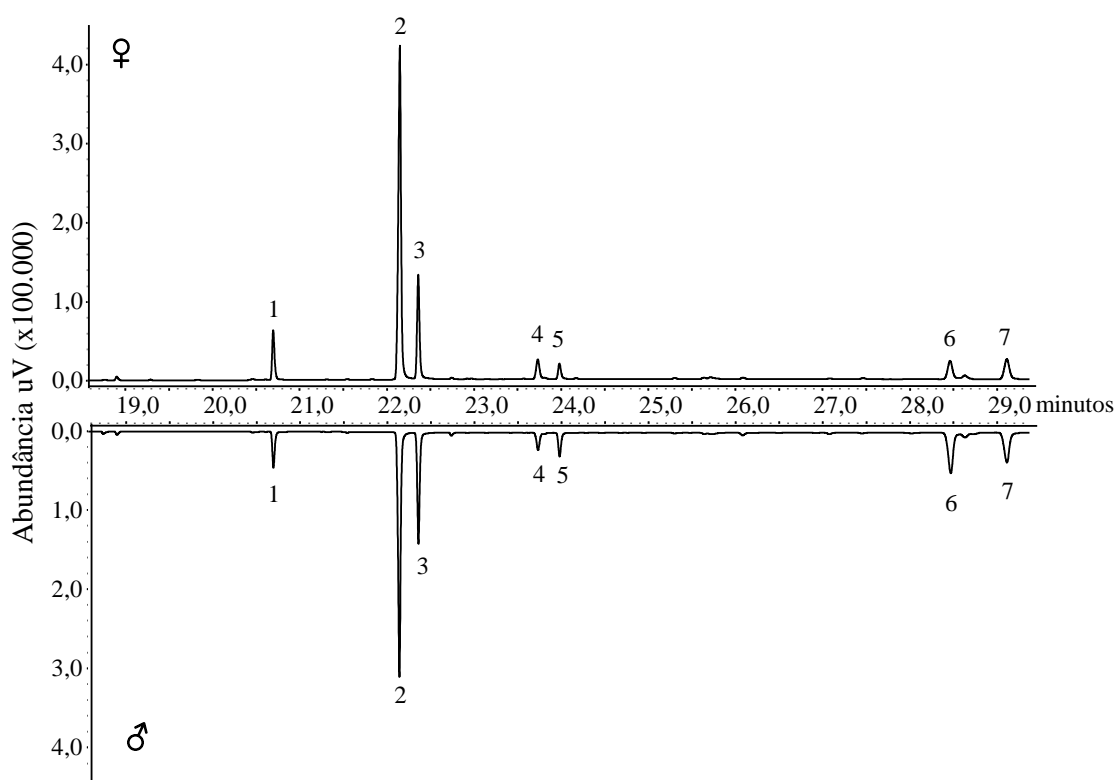
A quantificação dos compostos presentes nos extratos de partes de *B. rhynchophorae* foi realizada por meio do método de quantificação em cromatografia gasosa de curva de concentração de padrão interno, em CG-FID equipado com coluna capilar NST-05 (30 m, 0,25 mm d.i., 0,25 µm; Restek®) com os mesmos parâmetros de análises dos extratos.

Foi usado como padrão o composto eicosano (C20) em diferentes concentrações, 10, 20, 50 e 100 ngµL⁻¹, e foi obtida a curva através da relação da concentrações do padrão versus as áreas dos respectivos sinais. A quantificação dos compostos presentes nas amostras foi realizada com o uso da equação linear obtida na curva de concentração de padrão interno.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos extratos de cabeça *B. rhynchophorae*, foi observada a presença de sete compostos (figura 15), não havendo diferença entre os sexos. Também não houve diferença qualitativa nos compostos entre as demais partes do corpo analisadas (dados não apresentados). Os compostos cuticulares em insetos podem diferir ou apresentar concentrações diferentes entre os sexos (BARBOUR; LACEY; HANKS, 2003; GINZEL et al., 2006).

Figura 15. Cromatograma comparativo de extrato hexânico de cabeças de fêmeas (♀) e machos (♂) de *Billaea rhynchophorae* (n=3). Índice de retenção Coluna NST-05= (1) 2300; (2) 2473; (3) 2500; (4) 2669; (5) 2700; (6) 3061; (7) 3100.



Fonte: Autor (2022).

Foram identificados cinco compostos pertencentes à classe dos Hidrocarbonetos lineares (tricosano, 3-eicoseno, pentacosano, heptacosano e hentriacontano) (tabela 4). Os hidrocarbonetos cuticulares em insetos são constituídos principalmente de alcanos e alcenos, de cadeias simples ou ramificadas (MARTIN; DRIJFHOUT, 2009).

Tabela 4. Compostos presentes no extrato de partes (cabeça, abdome, perna e asa) de fêmeas (♀) e machos (♂) de *Billaea rhynchophorae* (n=3). Concentração calculada por curva de concentração de padrão interno ($R^2 = 0,9971$).

Nº	TR	IR	Compostos	Concentração (ngµL ⁻¹)							
				Cabeça		Abdômen		Pernas		Asas	
				♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂
1	20,69	2300	Tricosano**	7,75	5,62	3,96	4,35	12,84	4,49	7,02	3,37
2	22,14	2473	3-eicoseno*	57,22	39,01	55,95	68,41	142,28	60,93	74,89	42,70
3	22,36	2500	Pentacosano**	16,18	16,69	6,80	9,58	25,36	13,08	10,09	7,38
4	23,73	2669	ni	4,15	3,49	5,13	8,46	14,30	8,72	5,85	5,42
5	23,98	2700	Heptacosano**	3,05	4,29	1,49	3,14	5,08	4,50	1,91	2,65
6	28,47	3061	ni	5,57	12,01	2,24	8,90	7,01	7,79	2,79	3,67
7	29,11	3100	Hentriacontano**	6,85	9,71	2,78	8,13	8,77	9,49	3,30	3,70

Nº= número do pico; IR= índice de retenção; *compostos identificados por meio das análises de fragmentação dos espectros de massa; **confirmação dos compostos identificados com padrões; ni= não identificados. Análise CG-FID com coluna NST-05; análise GC-MS com coluna ZB-5MS.

Uma série de estudos com diferentes espécies estabeleceram que o principal local de síntese de hidrocarbonetos cuticulares (HCs) está dentro das células associadas com a camada epidérmica ou o corpo gorduroso periférico, particularmente os oenócitos (BAGNÈRES; WICKER-THOMAS, 2010). Armoud e Regnier (1975) e Dillwith, Blomquist e Nelson (1981) demonstraram que, em dípteros das famílias Sarcophagidae e Muscidae, a síntese de hidrocarbonetos ocorre principalmente no tecido epidérmico.

Segundo Mpuru et al. (2001), a quantidade de HCs em *Musca domestica* L., 1758 (Diptera: Muscidae) foi bastante semelhante em machos e fêmeas, e a concentração destes compostos aumenta 36 h após a emergência. Porém, Baltert et al. (1986) constataram que os HCs de machos e fêmeas do complexo *Drosophila virilis* Sturtevant, 1916 (Diptera: Drosophilidae) eram idênticos após a emergência, mas tornavam-se diferentes com o amadurecimento dos insetos.

No mesmo sentido, Carlson et al. (2011) observaram que a diferença entre os HCs quase não é notada em fêmeas e machos recém-emergidos de *Hydrotaea aenescens* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Muscidae). No entanto, após o quarto dia de emergência essa diferença é constatada, quando os HCs são observados em maiores quantidades nos machos.

Hugo et al. (2006) identificaram seis hidrocarbonetos na cutícula de três espécies de mosquitos, entre eles pentacosano e heptacosano, corroborando com as observações feitas no presente estudo. O pentacosano foi encontrado em extratos de pernas de *Lucilia sericata*

(Meigen, 1829) e *Calliphora vicina* Robineau-Desvoidy, 1830 (Diptera: Calliphoridae), e a sua concentração aumentava linearmente em ambos os sexos até o vigésimo dia de idade das moscas (BERNHARDT et al., 2017).

Estudos revelam que dípteros recém-emergidos possuem o perfil cuticular semelhante, independente do sexo. O amadurecimento dos insetos propicia a produção de HCs inexistente nos primeiros dias de vida, bem como altera a concentração dos HCs, podendo ter uma distinção no perfil de machos e fêmeas. Esses compostos têm grande importância, pois podem fazer parte da interação intraespecífica, atuando como feromônios de curta distância e, conseqüentemente influenciando na reprodução de *B. rhyngophorae*.

4.4 CONCLUSÕES

Foram identificados cinco compostos cuticulares em *B. rhynchophorae*, pertencentes à classe dos hidrocarbonetos;

Todos os compostos estão presentes nos extratos de machos e fêmeas, variando apenas a concentração;

O 3-icoseno foi o composto majoritário nos extratos de ambos os sexos;

Estudos futuros se fazem necessários para observar o papel ecológico desses compostos na cutícula, conforme o parasitoide *B. rhynchophorae* vai amadurecendo.

REFERÊNCIAS

- ARMOUD, M. T.; REGNIER, F. E. Stimulation of hydrocarbon biosynthesis by ecdysterone in the flesh fly *Sarcophaga bullata*. **Journal of Insect Physiology**, v. 21, n. 9, p. 1581-1586, 1975.
- BARBOUR, J. D.; LACEY, E. S.; HAWKS, 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, 2007.
- BARTELT, R. J. et al. Comparative analysis of cuticular hydrocarbons in the *Drosophila virilis* species group. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 83, n. 4, p. 731-742, 1986.
- BAGNÈRES, A. G.; WICKER-THOMAS, C. **Chemical taxonomy with hydrocarbons**. In: BLOMQUIST, G., J.; BAGNÈRES, A. G. (Org.) **Insect hydrocarbons: biology, chemistry and chemical ecology**, Cambridge University Press, p. 121-162, 2010.
- BERNHARDT, V. et al. Estimating the age of the adult stages of the blow flies *Lucilia sericata* and *Calliphora vicina* (Diptera: Calliphoridae) by means of the cuticular hydrocarbon n-pentacosane. **Science & Justice**, v. 57, n. 5, p. 361-365, 2017
- 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. editors. **Insect Lipids: Chemistry and Biology**, Lincoln: University of Nebraska Press, p. 317-351, 1993.
- CARLSON, D. A. Distinctive Hydrocarbons of the Black Dump Fly, *Hydrotaea aenescens* (Diptera: Muscidae). **Archives of Insect Biochemistry and Physiology**, v. 48, n. 4, p. 167-178, 2001.
- DILLWITH, J. W.; BLOMQUIST, G. J.; NELSON, D. R. Biosynthesis of the hydrocarbon components of the sex pheromone of the housefly, *Musca domestica* L. **Insect Biochemistry**, v. 11, n. 3, p. 247-253, 1981.
- EBBS, M. L.; AMREIN, H. Taste and pheromone perception in the fruit fly *Drosophila melanogaster*. **European Journal of Physiology**, v. 454, p. 735-747, 2007.

- GINZEL, M. D. et al. (Z)-9-nonacosene major component of the contact sex pheromone of the beetle *Megacyllene caryae*. **Journal of Chemical Ecology**, v. 32, n. 2, p. 435-451, 2006.
- HUGO, L. E. et al. Investigation of cuticular hydrocarbons for determining the age and survivorship of australasian mosquitoes. **American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 74, n. 3, p. 462-474, 2006.
- KAMHAWI, S. et al. Two populations of *Phlebotomus ariasi* in the Cévennes focus of leishmaniasis in the south of France revealed by analysis of cuticular hydrocarbons. **Medical and Veterinary Entomology**, v. 1, p. 97-102, 1987.
- LOCKEY, K. H. Lipids of the insect cuticle: origin, composition and function. **Comparative Biochemistry & Physiology**, v. 89, n. 4, p. 595-645, 1988.
- LÖHR, B.; VÁSQUEZ-ORDOÑEZ, A. A.; LOPEZ-LAVALLE, L. A. B. *Rhynchophorus palmarum* in Disguise: Undescribed Polymorphism in the “Black” Palm Weevil. **PLoS ONE**, v. 10, n. 12, p. 1-14, 2015.
- MARTIN, S.; DRIJFHOUT, F. A review of ant cuticular hydrocarbons. **Journal of Chemical Ecology**, v. 35, n. 10, p. 1151-1161, 2009.
- MOURA, J. I. L. et al. Natural efficiency of parasitism by *Billaea rhynchophorae* (Blanchard) (Diptera: Tachinidae) for the control of *Rhynchophorus palmarum* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). **Neotropical Entomology**, v. 35, n. 2, p. 273-274, 2006.
- MPURU, S. et al. Effect of age and sex on the production of internal and external hydrocarbons and pheromones in the housefly, *Musca domestica*. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v. 31, n. 2, p. 139-155, 2001.
- O'HARA, J. E. **World genera of the Tachinidae (Diptera) and their regional occurrence**. 87 p., 2014.
- ROUX, O.; GERS, C.; LEGAL, L. When, during ontogeny, waxes in the blowfly (Calliphoridae) cuticle can act as phylogenetic markers. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 34, n. 5, 406-416, 2006.
- SINGER, T. L. Roles of Hydrocarbons in the Recognition Systems of Insects. **American Journal of Zoology**, v. 38, n. 2, p. 394-405, 1998.

TOMA, R.; NIHEI, S. S. Catálogo do material-tipo de Tachinidae (Diptera) depositado no Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 50, n. 2, p. 240-256, 2006.