

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

ALEX BÉU SANTOS

**ATIVIDADE E DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS PARA A UTILIZAÇÃO
DO FEROMÔNIO DE *Opsiphanes invirae* COMO ESTRATÉGIA DE
CONTROLE EM ÁREAS DE CULTIVO.**

RIO LARGO, AL
2022

ALEX BÉU SANTOS

**ATIVIDADE E DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS PARA A UTILIZAÇÃO
DO FEROMÔNIO DE *Opsiphanes invirae* COMO ESTRATÉGIA DE
CONTROLE EM ÁREAS DE CULTIVO.**

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

Orientador: Prof. Dr. Henrique Fonseca Goulart

Coorientador: Prof. Dr. Antônio Euzébio Goulart Santana

RIO LARGO, AL
2022

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

S237a Santos, Alex Béu
Atividade e determinação de parâmetros para utilização do feromônio de *Opsiphanes invirae* como estratégia de controle em áreas de cultivo. / Alex Béu Santos – 2022.
47 f.; il.

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

Orientação: Dr. Henrique Fonseca Goulart
Coorientação: Dr. Antonio Euzébio Goulart Santana

Inclui bibliografia

1. Manejo integrado de pragas. 2. Composto orgânico. 3. Coleta massal. I. Título

CDU: 632.9

FOLHA DE APROVAÇÃO

ALEX BÉU SANTOS

ATIVIDADE E DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS PARA UTILIZAÇÃO DO FEROMÔNIO DE *OPSIPHANES INVIRAE* COMO ESTRATÉGIA DE CONTROLE EM ÁREAS DE CULTIVO.

Dissertação submetida à banca avaliadora como requisito para conclusão de Mestrado em Proteção de Plantas, aprovada no dia 29 de agosto de 2022.

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 HENRIQUE FONSECA GOULART
Data: 08/11/2022 14:26:03-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr. Henrique Fonseca Goulart – Universidade Federal de Alagoas
(Orientador)

Documento assinado digitalmente
 ANTONIO EUZEBIO GOULART SANTANA
Data: 08/11/2022 13:47:42-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr. Antonio Euzebio Goulart Santana - Universidade Federal de Alagoas
(Coorientador)

Joseani Castro da Silva
 Coordenadora Área Agrícola
Fitossanidade
Tel.: (91) 4009-8222
www.agropalma.com.br

Dra. Joseani Castro da Silva - Agropalma S.A
(Examinadora externa)

Documento assinado digitalmente
 GAUS SILVESTRE DE ANDRADE LIMA
Data: 03/11/2022 14:28:21-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr. Gaus Silvestre de Andrade Lima - Universidade Federal de Alagoas
(Examinador interno)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me concedido a oportunidade de lutar pelos meus objetivos, sempre rodeado de pessoas especiais;

Aos meus pais, Antônio e Arlete, por terem sempre lutado para fazer de mim alguém melhor. Creio que já caminhei bastante, mas sei que isso só foi possível graças às mãos generosas de vocês;

A minha irmã, Silvanete Béu; minha sobrinha Emilly Santos e ao meu cunhado Alexandro Dias por fazerem de tudo para estar perto de mim mesmo estando tão longe;

A minha namorada, Palloma Pimenta, que tantas vezes insistiu que eu levantasse a cabeça diante de alguns dos piores dias que já tive;

Ao meu orientador, Henrique Fonseca Goulart, por todo apoio e suporte durante essa caminhada e por ter aceitado me acompanhar durante esse processo com tamanha dedicação;

Ao meu coorientador, Antônio Euzébio Goulart Santana, por ter me recebido e me acolhido com todo respeito e empatia que todos que já tiveram o prazer de o conhecer conhecem;

Aos amigos de longa data José Carlos; Tiago Lima e José Lucas;

Aos amigos que fiz e que me acolheram com tanto carinho no LPQRN, em especial Bruno Anacleto, César Gonçalves, Analú Reis, Regina Acácio, Miguel Martinez e Mozart Daltro.

A empresa Agropalma por ter me recebido com tanta presteza e carinho e aos seus colaboradores por terem feito eu me sentir em casa mesmo estando a mais de dois mil quilômetros de lá, em especial a Joseani Castro, Luan Garbelini, José Malta, Elielson Lobo e todos que me ajudaram a tornar possível esse projeto;

A todo corpo docente e funcionários da UFAL por todo conhecimento compartilhado e por estarem sempre lutando para nos oferecer o que há de melhor e mais atual dentro do programa;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de pós-graduação que permitiu que eu pudesse chegar até aqui;

E a todos que de alguma forma contribuíram e participaram para que eu estivesse aqui nesse exato momento digitando essas palavras, meu muito obrigado!

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Lagartas de <i>O. Invirae</i> revisar <i>itálico em todo texto</i>	16
Figura 2. Ciclo de vida de <i>Opsiphanes invirae</i>	17
Figura 3. Destruição da área foliar em plantio de dendezeiro causada por <i>O. invirae</i> ..	18
Figura 4. Pesagem e quantificação do melaço (A); agitação e aquecimento (B).....	21
Figura 5. Extração de voláteis de melaço por SPME (A); Análise dos voláteis em espectrômetro de massas (MS) (B).....	22
Figura 6. Cultivo de Palma de Óleo (A); Localização espacial do experimento (B)....	23
Figura 7. Melaço de cana-de-açúcar (A); Interior da armadilha (B); Armadilha utilizada (C).....	24
Figura 8. Septo de borracha (A); Fixação da armadilha (B); Insetos capturados (C)....	24
Figura 9. Substituição das armadilhas (A); Freezer para acondicionamento dos insetos capturados (B); Contagem e sexagem (C).....	25
Figura 10. Cromatograma das análises de microextração em fase sólida (SPME) de processo de fermentação de melaço de cana usado como atrativo alimentar em armadilha para captura de <i>Opsiphanes invirae</i> . Análises do segundo ao décimo segundo dia de fermentação em GC- MS coluna capilar ZB-5MS.	26
Figura 11. Média do número de insetos adultos machos (A) e fêmeas (B) de <i>O. invirae</i> capturados em armadilhas com atrativo alimentar (melaço-T0) e formulações do feromônio, T1- (E)- β -farneseno); (E)-nerolidol; (Z)-7-heptadeceno; T2- (E)- β -ocimeno; (E)- β -farneseno; (E)-nerolidol; (Z)-7-heptadeceno; T3- (Z)-7-heptadeceno); T4- (E)- β -farneseno; (E)-nerolidol; T5- (E)- β -ocimeno; (E)- β -farneseno; (E)-nerolidol. Barra com média e erro padrão seguidos de letras diferentes significa diferença estatística pelo Teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.	32
Figura 12. Agrupamento pelo método hierárquico da média total de insetos machos e fêmeas de <i>O. invirae</i> capturados em armadilhas com atrativo alimentar (melaço-T0) e formulações do feromônio, T1- (E)- β -farneseno); (E)-nerolidol; (Z)-7-heptadeceno; T2- (E)- β -ocimeno; (E)- β -farneseno; (E)-nerolidol; (Z)-7-heptadeceno; T3- (Z)-7-heptadeceno); T4- (E)- β -farneseno; (E)-nerolidol; T5- (E)- β -ocimeno; (E)- β -farneseno; (E)-nerolidol. Distância euclidiana e método de ward.	32
Figura 13. Número total de insetos machos (A) e fêmeas (B) de <i>O. invirae</i> capturados, durante o período experimental, em armadilhas com atrativo alimentar (melaço-T0) e	

formulações do feromônio, T1- (E)- β -farneseno); (E)-nerolidol; (Z)-7-heptadeceno; T2- (E)- β - ocimeno; (E)- β -farneseno; (E)-nerolidol; (Z)-7-heptadeceno; T3- (Z)-7-heptadeceno); T4- (E)- β -farneseno; (E)-nerolidol; T5- (E)- β -ocimeno; (E)- β -farneseno; (E)-nerolidol. 35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Compostos voláteis presentes no processo de fermentação de melaço de cana-de-açúcar usado como atrativo alimentar em armadilha para captura de <i>Opsiphanes invirae</i>	27
Tabela 2. Resumo da análise de variância para coletas de <i>O. invirae</i> (machos e fêmeas) em armadilhas com atrativo alimentar (melaço) e formulações do feromônio, Tailândia, Pará, 2022.	31

LISTA DE ABREVIATURAS

AGROFIT: Sistema de agrotóxicos fitossanitários;

BT: Bacillus thuringiensis;

CECA: Campus de Engenharias e Ciências Agrárias;

COV's: Compostos orgânicos voláteis;

DBC: Delineamento em blocos casualizados;

FAO: Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura;

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;

IR: Índice de retenção;

KI: Índice de kovats;

LPqRN: Laboratório de Pesquisa em Recursos Naturais;

MAPA: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento;

MIP: Manejo Integrado de Pragas;

PDMS: Polydimethylsiloxane;

RSPO: Mesa Redonda sobre Óleo de Palma Sustentável;

SPME/GC/MS: Microextração em fase sólida por cromatografia a gás acoplada a espectrômetro de massas;

TR: Tempo de retenção;

UFAL: Universidade Federal de Alagoas.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 A cultura do dendê.....	15
2.2 Principais pragas da cultura.....	15
2.3 <i>Opsiphanes invirae</i> Hübner, 1818 (Lepidoptera: Nymphalidae)	16
2.3.1 Aspectos Gerais	16
2.3.2 Ciclo de vida.....	16
2.3.3 Danos	17
2.3.4 Controle	18
2.3.4.2 Coleta massal.....	19
2.4 Feromônios em Lepidoptera.....	20
3 MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1 Identificação dos compostos presentes no melaço de cana-de-açúcar	21
3.1.1 Localização do experimento	21
3.1.2 Preparo das amostras	21
3.1.3 Extração dos compostos presentes na amostra	21
3.1.5 Identificação dos compostos.....	23
3.2 Utilização do feromônio de <i>Opsiphanes invirae</i> em condições de campo.....	23
3.2.1 Localização.....	23
3.2.2 Armadilhas e montagem do experimento	23
3.2.3 Tratamentos utilizados.....	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
4.1 Identificação dos compostos presentes no melaço de cana-de-açúcar	26
4.2 Utilização do feromônio de <i>Opsiphanes invirae</i> em condições de campo.....	31

5 CONCLUSÕES.....	37
REFERÊNCIAS.....	38

ATIVIDADE E DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS PARA A UTILIZAÇÃO DO FEROMÔNIO DE *Opsiphanes invirae* COMO ESTRATÉGIA DE CONTROLE EM ÁREAS DE CULTIVO.

RESUMO

Opsiphanes invirae (Hübner, 1818) (Lepidoptera: Nymphalidae) é uma praga que ocorre em todo o Brasil e que, em sua fase jovem, causa desfolhamento em aceráceas, o que causa redução na produtividade. O Pará, onde se concentram as maiores plantações de dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacquin, Arecaceae) do país, é um dos estados mais afetados pelo ataque da praga. Devido aos danos causados pela prática convencional de controle de pragas, buscar formas de controle menos prejudiciais faz-se necessário. O controle de pragas por meio do método de coleta massal consiste na utilização de armadilhas contendo, geralmente, um atrativo feromonal ou atraente alimentar, combinados ou não, como forma de atrativo com o objetivo de reduzir a população de insetos-praga em uma determinada área a níveis populacionais não danosos. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi comprovar a atividade e atratividade do feromônio de *O. invirae* e determinar parâmetros para sua utilização no controle da praga, em campo, a partir da utilização de armadilhas para monitoramento e controle populacional e também analisar, em condições de laboratório, quais compostos voláteis são gerados durante a fermentação do melaço de cana-de-açúcar ao decorrer dos dias. Os experimentos foram realizados no Laboratório de Pesquisa em Recursos Naturais (LPqRN), que pertence ao Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, na cidade de Maceió, estado de Alagoas e nas fazendas da empresa Agropalma, área de cultivo comercial de dendezeiro, localizadas no município de Tailândia, Pará. Foi realizado em laboratório o estudo dos voláteis presentes no melaço de cana-de-açúcar obtidos por microextração em fase sólida em cromatografia gasosa acoplada ao espectrômetro de massas (SPME/GC/MS), os quais resultaram em 21 compostos dos quais 2 foram confirmados por meio dos padrões sintéticos. Os compostos confirmados, acetoína e Z9:14Ac e o sugerido em cromatogramas 3-metil-1-butanol, são atrativos eficientes para insetos da ordem Lepidoptera. Para o experimento de campo foram utilizadas armadilhas feitas com sacos plásticos e contendo, em seu interior, melaço de cana como atrativo alimentar e o feromônio para monitorar a captura dos insetos, que teve em sua composição os compostos (E)- β -farneseno); (E)-nerolidol; (Z)-7-heptadeceno e (E)- β -ocimeno. Os testes de campo permitem concluir que o tratamento 1 (T1) contendo a mistura feromonal do macho de *Opsiphanes invirae*, (E)- β -farneseno); (E)-nerolidol e (Z)-7-heptadeceno, apresentou maior eficiência na captura de insetos machos e fêmeas, demonstrando que a utilização dessa formulação em combinação com o melaço de cana-de-açúcar em campo pode contribuir significativamente para reduzir a densidade populacional da praga em plantações de dendê.

Palavras-chave: compostos orgânicos voláteis; coleta massal; Solid Phase Micro Extraction; Headspace; controle por comportamento; Manejo Integrado de Pragas.

ACTIVITY AND DETERMINATION OF PARAMETERS FOR THE USE OF THE *Opsiphanes invirae* PHEROMONE AS A CONTROL STRATEGY IN CULTIVATION AREAS.

ABSTRACT

Opsiphanes invirae (Hübner, 1818) (Lepidoptera: Nymphalidae) is a pest that occurs throughout Brazil and, in its young phase, causes defoliation in maples, which causes a reduction in productivity. Pará, where the largest oil palm plantations (*Elaeis guineensis* Jacquin, Arecaceae) in the country are concentrated, is one of the states most affected by the pest attack. Due to the damage caused by the conventional practice of pest control, it is necessary to seek less harmful forms of control. Pest control through the mass collection method consists of the use of traps containing, generally, a pheromone attractant or food attractant, combined or not, as a form of attractant with the objective of reducing the population of pest insects in a given area to non-harmful population levels. Thus, the objective of this work was to prove the pheromone activity and attractiveness and determine parameters for its use in pest control, in the field, from the use of traps for monitoring and population control and also to analyze, under laboratory conditions, which volatile compounds are generated during the fermentation of sugarcane molasses over the course of days. The experiments were carried out at the Laboratório de Pesquisa em Recursos Naturais (LPqRN), which belongs to the Campus de Engenharias e Ciências Agrárias of the Universidade Federal de Alagoas, in the city of Maceió, state of Alagoas, and on the farms of the company Agropalma, a commercial cultivation area of dendezeiro, located in the municipality of Tailândia, Pará. The study of volatiles presents in sugarcane molasses obtained by solid phase microextraction in gas chromatography coupled to a mass spectrometer (SPME/GC/MS) was carried out in the laboratory, which resulted in 21 compounds of which 2 were confirmed through synthetic standards. The confirmed compounds, acetoin and Z9:14Ac and the one suggested in chromatograms 3-methyl-1-butanol, are efficient attractants for insects of the order Lepidoptera. For the field experiment, traps made with plastic bags were used, containing, inside, sugarcane molasses as a food attractant and the pheromone to monitor the capture of insects, which had the compounds (E)- β -farnesene; (E)-nerolidol; (Z)-7-heptadecene and (E)- β -ocimene in its composition. Field tests allow us to conclude that treatment one (T1) containing the male pheromonal mixture of *Opsiphanes invirae*, (E)- β -farnesene; (E)-nerolidol and (Z)-7-heptadecene, showed greater efficiency in capturing male and female insects, demonstrating that the use of this formulation in combination with sugarcane molasses in the field can significantly contribute to reduce the population density of the pest in oil palm plantations.

Keywords: Volatile organic compounds (VOC's); Mass trapping; Solid Phase Micro Extraction; Headspace; PDMS; Kovats indices; Molasses.

1 INTRODUÇÃO

Opsiphanes invirae (Hübner, 1818) (Lepidoptera: Nymphalidae) é uma praga que ocorre em todo o Brasil, sendo comum nos estados do Rio de Janeiro (Região Sudeste), Rio Grande do Sul (Região Sul) e na Amazônia Oriental, sendo a região norte a mais atacada, onde a praga causa sérios danos em culturas palmáceas (SALGADO-NETO; LOPES-DA-SILVA, 2011). O Pará, onde se concentram as maiores plantações de dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacquin, Arecaceae) do país, é responsável pela maior parte da produção nacional, com uma área colhida de mais de 180 mil hectares e produção de cachos de mais de 280 mil toneladas (IBGE, 2020).

O estado é um dos mais afetados pelo desfolhamento causado por lepidópteros em areáceas, principalmente por pragas como *O. invirae* e *Brassolis sophorae* L. (Lepidoptera: Nymphalidae), que causam destruição da área foliar e consequente redução da taxa fotossintética (OLIVEIRA et al., 2018). Geralmente encontradas na face inferior dos folíolos, as lagartas de *O. invirae* apresentam cabeça rósea, dois prolongamentos espinhosos e coloração do corpo verde com listas amarelas, além de dois apêndices caudais. Sua forma adulta tem de 60 a 70 mm de comprimento com asas escuras nas extremidades e avermelhadas na base. Nas asas anteriores há uma longa faixa transversal amarela (LEMOS; BOARI, 2010).

Os métodos de controle convencionais, por meio de controle químico podem causar danos ecológicos e econômicos, como no caso dos inseticidas, utilizados muitas vezes de maneira incorreta e excessiva, o que causa resistência em insetos-praga e morte de inimigos naturais e polinizadores. Alternativas com menor impacto sobre o ambiente e a entomofauna benéfica têm surgido (PIMENTEL, 2005; MOONEN, 2014; GUZMAN, 2016).

O controle e monitoramento por meio de armadilhas mostra-se como uma ferramenta efetiva dentro do manejo integrado de pragas (MIP) para várias culturas. As armadilhas utilizadas para *O. invirae* são geralmente sacos plásticos transparentes, com 100cm x 60cm de largura, em que a entrada, que possui uma armação de arame em formato oval, encontra-se parcialmente aberta para que as borboletas entrem e, devido ao seu tamanho, fiquem aprisionadas. As armadilhas são dipostas a uma altura de 150cm do solo e em seu interior é utilizado atraente alimentar, geralmente melão de cana-de-açúcar (LORIA et al., 2002; BRANDÃO et al., 2017).

Outro tipo de ferramenta é a utilização de feromônios, os quais são sintéticos baseados em compostos naturais produzidos por insetos. Têm a vantagem de serem altamente específicos, não sendo prejudiciais aos organismos não alvos, como inimigos naturais e polinizadores (JUTSUM; GORDON, 1989; BENTO et al., 2016). Estes compostos são capazes de modificar

o comportamento dos insetos, como acasalamento, defesa contra inimigos naturais, agregação, reconhecimento de um hospedeiro e localização de parceiros sexuais (EL-SAYED et al., 2006; KLEIN; LACEY, 1999).

O objetivo desta dissertação foi comprovar a atividade e atratividade do feromônio de *Opsiphanes invirae* e determinar parâmetros para sua utilização no controle da praga, em campo, a partir da utilização de armadilhas para monitoramento e controle populacional e analisar, em condições de laboratório, quais compostos voláteis são gerados durante a fermentação do melão de cana-de-açúcar ao decorrer dos dias.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A cultura do dendê

O dendê ou palma de óleo é uma das oleaginosas mais importantes mundialmente com destaque no setore industrial, na alimentação humana, animal e na produção de biocombustíveis (DAZA et al., 2020; FEDEPALMA, 2018).

De acordo com dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), o Brasil é o sétimo maior produtor mundial de frutos, com quase três mil toneladas produzidas em 2020.

No país o principal estado produtor de dendê é o Pará, na região norte, com mais de 280 mil toneladas de cachos produzidas e responsável por 88% (207.252 ha) de toda área plantada no país. Entre os principais produtos obtidos da cultura estão o óleo de palma, que é proveniente da polpa, e o palmiste, que é o óleo proveniente do caroço ou amêndoa (YOKOYAMA et al., 2018; IBGE 2020).

2.2 Principais pragas da cultura

Uma característica marcante do cultivo de dendezeiro é o fato de essas áreas serem quase que em sua totalidade dominadas pelo monocultivo, o que permite o surgimento de uma ampla variedade de pragas, reduzindo, muitas vezes de forma drástica, a produtividade anual da cultura (YAP, 2005; SULAIMAN; TALIP, 2021). Algumas das principais pragas do dendê são do tipo desfolhadoras, como *Opsiphanes invirae* e *Brassolis sophorae* (Lepidoptera: Nymphalidae); *Acharia* spp. (Lepidoptera: Limacodidae) e *Talima* spp. (Lepidoptera: Limacodidae) (BRANDÃO et al., 2017).

Nesse grupo, *O. invirae* é uma das pragas mais frequentes em cultivos de dendê na região norte do Brasil. Os danos são causados por lagartas que ocorrem em grande densidade (LEMOS; BOARI, 2010; BRANDÃO et al., 2017). Outra praga importante para a cultura é *B. sophorae*, que apresenta comportamento gregário e vive sob um abrigo de seda característico, causando danos severos pela desfolha provocada pelas lagartas, o que reduz a capacidade fotossintética e produtividade das culturas afetadas (MARICONI; ZAMITH, 1954; ZANETTI et al., 1999; HOWARD et al. 2001; FERREIRA; FILHO, 2007; AMBROGI et al., 2016)

Um outro grupo de pragas importante é o de insetos broqueadores, que podem causar sérios danos a cultura. Os principais são *Eupalamides cyparissias cyparissias* (Lepidoptera: Castniidae), *Rhynchophorus palmarum* (Coleoptera: Curculionidae), *Rhinostomus barbirostris* (Coleoptera: Curculionidae) e *Metamasius hemipterus* (Coleoptera: Curculionidae).

2.3 *Opsiphanes invirae* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Nymphalidae)

2.3.1 Aspectos Gerais

O. invirae é uma praga que ocorre em varias regiões do Brasil, sendo mais comum nos estados do Rio de Janeiro (Região Sudeste), Rio Grande do Sul (Região Sul) e na Amazônia Oriental. A região norte do país é a mais atacada, onde a praga causa sérios danos em culturas palmáceas (SALGADO-NETO; LOPES-DA-SILVA, 2011).

Geralmente encontradas na face inferior dos folíolos, as lagartas de *O. invirae* apresentam cabeça rósea com dois prolongamentos espinhosos e coloração do corpo verde com listas amarelas, além de dois apêndices caudais (figura 1). Sua forma adulta tem de 60 a 70 mm de comprimento com asas escuras nas extremidades e avermelhadas na base. Nas asas anteriores há uma longa faixa transversal amarela (LEMOS; BOARI, 2010).

Figura 1. Lagartas de *Opsiphanes invirae* em diferentes instares.



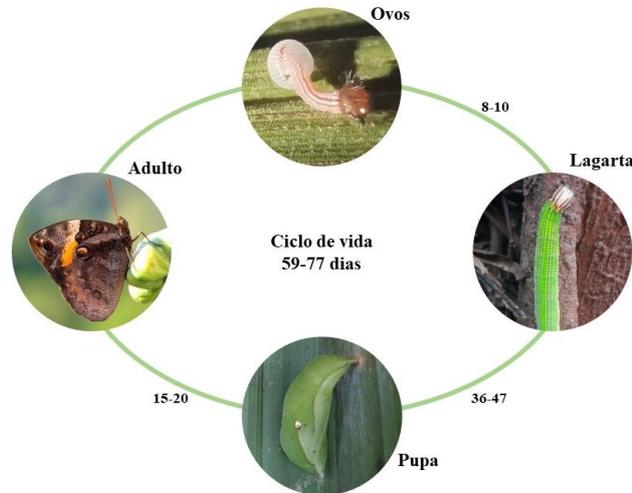
Fonte: Autor, 2022

2.3.2 Ciclo de vida

Com duração média que varia entre 59 e 77 dias, o ciclo de vida de *O. invirae* tem início na fase de ovo, a qual possui duração de 8 a 10 dias; em seguida tem-se a lagarta que permanece nesse estágio de 36 a 47 dias e possui quatro ecdises e por fim tem-se a fase de pupa, a qual possui duração de 15 a 20 dias até que um novo inseto adulto surja (figura 2) (FERREIRA, 2006; CHAGAS, 2018). Em condições de campo o ciclo da praga ocorre a cada dois meses, o que totaliza seis gerações no decorrer do ano. Isso não exclui a possibilidade de que em uma

mesma área sejam observadas sobreposições de estágios de desenvolvimento diferentes (TINÓCO, 2016)

Figura 2. Ciclo de vida de *Opsiphanes invirae*.



Fonte: Autor, 2022

2.3.3 Danos

O estado do Pará é um dos mais afetados pelo desfolhamento causado por lepidópteros em areáceas, principalmente por pragas como *O. invirae* e *B. sophorae*, que causam destruição da área foliar e consequente redução da taxa fotossintética (OLIVEIRA et al., 2018).

O. invirae causa danos pelo desfolhamento em diversas culturas durante o seu estágio larval, como dendezeiro, ou palma de óleo, e o coqueiro, (SILVA et al., 2015). Estimativas apontam que uma única lagarta pode consumir até 800 cm² de folhas durante o seu ciclo de vida, com níveis de devastação podendo alcançar a 90% (figura 3) (LEMOS; BOARI, 2010; BRANDÃO et al., 2017).

Voracidade e alta densidade populacional são duas características que fazem da praga um problema que preocupa os produtores de dendê. Inicialmente observa-se grande infestação nas bordas do cultivo, porém em seguida observa-se a dispersão de lagartas entre plantas em direção ao centro do plantio, causando infestação gradativa de toda a área cultivada. Nota-se a destruição do limbo foliar, restando apenas as nervuras centrais dos folíolos, o que, consequentemente, causa anormalidades no desenvolvimento das plantas e redução em tamanho e número de cachos (figura 3) (FERREIRA; LINS, 2006; BRANDÃO et al., 2017; CHAGAS, 2018).

Figura 3. Destruição da área foliar em plantio de dendezeiro causada por *Opsiphanes invirae*.



Fonte: Autor, 2022

2.3.4 Controle

O uso de inseticidas químicos de forma indiscriminada em cultivos de dendzeiro deve ser mínimo, fator esse que é justificado pelas suas inúmeras desvantagens como, oferecer riscos para mamíferos e a fauna em geral além de poder ser motivo de impedimento na obtenção de certificações como da Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO), uma organização que busca unir os diversos grupos envolvidos com a produção de palma de óleo e que é responsável pela certificação baseada no uso sustentável do óleo por meio de critérios específicos, objetivando reduzir impactos negativos sobre o meio ambiente e às comunidades. Além disso, esse compostos podem de causar resistência em insetos-praga, tornando as suas populações cada vez mais destrutivas. Nesse contexto, a adoção de métodos alternativos e de menor ou nenhum dano sobre o ecossistema faz-se essencial. Assim, o Manejo Integrado de Pragas (MIP) tem se mostrado como um conjunto de estratégias eficiente e ecologicamente viável (PARDEY, 2014).

2.3.4.1 Controle Biológico

Os métodos de controle baseados em técnicas de controle biológico de pragas agrícolas são utilizados mundialmente a mais de um século (HEIMPEL; MILLS, 2017; ZANG et al., 2020). Visto como uma ferramenta ecologicamente viável, tanto em cultivos convencionais quanto orgânicos, o controle biológico de pragas é um dos pilares chave do MIP. Esse método tem como base a utilização de um organismo, denominado inimigo natural, para controlar outro e pode acontecer de forma natural, pelo manejo da entomofauna pré-existente, ou pela introdução de espécies exóticas. Esses inimigos naturais podem ser parasitoides, predadores,

nematoides, entomopatogênicos e patógenos entre outros. (FLINT; VAN DEN BOSCH, 1981; HOY, 1994; FLINT, 2012; BAKER et al., 2019).

De acordo com o Sistema de agrotóxicos fitossanitários (AGROFIT), do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) *O. invirae* conta atualmente com apenas dois produtos biológicos recomendados para o controle da praga, sendo todos eles (Dipel® e Thuricide®) microbiológicos a base de *Bacillus thuringiensis* (Bt) (AGROFIT, 2022).

Em campo os parasitoides microhimenópteros *Apanteles* sp., *Spilochalcis morleyi*, *S. nigrifrons*; *Cotesia alius* (Hymenoptera: Braconidae) e pelo díptero *Xanthozona melanopyga* (Diptera: Tachinidae) são eficientes no controle da lagarta de *O. invirae*. Já a crisálida pode sofrer parasitismo por *Conura maculata* (Hymenoptera: Chalcididae) (SILVA et al., 1968; SALGADO-NETO; LOPES DA SILVA, 2011; SALGADO-NETO, 2013; FERREIRA et al., 2015).

2.3.4.2 Coleta massal

O controle de pragas por meio do método de coleta massal consiste na utilização de armadilhas contendo, geralmente, um atrativo feromonal ou atraente alimentar, combinados ou não, como forma de atrativo com o objetivo de reduzir a população de insetos-praga em uma determinada área a níveis populacionais não danosos (GOMES et al., 2012; AKSOY; KOVANCI, 2016).

Esse método pode ser utilizado tanto para a erradicação quanto para a contenção de uma praga, a depender dos níveis de infestação (SANCHEZ-HUSILLOS; ETXEBESTE; PAJARES, 2015). Para *O. invirae* são comumente utilizados no monitoramento e controle sacos plásticos. Esses sacos têm dimensões de 55x80x0,40 cm e contém uma abertura mantida por uma armação de arame para a entrada dos insetos. Ao entrarem na armadilha em busca do atrativo as borboletas ficam impedidas de sair devido a sua grande envergadura, o que acarreta morte dos insetos. O melaço ou atraente alimentar é acondicionado no interior das sacolas em uma garrafa do tipo pet com pequenas perfurações. Essas armadilhas são então fixadas à planta 100 cm acima do solo. Esse método mostra-se vantajoso uma vez que é de simples manutenção e não se utiliza de inseticidas (LORIA et al., 2002; CHINCHILA, 2003; LEMOS; BOARI, 2010; CHAGAS, 2018).

Essas armadilhas devem ser distribuídas preferencialmente nas bordaduras do plantio, e em caso de plantios próximos à mata deve-se distribuir o mais próximo da mata. Essa é uma das medidas mais eficientes, levando-se em consideração a densidade da praga, para o monitoramento e redução da população de insetos adultos da praga (FERREIRA et al., 2015).

2.4 Feromônios em Lepidoptera

A utilização em massa de inseticidas no controle de lepidópteros é uma das ferramentas de controle mais utilizadas, porém causa sérios danos ao meio ambiente e contaminação direta e indireta de seres humanos e animais, além de eliminar inimigos naturais. Devido a esse problema a busca por ferramentas menos nocivas é necessária, sendo a utilização de feromônios uma alternativa promissora na diminuição ou até em substituição aos inseticidas (YANG et al., 2016)

O comportamento sexual entre lepidópteros machos e fêmeas é mediado pela ação de feromônios sexuais e a atividade sexual destes insetos depende de substâncias endógenas, neurais ou hormonais, além de fatores exógenos, como fotoperíodo e temperatura (LI et al., 2015). Os feromônios consistem em compostos químicos com várias substâncias ou apenas uma (monocomponente), que passam informações sobre o sexo, idade, disponibilidade para o acasalamento e distinção entre espécies de insetos (NIEBERDING et al., 2012; ANDERSSON et al., 2000; PINZARI et al., 2018). Outro fator diz respeito às diferenças morfológicas entre machos e fêmeas de Lepidoptera, como a morfologia das antenas, o tamanho do corpo, que é geralmente menor nos machos, a morfologia da genitália e também o formato e a coloração da asa, que podem ter relação com a função reprodutiva pela atratividade, ou também relação não reprodutiva, como no caso do mimetismo (CAMARGO et al., 2015).

Nos machos uma ferramenta de propagação de feromônios importante em lepidópteros é a androcônia, uma estrutura especializada localizada nas asas e no corpo destes insetos. Os aromas expelidos por estas estruturas podem possuir compostos alifáticos de cadeia longa, terpenóides e macrólidos (ÔMURA, 2013). Nos machos estes órgãos variam em tamanho e são infláveis, além do fato de que sua morfologia difere entre os gêneros de lepidópteros (OKUMURA et al., 2016).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Identificação dos compostos presentes no melaço de cana-de-açúcar

3.1.1 Localização do experimento

O experimento foi conduzido no campus A.C. Simões no Laboratório de Pesquisa em Recursos Naturais (LPqRN) do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA), da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) em fevereiro de 2022.

3.1.2 Preparo das amostras

As análises foram feitas diariamente por um período de 14 dias para que pudesse ser acompanhada a fermentação do melaço. Foram utilizados recipientes do tipo vial com capacidade para 2,5 ml previamente limpos, nos quais foi adicionada uma quantidade do melaço de cana-de-açúcar, cerca de 0,05 g, e uma barra magnética com 0,5 cm para que, juntamente com 1 mL de água destilada, houvesse a diluição da amostra. Após esse procedimento, os vials contendo as amostras foram dispostos sobre um agitador magnético onde foram submetidos a uma rotação de 1200 rpm e a uma temperatura de 29°C mantidas durante todo o período experimental (figura 4).

Figura 4. Pesagem e quantificação do melaço (A); Agitação e aquecimento (B).



Fonte: Autor, 2022

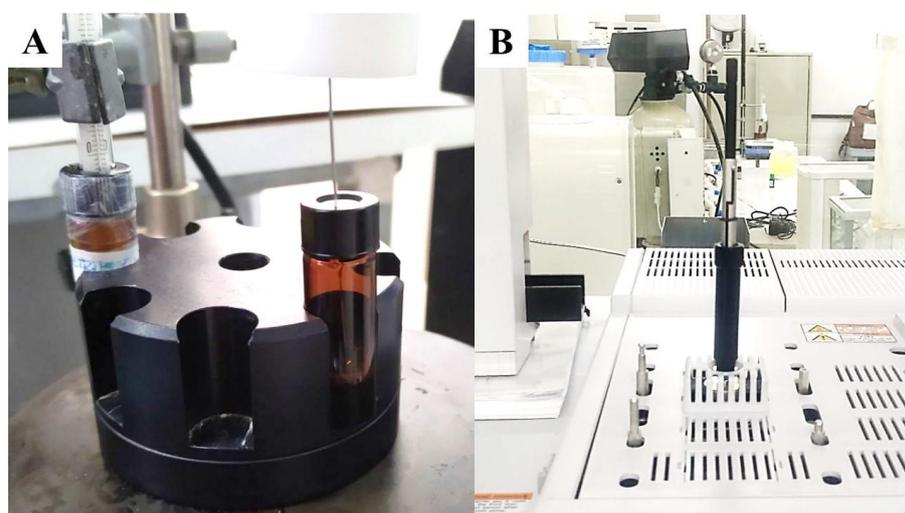
3.1.3 Extração dos compostos presentes na amostra

A metodologia adotada para a extração dos voláteis presentes no melaço foi por meio da técnica de headspace usando microextração em fase sólida (Solid Phase Micro Extration – SPME) analisada por cromatografia gasosa acoplada ao espectrômetro de massas (CG-MS). Foi

utilizada uma fibra revestida por material adsorvente do tipo polydimethylsiloxane (PDMS) para a extração e análise dos compostos (figura 5).

Para a limpeza da fibra era realizada sua exposição no interior do injetor do espectrômetro de massas (MS) a uma temperatura de 200°C por quinze minutos. Após esse procedimento a fibra era removida e levada até o vial contendo a amostra do melão, onde era inserida e exposta no espaço de 1/3 do recipiente, sem contato direto com a solução aquosa por mais dez minutos para que os voláteis em suspensão presentes no interior do recipiente fossem adsorvidos à fibra de PDMS. Após esse procedimento a fibra era removida do vial e transferida novamente ao injetor do espectrômetro de massas onde era novamente exposta e mantida em exposição por dois minutos para que os voláteis capturados fossem liberados e analisados pelo equipamento durante cerca de 50 minutos.

Figura 5. Extração de voláteis de melão por SPME (A); Análise dos voláteis em espectrômetro de massas (MS) (B).



Fonte: Autor, 2022

Foi utilizado Espectrômetro de Massas (MS), modelo Shimadzu QP-2010, equipado com uma coluna capilar ZB-5MS (60 m, 0,25 mm d. i., 0,25 μ m; J & W Scientific, Folsom, Califórnia, EUA), com ionização por impacto de elétrons (70 eV). O equipamento foi operado no modo Split, com a programação de temperatura inicial de 50 °C, permanecendo por 9 minutos e aumentando gradativamente 5 °C por minuto até alcançar a temperatura de 250 °C na qual permanecia por 5 minutos. O gás de arraste utilizado foi o hélio, com fluxo de 1,31 mL/minuto.

3.1.5 Identificação dos compostos

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

Para a confirmação da identificação dos compostos foram preparadas soluções de padrões analíticos comerciais (Sigma-Aldrich®), os padrões foram preparados na concentração de 500 ppm em solvente orgânico hexano HPLC.

3.2 Utilização do feromônio de *Opsiphanes invirae* em condições de campo

3.2.1 Localização

O trabalho foi realizado no Laboratório de Pesquisa e Recursos Naturais (LPqRN), da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) e também nas fazendas do complexo Agropalma no estado do Pará, área de cultivo comercial de dendezeiro, localizado no município de Tailândia. Para o teste de atratividade, os insetos adultos em campo foram submetidos a diferentes formulações dos compostos presentes no feromônio. Esses testes foram realizados em uma área de cultivo de dendezeiro pertencente a empresa Agropalma S/A, no município de Tailândia, Pará (figura 6).

Figura 6. Cultivo de Palma de Óleo (A); Localização espacial do experimento latitude 2°29'33.55"S longitude 48°35'40.64"O (B).

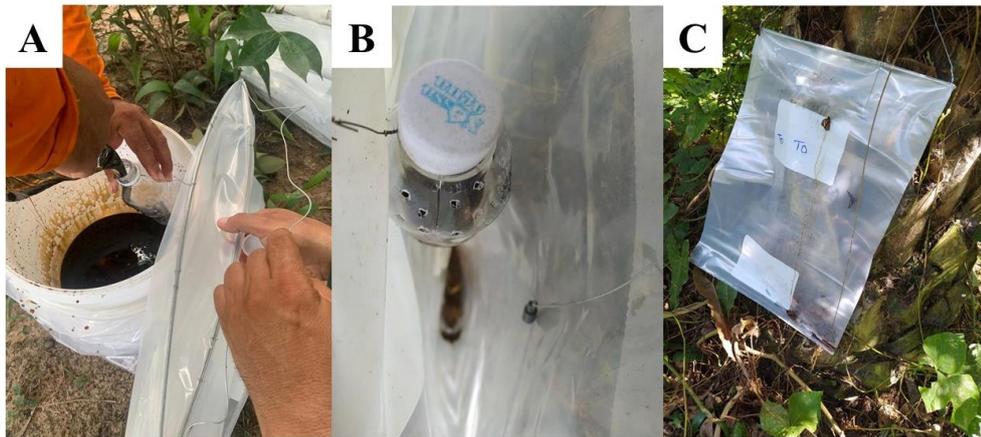


Fonte: Autor, 2022

3.2.2 Armadilhas e montagem do experimento

As armadilhas utilizadas (80cm de altura e 55cm de comprimento) foram confeccionadas com sacos plásticos que continham, em seu interior, uma garrafa pet de 500 mL com perfurações no terço superior contendo cerca de 100 mL do atrativo alimentar, que tinha em sua composição melado de cana-de-açúcar e água na concentração 1/1 (figura 7).

Figura 7. Melaço de cana-de-açúcar (A); Interior da armadilha (B); Armadilha utilizada (C).



Fonte: Autor, 2022

3.2.3 Tratamentos utilizados

Juntamente com o atrativo alimentar foram colocados septos de borracha impregnados com o feromônio para o monitoramento a captura dos insetos. Tanto as garrafas pet quanto os septos foram fixados no interior das armadilhas por arames de cerca de 15 e 25 cm respectivamente, e as armadilhas foram fixadas às plantas de palma de óleo a cerca de 100 cm do solo (figura 8).

Figura 8. Septo de borracha (A); Fixação da armadilha (B); Insetos capturados (C).



Fonte: Autor, 2022

Foram testados 6 tratamentos (T0, T1, T2, T3, T4 e T5) com 4 repetições, o que totalizou 24 armadilhas, que foram distribuídas no cultivo de dendezeiro, com espaçamento entre plantas de 9x9x9m (triangular), na fazenda H (Roda de Fogo) parcela E 14. Como elemento em comum

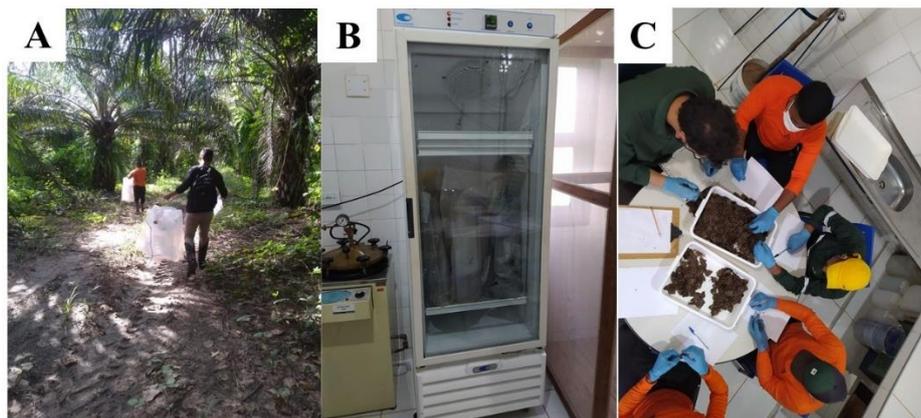
todas as armadilhas continham o melão em seu interior como atrativo alimentar. Os tratamentos eram compostos por diferentes misturas feromonais, sendo elas: T0: melão (testemunha/controle); T1- (E)- β -farneseno; (E)-nerolidol; (Z)-7-heptadeceno; T2- (E)- β -ocimeno; (E)- β -farneseno; (E)-nerolidol; (Z)-7-heptadeceno; T3- (Z)-7-heptadeceno; T4- (E)- β -farneseno; (E)-nerolidol; T5- (E)- β -ocimeno; (E)- β -farneseno; (E)-nerolidol.

Os resultados provenientes de estudos do feromônio de *O. invirae* que embasaram essa pesquisa e que serviram de referência principal para o desenvolvimento e realização desse trabalho foram previamente estabelecidos por Chagas 2018, que identificou a presença e atratividade dos compostos (E)- β -farneseno; (E)-nerolidol; (Z)-7-heptadeceno; (E)- β -ocimeno, sendo todos eles definidos como compostos macho-específicos, responsáveis por provocar a atratividade por machos em fêmeas do inseto, com exceção do (E)- β -ocimeno que foi identificado tanto em insetos machos quanto fêmeas da borboleta.

O experimento foi distribuído seguindo o delineamento em blocos casualizados (DBC) e as armadilhas foram dispostas nas extremidades e no interior das parcelas parcela experimental onde foi previamente constatada a presença de adultos de *O. invirae*. A distância entre armadilhas foi de 40x55 m e as coletas dos insetos capturados ocorreram em um intervalo de dois dias.

As avaliações ocorreram entre os meses de junho e julho de 2022 e teve duração de 16 dias, totalizando 8 coletas. A cada coleta as armadilhas eram substituídas por sacos limpos e tanto o atrativo alimentar quanto o septo de borracha contendo a mistura feromonal foram mantidos durante todo período experimental. As armadilhas com insetos eram transportadas até o laboratório de fitossanidade da empresa Agropalma S/A, onde eram acondicionadas em freezer (imagem) a 5° C para que houvesse a interrupção da atividade dos insetos. Posteriormente era realizada a contagem e sexagem dos indivíduos capturados (figura 9).

Figura 9. Substituição das armadilhas (A); Freezer para acondicionamento dos insetos capturados (B); Contagem e sexagem (C).



Fonte: Autor, 2022

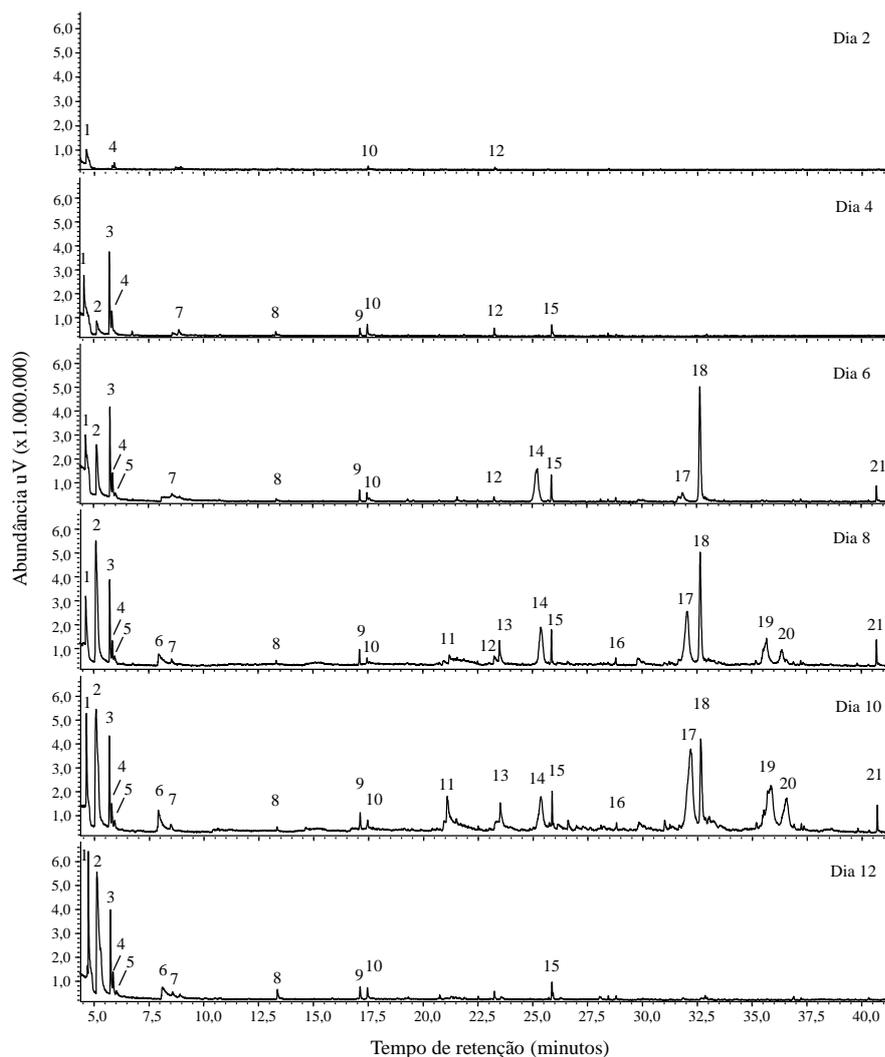
Os dados foram analisados pelo teste de normalidade (Shapiro-Wilk), apresentando resultados significativos ($P < 0,05$), foram transformados por logaritmo de base 10 do número coletado mais um ($\log(x+1)$) nos casos de significância as médias foram comparados pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade usando o software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2010). Os dados de insetos capturados por tratamento foram analisados por agrupamento pelo método hierárquico com distância euclidiana e método de ward.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Identificação dos compostos presentes no melaço de cana-de-açúcar

Durante o processo de fermentação do melaço de cana-de-açúcar utilizado como atrativo alimentar em armadilhas para captura de *Opsiphanes invirae* foram observados 21 compostos como resultado das análises de microextração em fase sólida (SPME) (Figura 10). Observa-se diferença das análises realizadas ao longo dos dias de fermentação, em que, nota-se no décimo dia maior número de compostos presentes (Figura 10).

Figura 10. Cromatograma das análises de microextração em fase sólida (SPME) de processo de fermentação de melaço de cana usado como atrativo alimentar em armadilha para captura de *Opsiphanes invirae*. Análises do segundo ao décimo segundo dia de fermentação em GC- MS coluna capilar ZB-5MS.



Fonte: Autor, 2022

Os compostos observados na fermentação do melão estão distribuídos entre diferentes classes como ésteres (Looplure; fenoxietanol e (Z)-9-tetradecenyl acetato) álcoois (álcool isoamílico e 2-methyl-n-butanol) fenóis (2-methoxy-4-vinylphenol), cetonas (acetoína) entre outros (Tabela 1).

Tabela 1. Compostos voláteis presentes no processo de fermentação de melão de cana-de-açúcar usado como atrativo alimentar em armadilha para captura de *Opsiphanes invirae*.

Nº	IR	TR	Compostos
1	757	4,641	Silanediol, dimethyl- (Dimetilsilanodiol)***
2	762	5,106	3-hydroxy-2-butanone (Acetoína)**
3	770	5,729	3-methyl, 1-butanol*
4	772	5,848	2-methyl-n-butanol*
5	773	5,965	2-methylpropanoic acid MS (Ácido isobutírico)*
6	797	7,961	2,3-butandiol*
7	807	8,547	2-methyldihydro-3(H)-furanone*
8	896	13,315	4-Ethylbenzoic acid*

9	977	17,112	Fenol*
10	984	17,458	Cyclotetrasiloxane, octamethyl***
11	1075	21,088	2,3-Dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-4(H)-pyran-4-one (piranona)*
12	1135	23,255	Decamethyl-cyclopentasiloxane***
13	1142	23,491	3,5-Dihydroxy-6-methyl-2,3-dihydro-4H-pyran-4-one*
14	1198	25,371	Cyclohexane, 1-(1,1-dimethylethyl)-4-methyl-*
15	1214	25,86	2-fenoxietanol*
16	1311	28,801	2-methoxy-4-vinylphenol*
17	1430	32,05	Guanosine*
18	1453	32,648	(Z)-7-Dodecen-1-ol acetate *
19	1574	35,674	3-deoxy-d-mannonic lactone
20	1602	36,366	3-deoxy-d-mannonic acid
21	1794	40,686	(Z)-9-tetradecenyl acetate**

Nº= número do pico; IR= índice de retenção Coluna ZB-5MS; TR= Tempo de Retenção dos compostos observados. *compostos identificados por meio das análises de fragmentação dos espectros de massa; **confirmação dos compostos identificados com padrões; *** possíveis constituintes da fibra utilizada.

Os compostos majoritários observados nos cromatogramas foram a acetoína (2), o 3-methyl, 1-butanol (3) e o (Z)-9-tetradecenyl acetato (Z9-14Ac) (21). Alguns estudos que a formação de acetoína é proveniente de processos de decomposição e/ou fermentação de substâncias, frutos, seivas, plantas e seres vivos, o que explica o comportamento desse composto neste estudo, no qual é possível observar que conforme ocorre a fermentação do melão seus níveis tornam-se mais expressivos (OWENS et al., 1997; OMURA; HONDA; HAYASHI, 2000; LEROY et al., 2012; WRIGHT; KLASSON; KIMURA; 2020; HU et al., 2021; URBANEJA-BERNAT et al., 2021). A acetoína (3-hydroxy-2-butanone) é uma cetona que contribui, juntamente com outros compostos, para a atratividade de insetos. Leroy et al. (2012) demonstraram a presença desse composto em honeydew excretado por pulgões predadores e parasitóides e como ele é capaz atuar como agente de atratividade de *Harmonia axyridis* (Coleoptera:Coccinellidae). Ômura, Honda e Hayashi (2000) destacaram sua presença e atratividade em seiva de carvalho tanto para machos quanto para fêmeas de *Kaniska canace* e *Vanessa indica* (Lepidoptera: Nymphalidae). Said et al. (2005) sugerem que existe um efeito sinérgico entre a acetoína e o Rincoforol ®, feromônio de agregação do macho de *Rhynchophorus palmarum*, havendo um aumento na sensibilidade do inseto a esse feromônio quando em mistura com a acetoína, indicando inclusive que houve maior atratividade de insetos machos e fêmeas submetidos a essa mistura.

A utilização de 3-metil-1-butanol demonstrou atratividade a *Pyralis farinalis* (Lepidoptera: Pyralidae), mostrando que fêmeas dessa espécie foram atraídas e capturadas para armadilhas contendo misturas de compostos tendo esse composto como um dos constituintes majoritários (LANDOLT, 2005). Ele também se mostrou efetivo quando em combinação com ácido acético na captura de diversas espécies de lepidópteros, entre elas algumas de importância

agrícola como *Apamea devastator* (Lepidoptera:Noctuida), *Xestia c-nigrum* (Lepidoptera: Noctuidae) e *Discestra trifolii* (Lepidoptera: Noctuidae) (LANDOLT et al., 2007).

O (Z)-9-Tetradecenyl acetato (Z9-14Ac) é um composto comumente relatado como parte constituinte em misturas feromonais (blends). A sua atratividade a machos de lepidópteros é reportada em diversos estudos, principalmente relacionados a *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) (LIN, X., WANG, B., DU, Y., 2017; CRUZ-ESTEBAN et al. 2020; JIANG et al., 2021). Bhanu et al. (2020) demonstraram que a mistura entre o feromônio de *S. frugiperda* e outros compostos, entre eles o Z9-14Ac, foi efetiva em armadilhas para a captura de números significativos de insetos machos dessa espécie. O composto também foi encontrado por Bouwer et al. (2015) em extratos de glândulas feromonais de insetos fêmeas de *Coryphodema tristis* (Lepidoptera:Cossidae), uma praga do eucalipto. Por meio de testes eletroantegráficos em machos dessa espécie os autores demonstraram que houve resposta significativa de sensibilidade ao Z9-14Ac superior àquela constatada em antenas de insetos fêmeas, principalmente quando esse composto era apresentado em sinergia com pelo menos dois dos compostos que foram analisados. Esses resultados foram também comprovados em testes de campo, os quais apresentaram significativa captura de machos em armadilhas iscadas com a combinação Z9-14Ac e Z9-14OH ((Z)-9-Tetradecen-1-ol). Em Okinawa, Japão, Wakamura; Arakaki e Yoshimatsu (2020) realizaram análises em cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CGMS) em extratos hexânicos de glândulas abdominais de fêmeas de *S. frugiperda* e obtiveram seis compostos, entre eles o Z9-14:Ac. Testes de campo realizados com diferentes blends desses compostos permitiram aos autores chegarem a conclusão de que uma formulação feromonal entre Z9-14:Ac e Z7-12:Ac mostrou-se como uma excelente ferramenta no monitoramento populacional da praga supracitada.

Alguns compostos apesar de minoritários na análise de fermentação do melão, também são relatados em trabalhos com atividade atrativa ou feromonal, como o 2,3-Dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-4(H)-pyran-4-one (piranona), que em experimento conduzido por Mavraganis et al. (2008) foi verificada a sua atratividade para *Ceratitidis capitata* (Diptera:Tephritidae), a mosca das frutas do Mediterrâneo, ao composto, demonstrando sua presença e eficiência em blends com outros compostos nas capturas desse inseto. Outros trabalhos também relatam a presença da piranona em misturas complexas de compostos feromonais em insetos da ordem Hymenoptera (CLARKE et al., 1999; KERN et al., 1997). Cyclotetrasiloxane, octamethyl (10) é descrito em estudos relacionados a atividade antibacteriana promovida por diferentes espécies de plantas (KESKIN et al., 2012). Em quanto o fenol é relatado como um composto produzido por plantas capaz de inibir o forrageamento

por insetos (deterrentes) ou com atividade antioxidante (BERNAYS et al., 1982; CZERNIEWICZ et al., 2016; QUESADA-ROMERO et al., 2020). O 2-fenoxietanol é um composto apontado em alguns trabalhos como um atrativo eficiente em insetos sociais como cupins, sugerindo inclusive que possa ser utilizado como forma de atrair esses organismos para iscas ou, quando afetados por inseticidas, direcioná-los a ter contato com outros locais do ninho onde outros insetos não tenham sido alcançados pelo agente químico de controle (FEI et al., 2005(a); FEI et al., 2005(b)).

4.2 Utilização do feromônio de *Opsiphanes invirae* em condições de campo

Os resultados obtidos pela análise de variância referentes as coletas tanto de machos quanto de fêmeas permitem inferir que houve diferença significativa no número de insetos coletados em relação aos tratamentos que foram testados em campo. Por outro lado, percebe-se que a interação tratamentos x coletas não apresentou resultado significativo o que indica que as coletas ao longo do tempo não influenciaram na diferença entre os tratamentos (tabela 2).

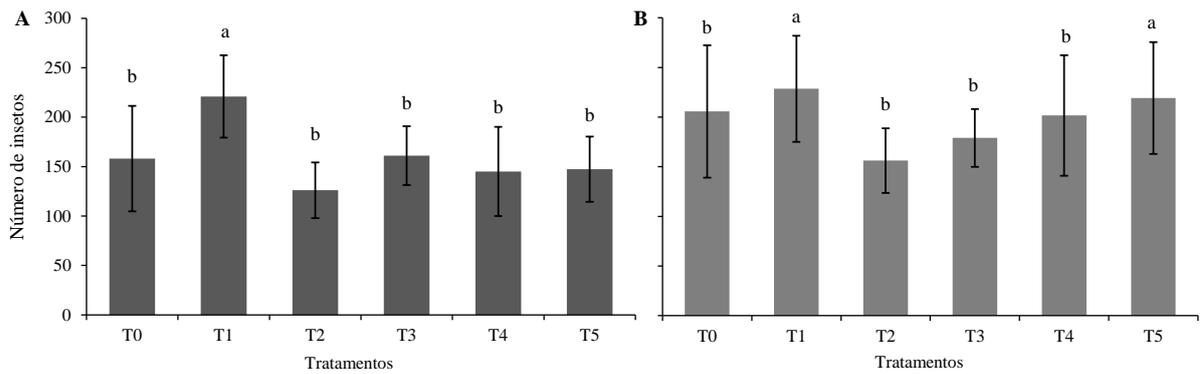
Tabela 2. Resumo da análise de variância para coletas de *Opsiphanes invirae* (machos e fêmeas) em armadilhas com atrativo alimentar (melaço) e formulações do feromônio, Tailândia, Pará, 2022.

FV	GL	Quadrado médio	
		Machos	Fêmeas
Tratamentos (T)	5	0,287**	0.241**
Coletas (C)	7	2,079**	3.600**
Interação (T*C)	35	2,053 ^{ns}	0.464 ^{ns}
Resíduo	141	0,086	0.073
CV(%)		14,67	12,91

ns, não significativo; *significativo a $p < 0,05$; ** significativo a $p < 0,01$, pelo teste F, respectivamente. CV: coeficiente de variação. Dados transformado em $\log(x+1)$.

O tratamento um (T1) diferiu significativamente de todos os demais tratamentos para o número de insetos adultos machos capturados (figura 2, A). Já quando se trata do número de fêmeas capturadas (figura 2, B), os tratamentos um e cinco (T1 e T5) foram os que obtiveram melhores resultados, diferindo significativamente dos demais.

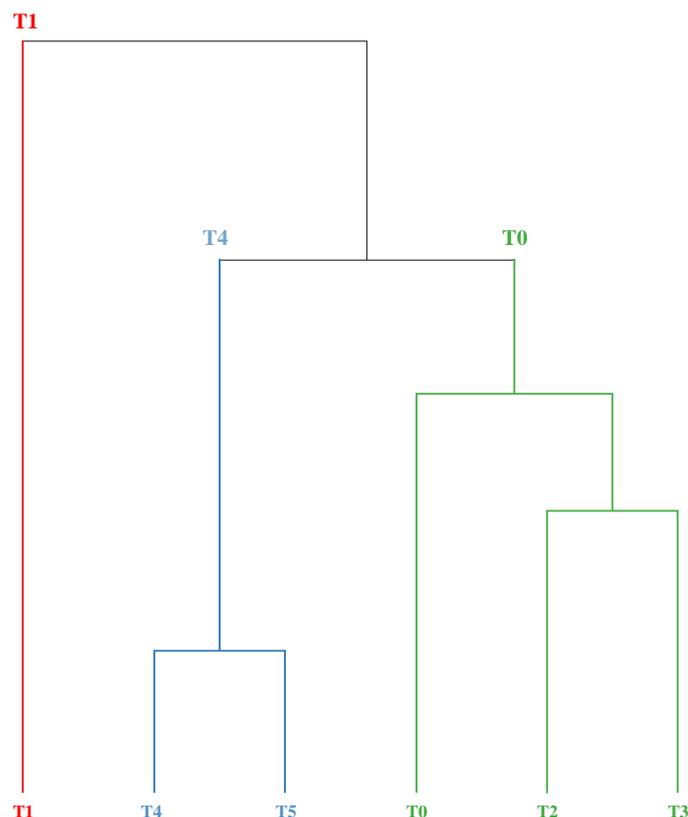
Figura 11. Média do número de insetos adultos machos (A) e fêmeas (B) de *Opsiphanes invirae* capturados em armadilhas com atrativo alimentar (melaço-T0) e formulações do feromônio, T1- (E)- β -farneseno; (E)-nerolidol; (Z)-7-heptadeceno; T2- (E)- β -ocimeno; (E)- β -farneseno; (E)-nerolidol; (Z)-7-heptadeceno; T3- (Z)-7-heptadeceno; T4- (E)- β -farneseno; (E)-nerolidol; T5- (E)- β -ocimeno; (E)- β -farneseno; (E)-nerolidol. Barra com média e erro padrão seguidos de letras diferentes significa diferença estatística pelo Teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.



Fonte: Autor, 2022

No agrupamento hierárquico com a média total de insetos capturados, observa-se que o tratamento 1 (E)- β -farneseno; (E)-nerolidol; (Z)-7-heptadeceno apresentou comportamento de agrupamento diferente dos demais tratamentos que foram divididos em dois grupos compostos pelos tratamentos T4 e T5 e o terceiro grupo por T0, T2 e T3 (Figura 12). Esse comportamento demonstra a tendência de diferença verificada entre os tratamentos em relação ao número total de insetos coletados.

Figura 12. Agrupamento pelo método hierárquico da média total de insetos machos e fêmeas de *Opsiphanes invirae* capturados em armadilhas com atrativo alimentar (melaço-T0) e formulações do feromônio, T1- (E)- β -farneseno; (E)-nerolidol; (Z)-7-heptadeceno; T2- (E)- β -ocimeno; (E)- β -farneseno; (E)-nerolidol; (Z)-7-heptadeceno; T3- (Z)-7-heptadeceno) T4- (E)- β -farneseno; (E)-nerolidol; T5- (E)- β -ocimeno; (E)- β -farneseno; (E)-nerolidol. Distância euclidiana e método de ward.



Fonte: Autor, 2022

Observa-se que o conglomerado um (T1), composto pelo tratamento T1 (E)- β -farneseno; (E)-nerolidol; (Z)-7-heptadeceno destaca-se dos demais, possuindo uma média do número total de insetos machos e fêmeas capturados significativamente superior aos outros tratamentos. Já no conglomerado dois (T4), composto pelos tratamentos T4 (E)- β -farneseno; (E)-nerolidol e T5 (E)- β -ocimeno; (E)- β -farneseno; (E)-nerolidol, observa-se que não houve diferença significativa entre a média de insetos capturados, sendo os dois hierarquicamente similares. O conglomerado três (T0) foi o grupo que continha controle (melaço) e os tratamentos T2 (E)- β -ocimeno; (E)- β -farneseno; (E)-nerolidol; (Z)-7-heptadeceno e T3 (Z)-7-heptadeceno). Observa-se que a média de capturas em T0 foi superior à dos tratamentos T2 e T3, sendo esses dois últimos hierarquicamente similares.

O (E)- β -farneseno é um composto volátil, sendo um dos principais terpenos que é emitido por plantas ao sofrerem danos por herbivoria (SCHNEE et al., 2002). Coracini et al., 2004 comprovaram que sob condições de campo, insetos machos da mariposa *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) foram capturados em armadilhas contendo o (E)- β -farneseno. Tasin et al., 2006 também notaram respostas de atratividade em fêmeas acasaladas de *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) a sinais de odor emitidos por furtos de uva, sinais esses que

continham os terpenóides (E)- β -cariofileno, (E)- β -farneseno e (E)-4,8-dimetil-1,3,7-nonatrieno em sua composição. Binder et al., 1992 ao realizarem testes em gaiolas projetadas para estimular a oviposição de *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera:Pyralidae) com placas de vidro revestidas com farneseno em seu interior, notaram que os insetos tiveram preferência pelas placas que continham esse composto, onde quantidades significativas de massas de ovos foram depositadas.

(E)- β -ocimeno é um monoterpeneo presente em diversas espécies de plantas e que está envolvido no reconhecimento de plantas hospedeiras por insetos (RAJAPAKSE et al., 2006). Estudos realizados com *Helicoverpa assulta* (Lepidoptera: Noctuidae) revelaram que houve atratividade desse inseto a mistura de quatro componentes, entre eles (E)- β -ocimeno (SUN et al., 2012). Há ainda relatos na literatura de que alguns tipos de neurônios receptores de insetos da ordem lepidóptera podem estar envolvidos nas respostas positivas a esse tipo de composto, como no caso de *Heliothis virescens* (Lepidoptera; Noctuidae) (STRANDEN et al., 2003). Borges et al., (2017) sugeriram que o (E)- β -ocimeno é um composto que pode ser sequestrado por larvas de *Heliconius erato phyllis* (Lepidoptera: Nymphalidae) para ser constituinte do buquê odorífero que atua na comunicação sexual mediada por insetos machos dessa espécie. Importante ressaltar que na literatura esse composto está relacionado a maior atratividade de insetos fêmeas quando ofertado em combinação com outros compostos (WITZGALL et al., 2005). Diante disso, a adição do composto (E)- β -ocimeno justificou-se pela sua representatividade na literatura em trabalhos relacionados sua utilização em misturas atrativas para insetos da ordem lepidóptera.

Em estudo de identificação dos compostos odoríferos presentes em *Papilio machaon* (Lepidoptera: Papilionidae), foi comprovada a presença de (E)-nerolidol em insetos adultos, em especial nas asas de insetos machos, em concentrações e qualidade superior as observadas no corpo (ÔMURA et al., 2001). O terpeno já foi descrito como um sinal potente capaz de estimular mecanismos de defesa em plantas de milho, podendo ainda contribuir para a indução da sinalização dos ácidos jasmônico e abscísico. Os mecanismos de defesa estimulados por esse composto possuem propriedades anti-herbívoras ou anti-patógenicas, podendo desencadear resistência contra o ataque de pragas e patógenos (SCHNEE, 2002; CHEN et al., 2020). Estudos apontam que a sua utilização é mais eficiente quando em misturas com outros compostos (JAGODIČ et al., 2017; KNIGHT et al., 2017; FAVARIS et al., 2020).

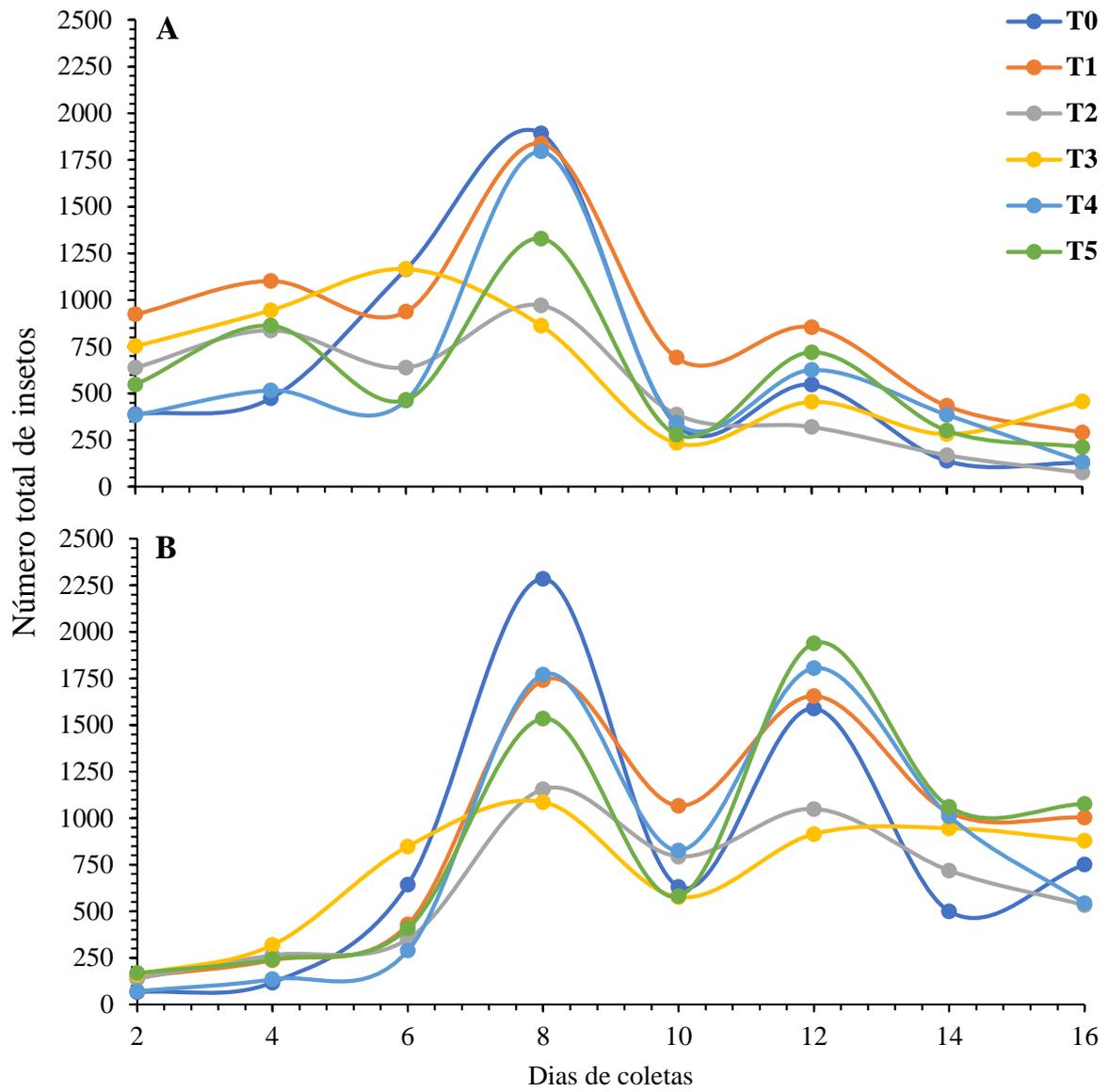
Na literatura os relatos sobre o composto (Z)-7-heptadeceno relacionado a *O. invirae* são quase nulos. Sabe-se que os insetos machos dessa espécie em campo liberam um feromônio de agregação, sendo esse um mediador na comunicação entre esses indivíduos. Eles liberam uma

mistura de compostos monoterpênicos, sesquiterpênicos e alcenos capazes de incrementar a captura de insetos adultos em armadilhas em campo, sendo os principais constituintes dessa mistura os compostos (E)- β -farneseno; (E)-nerolidol; (Z)-7-heptadeceno. Esperava-se que a adição do composto (E)- β -ocimeno pudesse incrementar a mistura feromonal a fim de melhorar a eficiência da mistura, porém devido a sua alta volatilidade estima-se que o (E)- β -ocimeno permaneça pouco tempo em campo, o que causaria instabilidade e perda precoce do seu potencial atrativo em condições de campo. Os compostos (E)- β -Farneseno, (Z)-7-heptadeceno e (E)-nerolidol estimulam respostas em borboletas fêmeas, sendo este último responsável por provocar respostas sensoriais em suas antenas, o que comprova que esses compostos possuem bioatividade em insetos fêmeas de *O. invirae* (CHAGAS, 2018).

Observa-se na Figura 13, que o número de machos (A) capturados nos primeiros dias de coleta é consideravelmente superior quando comparado ao número de fêmeas, comportamento esse que se mantém constante até o oitavo dia de coleta. Existia a expectativa de que quantidades maiores de insetos machos fossem capturadas durante as primeiras coletas realizadas em cultivo de dendê, expectativa essa que foi comprovada e que é corroborada com trabalhos realizados em condições de campo, que os machos de *O. invirae* emergem e chegam ao campo primeiro que as fêmeas, uma estratégia para que o seu ápice reprodutivo seja alcançado para garantir o sucesso reprodutivo da espécie (FAGERSTROM; WIKLUND, 1982; ZONNEVELD, 1992; KUMARA et al., 2015; CHAGAS, 2018).

A partir da coleta do oitavo dia, observa-se uma redução no número de machos capturados e um aumento considerável no número de insetos adultos fêmeas nas armadilhas. Também é possível perceber que a partir desse ponto se inicia uma redução no número de insetos machos capturados, e a quantidade de fêmeas torna-se superior a quantidade de machos comportamento que se mantém constante até o décimo sexto dia.

Figura 13. Número total de insetos machos (A) e fêmeas (B) de *Opsiphanes invirae* capturados, durante o período experimental, em armadilhas com atrativo alimentar (melaço-T0) e formulações do feromônio, T1- (E)- β -farneseno; (E)-nerolidol; (Z)-7-heptadeceno; T2- (E)- β -ocimeno; (E)- β -farneseno; (E)-nerolidol; (Z)-7-heptadeceno; T3- (Z)-7-heptadeceno; T4- (E)- β -farneseno; (E)-nerolidol; T5- (E)- β -ocimeno; (E)- β -farneseno; (E)-nerolidol.



Fonte: Autor, 2022

5 CONCLUSÕES

Os voláteis obtidos por SPME-MS sugeriram 21 compostos presentes no processo de fermentação do melaço de cana-de-açúcar, dos quais estão os compostos acetoína, Z9:14Ac e 3-metil-1-butanol, atrativos eficientes para insetos da ordem lepidóptera.

Em condições de campo, a mistura feromonal de *Opsiphanes invirae*, (E)- β -farneseno; (E)-nerolidol e (Z)-7-heptadeceno, apresentou maior eficiência na captura de insetos machos e fêmeas em armadilhas com atrativo alimentar (melaço), demonstrando que a utilização dessa formulação pode contribuir significativamente para reduzir a densidade populacional da praga em plantações de dendê.

REFERÊNCIAS

- AKSOY, E., & KOVANCI, O. B. Mass trapping low-density populations of *Tuta absoluta* with various types of traps in field-grown tomatoes. **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 123, n. 2, p. 51–57, 2016.
- ANDERSSON, J.; BORG-KARLSON, A.-K., & WIKLUND, C. (2000). Sexual cooperation and conflict in butterflies: a male-transferred anti-aphrodisiac reduces harassment of recently mated females. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 267, n.1450, p. 1271–1275, 2000.
- ATHANASSIOU, C. G.; KAVALLIERATOS, N. G.; SCIARRETTA, A.; TREMATERRA, P. Mating disruption of *Ephestia kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) in a storage facility: Spatio-temporal distribution changed after long-term application. **Journal of Stored Products Research**, v. 67, p. 1–12, 2016.
- BALZAN, M.V., MOONEN, A.C., 2014. Field margin vegetation enhances biological control and crop damage suppression from multiple pests in organic tomato fields. **Entomol. Exp. Appl.** 150, 45–65. doi:10.1111/eea.12142
- BENTO, J. M. S. et al. How much is a pheromone worth?. **F1000Research**, v. 5, 2016.
- BERNAYS, E. A., & WOODHEAD, S. (1982). Plant Phenols Utilized as Nutrients by a Phytophagous Insect. **Science**, 216(4542), 201–203. doi:10.1126/science.216.4542.201
- BHANU, K. R. M.; MAMATHA, B.; VINUTHA, B. M. Response of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) to different pheromone blends under Indian environmental conditions. **Pest Management in Horticultural Ecosystems**, v. 26, n. 1, p. 55-62, 2020. 10.5958/0974-4541.2020.00009.0
- BINDER, B. F., ROBBINS, J. C., & WILSON, R. L. (1995). Chemically mediated ovipositional behaviors of the european corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae). **Journal of Chemical Ecology**, 21(9), 1315–1327. doi:10.1007/bf02027564
- BOPPRÉ, M., & SCHNEIDER, D. The biology of *Cretonotos* (Lepidoptera: Arctiidae) with special reference to the androconial system. **Zoological Journal of the Linnean Society**, v. 96, n. 4, p. 339–356, 1989.

BORGES, E.; MARTINS, C.B.C.; SILVA, R.R.; ZARBIN, P.H.G. Terpenoids dominate the bouquet of volatile organic compounds by *Passiflora edulis* in response to herbivory by *Heliconius erato Phyllis* (Lepidoptera: Nymphalidae). **Arthropod Plant Interact.** 2017, 12, 123 - 131, DOI: 10.1007/s11829-017-9560-2.

BOUWER, M. C., SLIPPERS, B., DEGEFU, D., WINGFIELD, M. J., LAWSON, S., & ROHWER, E. R. (2015). Identification of the Sex Pheromone of the Tree Infesting Cossid Moth *Coryphodema tristis* (Lepidoptera: Cossidae). **Plos One**, 10(3), e0118575. doi:10.1371/journal.pone.0118575

BRANDÃO, A. D. S. et al. Spatial and temporal distribution of *Opsiphanes invirae* (Lepidoptera: Nymphalidae) in oil palm, Pará State, Brazil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 4, p. 464-469, 2017.

CAMARGO, W. R. F. et al. Sexual dimorphism and allometric effects associated with the wing shape of seven moth species of *Sphingidae* (Lepidoptera: Bombycoidea). **Journal of Insect Science**, v. 15, n. 1, p. 107, 2015.

CHAGAS, K. M. et al. Estudo do feromônio de *Opsiphanes invirae* (Hubner, 1818)(Lepidoptera: Nymphalidae). 2018.

CHEN SH, ZHANG L, CAI X, LI X, BIAN L, LUO Z, LI Z, CHEN Z, XIN Z. (E)-Nerolidol is a volatile signal that induces defenses against insects and pathogens in tea plants. **Horticulture Research**, 2020; 7:52, 15pp. <https://doi.org/10.1038/s41438-020-0275-7>

CLARKE, S. R., DANI, F. R., JONES, G. R., MORGAN, E. D., & TURILLAZZIB, S. (1999). Chemical analysis of the swarming trail pheromone of the social wasp *Polybia sericea* (Hymenoptera: Vespidae). **Journal of Insect Physiology**, 45(10), 877–883. doi:10.1016/s0022-1910(99)00059-1

COCCO, A.; DELIPERI, S.; DELRIO, G. Control of *Tuta absoluta* (Meyrick)(Lepidoptera: Gelechiidae) in greenhouse tomato crops using the mating disruption technique. **Journal of Applied Entomology**, v. 137, n. 1-2, p. 16-28, 2013.

CORACINI, M., BENGTSSON, M., LIBLIKAS, I., & WITZGALL, P. (2004). Attraction of codling moth males to apple volatiles. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, 110(1), 1–10. doi:10.1111/j.0013-8703.2004.00124.x

CRUZ-ESTEBAN, S., ROJAS, J. C., MALO, E. A.. (2020). A pheromone lure for catching fall armyworm males (Lepidoptera: Noctuidae) in Mexico. **Acta zoológica mexicana**, 36, e3612271. Epub 28 de agosto de 2020. <https://doi.org/10.21829/azm.2020.3612271>

CSIRO, R. J. B. Mechanisms of communication disruption by pheromone in the control of Lepidoptera: a review. **Physiological Entomology**, v. 7, n. 4, p. 353-364, 1982.

CZERNIEWICZ, P., CHRZANOWSKI, G., SYTYKIEWICZ, H., SPRAWKA, I., & LESZCZYNSKI, B. (2016). Aphidicidal and deterrent activity of phenolic acid extracts from some herbal plants towards *Myzus persicae* Sulz. and *Rhopalosiphum padi* L. **Fresenius Environ. Bull**, 25, 5714-5721.

EL-SAYED, A. M.; SUCKLING, D. M.; WEARING, C. H.; & BYERS, J. A. Potential of Mass Trapping for Long-Term Pest Management and Eradication of Invasive Species. **Journal of Economic Entomology**, v. 99, n. 5, p. 1550–1564, 2006.

EVENDEN, M. L., & MCLAUGHLIN, J. R. Initial Development of an Attracticide Formulation Against the Oriental Fruit Moth, *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae). **Environmental Entomology**, v. 33, n. 2, p. 213–220, 2004.

FAVARIS, A. P., TÚLER, A. C., SILVA, W. D., RODRIGUES, S. R., LEAL, W. S., & BENTO, J. M. (2020). (3 S, 6 E)-nerolidol-mediated rendezvous of *Cyclocephala paraguayensis* beetles in bottle gourd flowers. **PloS one**, 15(12), e0235028.

FEI, HUIXIN & HENDERSON, GREGG & LAINE, ROGER A. (b) (2005). Increased Search Tunnel Formation by *Coptotermes formosanus* Shiraki (Isoptera: Rhinotermitidae) in 2-Phenoxyethanol Treated Sand. **Journal of the Entomological Research Society**. 40. 327-336. 10.18474/0749-8004-40.3.327.

FEI, HUIXIN & HENDERSON, GREGG. (a) (2005). Repellency of Formosan subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae) to dead termites and attraction to 2-phenoxyethanol with and without nonrepellent insecticides. **Journal of agricultural and urban entomology**. 23. 159-172.

FERREIRA, D. F. **SISVAR 5.6 sistema de análises estatísticas**. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2010.

FRANCA, S. M. et al. Management of *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Crambidae) in tomatoes using mating disruption and attract and kill. **J. Agr. Sci. Tech.** v. 19, p. 133-144, 2018.

GOMES, S. M. S. et al. Emprego de feromônios na captura de *Metamasius* sp. e *Rhynchophorus palmarum*, em plantios de pupunha e dendezeiro. **Agrotrópica**, v. 24, n. 1, p. 15 – 20, 2012.

GREGG, P. C., DEL SOCORRO, A. P., HAWES, A. J., & BINNS, M. R. Developing Bisexual Attract-and-Kill for Polyphagous Insects: Ecological Rationale versus Pragmatics. **Journal of Chemical Ecology**, v. 42, n.7, p. 666–675, 2016.

GUZMAN, C. et al. Temperature-specific competition in predatory mites: Implications for biological pest control in a changing climate. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 216, p. 89-97, 2016.

HU, Y., WANG, H., KONG, B., WANG, Y., & CHEN, Q. (2021). The succession and correlation of the bacterial community and flavour characteristics of Harbin dry sausages during fermentation. **Lebensmittel Wissenschaft & Technologie (LWT)**, 138, 110689.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola – Lavoura Permanente. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/pesquisa/15/11863?tipo=ranking&indicador=1193&ano=2020>. Acessado em: 19 de Jun. 2022.

JAGODIČ A., IPAVEC N., TRDAN S., LAZNIK Ž. (2017): Attraction behaviours: are synthetic volatiles, typically emitted by insect-damaged *Brassica nigra* roots, navigation signals for entomopathogenic nematodes (*Steinernema* and *Heterorhabditis*)? **BioControl**, 62: 515–524. <https://doi.org/10.1007/s10526-017-9796-x>

JIANG, N., MO, B., GUO, H., YANG, J., TANG, R., & WANG, C. (2021). Revisiting the sex pheromone of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda*, a new invasive pest in South China. **Insect Science**. doi:10.1111/1744-7917.12956

JUTSUM, A. R.; GORDON, R. F. S. Pheromones: importance to insects and role in pest management. *Insect pheromone in plant protection*, p. 1–13, 1989.

KAAE, R. S., MCLAUGHLIN, J. R., SHOREY, H. H., & GASTON, L. K. (1972). Sex Pheromones of Lepidoptera. 1 XXXII. Disruption of Intraspecific Pheromone Communication

in Various Species of Lepidoptera by Permeation of the Air with Looplure or Hexalure 2. **Environmental Entomology**, 1(5), 651–653. doi:10.1093/ee/1.5.651

KERN, F., KLEIN, R. W., JANSSEN, E., BESTMANN, H.-J., ATTYGALLE, A. B., SCHÄFER, D., & MASCHWITZ, U. (1997). Mellein, a Trail Pheromone Component of the Ant *Lasius fuliginosus*. **Journal of Chemical Ecology**, 23(3), 779–792. doi:10.1023/b:joec.0000006410.35938.49

KESKIN, DILEK & CEYHAN GUVENSEN, NUR & UĞUR, A. & DURGAN DBEYS, AYŞE. (2012). Antimicrobial activity and chemical constitutions of West *Anatolian olive* (*Olea europaea* L.) leaves. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 10. 99-102.

KLEIN, M. G.; LACEY, L. A. An attractant trap for autodissemination of entomopathogenic fungi into populations of the Japanese beetle *Popillia japonica* (Coleoptera: Scarabaeidae). **Biocontrol Science and Technology**, v. 9, n. 2, p. 151-158, 1999.

KNIGHT, A. L., BASOALTO, E., JUDD, G. J. R., HILTON, R., SUCKLING, D. M., & EL-SAYED, A. M. (2017). Use of phenylacetone nitrile plus acetic acid to monitor *Pandemis pyrusana* (Lepidoptera: Tortricidae) in apple. **bioRxiv**, 092452. <https://doi.org/10.1101/092452>.

LANDOLT, P. J. Trapping the meal moth, *Pyralis farinalis* L. (Lepidoptera: Pyralidae), with acetic acid and 3-methyl-1-butanol. **Journal of the Kansas Entomological Society**, v. 78, n. 3, p. 293-295, 2005.

LANDOLT, P. J., PANTOJA, A., HAGERTY, A., CRABO, L., & GREEN, D. (2007). Moths trapped in Alaska with feeding attractant lures and the seasonal flight patterns of potential agricultural pests. **The Canadian Entomologist**, 139(02), 278–291. doi:10.4039/n06-034

LEMOS, W. P; BOARI, A. J. Manejo de pragas e doenças no cultivo da palma de óleo na Amazônia. In: Ramalho Filho, A.; Motta, E. F. da. (Orgs.). Zoneamento agroecológico, produção e manejo da palma de óleo na Amazônia. Rio de Janeiro: Embrapa Solos., p.145-152, 2010.

LEROY, P. D., HEUSKIN, S., SABRI, A., VERHEGGEN, F. J., FARMAKIDIS, J., LOGNAY, G., HAUBRUGE, E. (2012). Honeydew volatile emission acts as a kairomonal message for the Asian lady beetle *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). **Insect Science**, 19(4), 498–506. doi:10.1111/j.1744-7917.2011.01467.x

LI, H.; YAN, S.; LI, Z.; ZHANG, Q.; & LIU, X. Dim Light During Scotophase Enhances Sexual Behavior of the Oriental Tobacco Budworm *Helicoverpa assulta* (Lepidoptera: Noctuidae). **Florida Entomologist**, v. 98, n. 2, p. 690–696, 2015.

LIN, X., WANG, B., DU, Y. (2017). Key genes of the sex pheromone biosynthesis pathway in female moths are required for pheromone quality and possibly mediate olfactory plasticity in conspecific male moths in *Spodoptera litura*. **Insect Molecular Biology**, 27(1), 8–21. doi:10.1111/imb.12335

LORYA, R. et al. Una trampa efectiva para capturar adultos de *Opsiphanes cassina* Felder (Lepidoptera: Brassolidae) y observaciones sobre el comportamiento de la plaga en palma de aceite. **Revista Palmas**, v. 23, n. 1, p. 29-37, 2002.

MAVRAGANIS, V. G., LIAROPOULOS, C., PAPADOPOULOS, N. T., KOULOSSIS, N. A., & BROUMAS, T. (2008). Whole body extract of Mediterranean fruit fly males elicits high attraction in virgin females. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, 127(1), 20–29. doi:10.1111/j.1570-7458.2008.00672.x

MILLER, J. R. et al. Differentiation of competitive vs. non-competitive mechanisms mediating disruption of moth sexual communication by point sources of sex pheromone (Part I): Theory. **Journal of chemical ecology**, v. 32, n. 10, p. 2089, 2006.

MOHAMEDOVA, M. et al. Comparison of pheromone lures used in mass trapping to control the tomato leafminer *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) in industrial tomato crops in Plovdiv (Bulgaria). **Agricultural sciences**, v. 8, p. 53-60, 2016.

MORI, B. A., & EVENDEN, M. L. Challenges of Mating Disruption Using Aerosol-Emitting Pheromone Puffers in Red Clover Seed Production Fields to Control *Coleophora deauratella* (Lepidoptera: Coleophoridae). **Environmental Entomology**, v. 44, n. 1, p. 34–43, 2015.

MORI, B. A.; EVENDEN, M. Mating disruption of *Coleophora deauratella* (Lepidoptera: Coleophoridae) using laminate flakes in red clover seed production fields. **Pest management science**, v. 71, n. 8, p. 1149-1157, 2015.

MORRISON, W. R., LEE, D.-H., SHORT, B. D., KHRIMIAN, A., & LESKEY, T. C. (2015). Establishing the behavioral basis for an attract-and-kill strategy to manage the invasive *Halyomorpha halys* in apple orchards. **Journal of Pest Science**, v. 89, n. 1, p. 81–96, 2016.

NIEBERDING, C. M.; FISCHER, K.; SAASTAMOINEN, M.; ALLEN, C. E.; WALLIN, E. A.; HEDENSTRÖM, E.; BRAKEFIELD, P. M. Cracking the olfactory code of a butterfly: the scent of ageing. **Ecology Letters**, v.15, n. 5, p. 415–424, 2012.

OKUMURA, Y.; OZEKI, Y.; ITOH, T.; OHTA, S.; ÔMURA, H. (2016). Volatile terpenoids from male wings lacking scent scales in *Anthocharis scolymus* (Lepidoptera: Pieridae). **Applied Entomology and Zoology**, v. 51, n. 3, p. 385–392, 2016.

OLIVEIRA, T. de A. et al. Validation of the sampling methodology for *Opsiphanes invirae* caterpillars on oil palm plantations in the Brazilian Amazon. **Ciência Rural**, v. 48, n. 7, 2018.

ÔMURA, H., HONDA, K., & HAYASHI, N. (2001). Identification of Odoriferous Compounds from Adults of a Swallowtail Butterfly, *Papilio machaon* (Lepidoptera: Papilionidae). **Zeitschrift Für Naturforschung C**, 56(11-12), 1126–1134. doi:10.1515/znc-2001-11-1234

OMURA, H., HONDA, K., HAYASHI, N. (2000). Identification of feeding attractants in oak sap for adults of two nymphalid butterflies, *Kaniska canace* and *Vanessa indica*. **Physiological Entomology**, 25(3), 281–287. doi:10.1046/j.1365-3032.2000.00193.x

ÔMURA, H., YAKUMARU, K., HONDA, K. et al. Two lactones in the androconial scent of the lycaenid butterfly *Celastrina argiolus ladonides*. **Naturwissenschaften**, v. 100, n.4, p. 373–377, 2013.

OWENS, J. D., ALLAGHENY, N., KIPPING, G., & AMES, J. M. (1997). Formation of Volatile Compounds During *Bacillus subtilis* Fermentation of Soya Beans. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 74(1), 132–140. doi:10.1002/(sici)1097-0010(199705)74:1<132::aid-jsfa779>3.0.co;2-8

PARK, I.-K., NAM, Y., SEO, S.-T., KIM, S.-W., JUNG, C.-S., & HAN, H.-R. Development of a mass trapping device for the ambrosia beetle, *Platypus koryoensis*, an insect vector of oak wilt disease in Korea. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 19, n. 1, p. 39–43, 2016.

PIMENTEL, D. (2005) Environmental and economic costs of the application of pesticides primarily in the United States. **Environment, Development and Sustainability**, 7, 229–252.

PINZARI, M. et al. Chemically mediated species recognition in two sympatric Grayling butterflies: *Hipparchia fagi* and *Hipparchia hermione* (Lepidoptera: Nymphalidae, Satyrinae). **PloS one**, v. 13, n. 6, p. e0199997, 2018.

QUESADA-ROMERO, L., FERNÁNDEZ-GALLEGUILLOS, C., BERGMANN, J., AMORÓS, M.-E., JIMÉNEZ-ASPEE, F., GONZÁLEZ, A., SIMIRGIOTIS, M., & ROSSINI, C. (2020). Phenolic Fingerprinting, Antioxidant, and Deterrent Potentials of *Persicaria maculosa* Extracts. **Molecules**, 25(13), 3054. <https://doi.org/10.3390/molecules>

RAJAPAKSE, C. N. K., WALTER, G. H., MOORE, C. J., HULL, C. D., & CRIBB, B. W. (2006). Host recognition by a polyphagous lepidopteran (*Helicoverpa armigera*): primary host plants, host produced volatiles and neurosensory stimulation. **Physiological Entomology**, 31(3), 270–277. doi:10.1111/j.1365-3032.2006.00517.x

RICE, KEVIN B.; SHORT, BRENT D.; LESKEY, TRACY C. Development of an attract-and-kill strategy for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae): evaluation of attracticidal spheres under laboratory and field conditions. **Journal of Economic Entomology**, v. 110, n. 2, p. 535–542, 2017.

SAÏD, I., RENO, M., MORIN, J.-P., FERREIRA, J. M. S., & ROCHAT, D. (2005). Interactions between Acetoin, a Plant Volatile, and Pheromone In *Rhynchophorus palmarum*: Behavioral and Olfactory Neuron Responses. **Journal of Chemical Ecology**, 31(8), 1789–1805. doi:10.1007/s10886-005-5927-4

SALGADO-NETO, G.; LOPES-DA-SILVA, M. First report of parasitism on pupae of *Opsiphanes invirae amplificatus* Stichel (Lepidoptera, Nymphalidae) by *Conura* (*Conura maculata* (Fabricius))(Hymenoptera, Chalcididae) in Rio Grande do Sul, Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 55, n. 2, p. 285-286, 2011.

SANCHEZ-HUSILLOS, E.; ETXEBESTE, I.; PAJARES, J. Effectiveness of mass trapping in the reduction of *Monochamus galloprovincialis* Olivier (Coleoptera:Cerambycidae) populations. **Journal of Applied Entomology**, v. 139, n. 10, p. 747-758, 2015.

SCHNEE, C. (2002). The Maize Gene terpene synthase 1 Encodes a Sesquiterpene Synthase Catalyzing the Formation of (E)-beta -Farnesene, (E)-Nerolidol, and (E,E)-Farnesol after Herbivore Damage. **Plant Physiology**, 130(4), 2049–2060. doi:10.1104/pp.008326

SCHNEE, C. (2002). The Maize Gene terpene synthase 1 Encodes a Sesquiterpene Synthase Catalyzing the Formation of (E)-beta -Farnesene, (E)-Nerolidol, and (E,E)-Farnesol after Herbivore Damage. **Plant Physiology**, 130(4), 2049–2060. doi:10.1104/pp.008326

SILVA, L. A.; ARDISSON-ARAÚJO, D. M. P.; TINOCO, R. S.; FERNANDES, O. A.; MELO, F. L.; RIBEIRO, B. M. Complete genome sequence and structural characterization of a novel iflavirus isolated from *Opsiphanes invirae* (Lepidoptera: Nymphalidae). **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 130, p. 136–140, 2015.

SOUSA, R. B.; MACEDO, C. O. Agronegócio do dendê e campesinato no Pará. **Geosul**, v. 34, n. 71, p. 525-549, 2019.

STRANDEN, M., ROSTELIEN, T., LIBLIKAS, I., ALMAAS, T. J., BORG-KARLSON, A.-K., & MUSTAPARTA, H. (2003). Receptor neurones in three heliothine moths responding to floral and inducible plant volatiles. **Chemoecology**, 13(3), 143–154. doi:10.1007/s00049-003-0242-4

SUN, J.-G., HUANG, L.-Q., & WANG, C.-Z. (2012). Electrophysiological and behavioral responses of *Helicoverpa assulta* (Lepidoptera: Noctuidae) to tobacco volatiles. **Arthropod-Plant Interactions**, 6(3), 375–384. doi:10.1007/s11829-012-9190-7

TASIN, M., BÄCKMAN, A.-C., BENGTSSON, M., IORIATTI, C., & WITZGALL, P. (2006). Essential host plant cues in the grapevine moth. **Naturwissenschaften**, 93(3), 141–144. doi:10.1007/s00114-005-0077-7

URBANEJA-BERNAT, P., CLOONAN, K., ZHANG, A., SALAZAR-MENDOZA, P., & RODRIGUEZ-SAONA, C. (2021). Fruit volatiles mediate differential attraction of *Drosophila suzukii* to wild and cultivated blueberries. **Journal of Pest Science**, 94(4), 1249–1263. doi:10.1007/s10340-021-01332-z

VANHOVE, W.; FENG, Y.; YU, M.; HAFIZ, I. O.; VANHOUDT, N.; VAN DAMME, P. L. J.; ZHANG, A. (2019). Evaluation of attract-and-kill strategy for management of cocoa pod borer, *Conopomorpha cramerella*, in *Malaysia cocoa* plantation. **International Journal of Pest Management**, v. 66, n. 2, p. 155-162, 2019.

VILLALOBOS, J. et al. Mass trapping is as effective as ground bait sprays for the control of *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) fruit flies in mango orchards. **Pest management science**, v. 73, n. 10, p. 2105-2110, 2017.

WAKAMURA, S., ARAKAKI, N., & YOSHIMATSU, S. (2020). Sex pheromone of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) of a “Far East” population from Okinawa, Japan. **Applied Entomology and Zoology**. doi:10.1007/s13355-020-00703-9

WITZGALL, P., ANSEBO, L., YANG, Z., ANGELI, G., SAUPHANOR, B., & BENGTSSON, M. (2005). Plant volatiles affect oviposition by codling moths. **Chemoecology**, 15(2), 77–83. doi:10.1007/s00049-005-0295-7

WITZGALL, P., KIRSCH, P., & CORK, A. Sex Pheromones and Their Impact on Pest Management. **Journal of Chemical Ecology**, v. 36, n.1, p. 80–100, 2010.

WRIGHT, M., KLASSON, K.T. & KIMURA, K. Production of Acetoin from Sweet Sorghum Syrup and Beet Juice via Fermentation. **Sugar Tech** 22, 354–359 (2020). <https://doi.org/10.1007/s12355-019-00764-3>

YANG Y.; ZHANG L.; GUO F.; LONG Y.; WANG Y.; WAN X. Reidentification of Sex Pheromones of Tea Geometrid *Ectropis obliqua* Prout (Lepidoptera: Geometridae). **J. Econ. Entomol.**, v. 109, n. 1, p.167-175, 2016.