

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ADELIA MARIA BISCHOFF

CULTIVARES RESISTENTES E ÓLEOS ESSENCIAIS COMO ALTERNATIVAS DE  
MANEJO PARA *Duponchelia fovealis* (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE)

CURITIBA

2022

ADELIA MARIA BISCHOFF

CULTIVARES RESISTENTES E ÓLEOS ESSENCIAIS COMO ALTERNATIVAS DE  
MANEJO PARA *Duponchelia fovealis* (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE)

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para obtenção do título de Doutora em Ciências.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Aparecida Cassilha Zawadneak

Coorientadora: Dra. Emily Silva Araujo

CURITIBA

2022

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Bischoff, Adelia Maria

Cultivares resistentes e óleos essenciais como alternativas de manejo para *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae)./

Adelia Maria Bischoff. – Curitiba, 2022.

1 recurso online: PDF.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná,  
Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em  
Agronomia (Produção Vegetal).

Orientadora: Profa. Dra. Maria Aparecida Cassilha Zawadneak

Coorientadora: Dra. Emily Silva Araujo

1. Lepidoptero. 2. Morango - Doenças e pragas. 3. Óleos  
essenciais. I. Zawadneak, Maria Aparecida Cassilha. II. Araujo,  
Emily Silva. III. Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós-  
Graduação em Agronomia (Produção Vegetal). IV. Título.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO AGRONOMIA  
(PRODUÇÃO VEGETAL) - 40001016031P6

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL) da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **ADELIA MARIA BISCHOFF** intitulada: **CULTIVARES RESISTENTES E ÓLEOS ESSENCIAIS COMO ALTERNATIVAS DE MANEJO PARA *Duponchelia fovealis* (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE)**, sob orientação da Profa. Dra. MARIA APARECIDA CASSILHA ZAWADNEAK, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de doutora está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 28 de Julho de 2022.

Assinatura Eletrônica  
28/07/2022 11:49:01.0  
MARIA APARECIDA CASSILHA ZAWADNEAK  
Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica  
28/07/2022 10:58:16.0  
DANIEL BERNARDI  
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS)

Assinatura Eletrônica  
29/07/2022 03:44:54.0  
EMILY SILVA ARAUJO  
Coorientador(a)

Assinatura Eletrônica  
28/07/2022 12:58:22.0  
ALESSANDRA BENATTO  
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

## AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal do Paraná – Setor de Ciências Agrárias pela oportunidade de formação.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PGAPV) – Produção Vegetal da Universidade Federal do Paraná por me proporcionar a oportunidade da realização do curso de doutorado contribuindo para o meu crescimento profissional.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa durante todo o período do curso.

A minha orientadora Professora Dra. Maria Aparecida Cassilha Zawadneak, pela orientação, atenção, apoio, seriedade e pelos ensinamentos que levarei por toda a minha vida.

A minha coorientadora Dra. Emily Silva Araujo, pela participação e contribuição nos trabalhos.

Aos colaboradores da minha tese, Dra. Alessandra Benatto e Dr. Joatan Machado, pelas contribuições nas pesquisas que foram realizadas.

Aos membros da banca de qualificação, Dra. Alessandra Benatto, Dra. Carolina Gracia Poitevin, Dra. Emily Silva Araujo, e Dr. Joatan Machado, pelas valiosas contribuições.

Aos membros da pré-defesa, Dra. Alessandra Benatto, Dra. Magda Fernanda Paixão, Dra. Marion do Rocio Foerster e Dra. Tamara Akemi Takahashi, pelas relevantes contribuições para a melhoria do meu trabalho.

Aos professores do curso de Pós-graduação em Agronomia Produção Vegetal, por compartilharem seus conhecimentos para o aprimoramento da minha vida acadêmica e por estarem disponíveis sempre que houve necessidade.

Ao Laboratório de Entomologia Prof. Ângelo Moreira da Costa Lima (UFPR), pela acolhida.

Aos colegas do laboratório Ana Carolina Zamunel, Caio Elias, Edson Mazzaroto, Julia Sant'Ana, Luiza Panek Marques, Leticia Tamara Maleski, Marina Mickosz, Matheus Beger, Thaisa Siqueira da Luz e Rodrimar Barboza Gonçalves, pela colaboração sempre que se fez necessário.

Agradeço em especial meus amigos Rubens Candido Zimmermann, Alessandra Benatto e Marcia Cristina Herchonvicz de Oliveira pelas alegrias, pela parceria e ajuda nos momentos difíceis.

Ao Centro de Microscopia Eletrônica (CME) da Universidade Federal do Paraná (UFPR), pelo auxílio para o resultado das imagens que foram relevantes para os resultados almejados.

A servidora do Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade, Maria Emília Kudla (Laboratório de Fitotecnia) pela dedicação em me auxiliar nos trabalhos que foram realizados naquele laboratório.

A secretaria do PGAPV, Lucimara Antunes e Tatiana Miranda Borges pelo pronto atendimento que disponibilizaram sempre que precisei tirar dúvidas.

À empresa Bioagro Comercial Agropecuaria, situada em Araucária – Paraná, pela disponibilidade de mudas para os bioensaios.

Aos Senhores Estefano Dranka e Kleber da Empresa Chamel, que gentilmente cederam as amostras dos óleos essenciais para a realização dos experimentos.

Ao meu esposo Jair Francisco Borba, por ter ajudado em todos os momentos que precisei, sendo que sem isso teria sido muito mais difícil completar a minha tese.

As minhas filhas Aline Mary Borba e Nádia Cristina Borba por sempre me ajudarem em tudo o que precisei nestes anos de graduação e pós-graduação, que sem isso não teria conseguido superar este desafio.

## RESUMO

*Duponchelia fovealis* é um microlepidoptero que vem causando muitos danos em morangueiros no Brasil desde 2010. Alternativas de manejo para esta praga, sem a utilização de inseticidas sintéticos, devem ser pesquisadas. Assim, os objetivos deste trabalho foram: 1) avaliar os parâmetros de resistência de quatro cultivares de morangueiros plantadas atualmente no Brasil (Albion, Aromas, Portola e San Andreas) sobre *D. fovealis*, para selecionar cultivares resistentes com potencial de controle a este inseto-praga; 2) avaliar o potencial inseticida de óleos essenciais (OEs) de espécies vegetais aromáticas nativas e/ou cultivadas no Brasil para o controle de *D. fovealis*. A tese foi dividida em dois capítulos. O primeiro avaliou mecanismos de antibiose e antixenose de quatro cultivares de morangueiros objetivando selecionar cultivares resistentes à *D. fovealis*. As variáveis-resposta analisadas para antibiose foram: parâmetros biológicos: (duração (dias) e viabilidade (%) dos estágios larval e pupal, número de instares, peso (mg) das pupas machos e fêmeas de 24 horas de idade, razão sexual, longevidade dos adultos, períodos (dias) de pré-oviposição, oviposição e pós-oviposição, fecundidade (número) diária e total); tabela de vida e fertilidade. Para avaliação de antixenose foram: testes de consumo com e sem chance de escolha, testes de preferência de oviposição com e sem chance de escolha, além de avaliação de tipos e densidade de tricomas presentes nas folhas das cultivares avaliadas. A tabela de vida e fertilidade forneceu informações sobre os parâmetros de crescimento populacional, os quais podem ser utilizados como estratégias para o aperfeiçoamento do manejo da praga. Este é o primeiro relato de resistência de quatro cultivares de morango a *D. fovealis*. A cultivar Albion apresentou baixa densidade de tricomas não glandulares e, conseqüentemente, apresentou o maior consumo foliar por *D. fovealis*. Entretanto, esta cultivar possui a maior densidade de tricomas glandulares, o que reduziu o potencial de crescimento das populações de *D. fovealis*. Além disso, a alimentação com a cultivar Albion, aumentou a duração do período de ovo a adulto ( $41,4 \pm 0,5$ ) e reduziu a razão sexual (0,43) sugerindo ser mais adequada para o manejo desta praga em morangueiro. No segundo capítulo, foi avaliado o efeito inseticida dos óleos essenciais (OEs) das espécies *Chamaecyparis obtusa*, *Chamaecyparis pisifera*, *Eucalyptus dunnii*, *Lavanda dentata*, *Melaleuca raphiophylla*, *Ocimum gratissimum* e *Pimenta pseudocaryophyllus* sobre *D. fovealis*. As plantas foram coletadas no município de Araucária, Paraná e a extração foi realizada por arraste a vapor da parte aérea das plantas. A identificação dos compostos químicos foi realizada por cromatografia gasosa e espectrometria de massas. A primeira etapa foi a seleção dos OEs com maior efeito inseticida, avaliados na concentração de 10% (v/v), diluídos em acetona (controle negativo). Em seguida, os tratamentos mais eficazes foram avaliados em diferentes concentrações, estabelecidas em experimentos prévios, com variação entre 0,25% a 8% (v/v). Foram pipetados 150 µL da solução sobre as lagartas. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com 5 repetições por tratamento, e três repetições no tempo. Cada repetição consistiu de 10 larvas de terceiro instar de *D. fovealis*. A taxa de mortalidade foi avaliada 48 horas após a aplicação dos tratamentos, para ambos os experimentos. Os OEs provenientes das espécies *E. dunnii* e *M. raphiophylla* e *P. pseudocaryophyllus* tiveram maior eficiência e apresentaram maior toxicidade no controle de *D. fovealis*, demonstrando ter ação inseticida contra esta praga.

Palavras-chave: Manejo integrado de pragas; resistência de plantas, inseticidas botânicos; óleos essenciais; antibiose; antixenose.

## ABSTRACT

*Duponchelia fovealis* is a microlepidopteran that has been causing a lot of damage in strawberry plants in Brazil since 2010. Management alternatives for this pest, without the use of synthetic insecticides, should be researched. Thus, the objectives of this thesis were: 1) to evaluate the resistance parameters of four strawberry cultivars currently planted in Brazil (Albion, Aromas, Portola and San Andreas) against *D. fovealis* to select resistant cultivars with potential to control this pest moth; 2) to evaluate the insecticidal potential of essential oils (EOs) of aromatic plants native and/or cultivated in Brazil, for the control of *D. fovealis*. The thesis was divided into two chapters. The first evaluated mechanisms of antibiosis and antixenosis of four strawberry cultivars in order to select cultivars resistant to *D. fovealis*. The response variables analyzed for antibiosis were: biological parameters: (duration (days) and viability (%) of larval and pupal stages, number of instars, weight (mg) of 24-hour male and female pupae, sex ratio, adult longevity, pre-oviposition, oviposition and post-oviposition periods (days), daily and total fecundity (number); life table and fertility. The variables to evaluate antixenosis were: consumption tests with and without choice, oviposition preference tests with and without choice, in addition to evaluation of types and density of trichomes present on the leaves of the evaluated cultivars. Life and fertility tables provided information on population growth parameters, which can be used as strategies to improve pest management. This is the first report of resistance of four strawberry cultivars to *D. fovealis*. The cultivar Albion showed low density of non-glandular trichomes and, consequently, showed the highest foliar consumption by *D. fovealis*. However, this cultivar has the highest density of glandular trichomes, which reduced the growth potential of *D. fovealis* populations. cultivar Albion, increased the duration of the period from egg to adult ( $41.4 \pm 0.5$ ) and reduced the sex ratio (0.43), suggesting that it is more suitable for the management of this pest in strawberry. On the second chapter, the insecticidal effect of essential oils (EOs) of the species *Chamaecyparis obtusa*, *Chamaecyparis pisifera*, *Eucalyptus dunnii*, *Lavanda dentata*, *Melaleuca raphiophylla*, *Ocimum gratissimum* and *Pimenta pseudocaryophyllus* on *D. fovealis* was evaluated. The plants were collected in the municipality of Araucária, Paraná and the extraction was carried out by steam dragging the aerial part of the plants. The identification of chemical compounds was performed by gas chromatography and mass spectrometry. The first step was the selection of the EOs with the greatest insecticidal effect, evaluated at a concentration of 10% (v/v), diluted in acetone (negative control). Then, the most effective treatments were evaluated at different concentrations, established in previous experiments, ranging from 0.25% to 8% (v/v). 150  $\mu$ L of the solution was pipetted onto the larvae. The experiment was carried out in a completely randomized design, with 5 replications per treatment, and three replications in time. Each replication consisted of 10 third instar larvae of *D. fovealis*. The mortality rate was evaluated 48 hours after the application of treatments, for both experiments. The EOs from the species *E. dunnii* and *M. raphiophylla* and *P. pseudocaryophyllus* had greater efficiency and presented greater toxicity in the control of *D. fovealis*, demonstrating to have insecticidal action against this pest.

Keywords: Integrated pest management; plant resistance, botanical insecticides; essential oils; antibiosis; antixenosis.

## LISTA DE FIGURAS

### 1 INTRODUÇÃO GERAL

Figura 1. Distribuição geográfica de *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) no mundo. As áreas em destaque de cor alaranjada são regiões onde já foram registradas na literatura ..... 23

Figura 2. Macho e fêmea de *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae). O macho possui abdômen longo e afilado (A). A fêmea possui abdômen volumoso (B) ..... 24

Figura 3. Ciclo de vida de *Duponchelia fovealis* (Zeller) (Lepidoptera: Crambidae), (Temperatura:  $25 \pm 2$  °C, Umidade relativa:  $70 \pm 10\%$  e fotofase: 14L:10D) ..... 25

### 3 CAPÍTULO 1

#### ANTIXENOSIS AND ANTIBIOSIS RESISTANCE MECHANISMS OF FOUR STRAWBERRY CULTIVARS IN RESPONSE TO THE ATTACK OF *Duponchelia fovealis* (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE)

Figure 1 - Arena used for the free-choice and no-choice bioassays (A) and experimental setup for determining the biological parameters of *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) (B) ..... 69

Figure 2 - Leaf area of four strawberry cultivars consumed by third instar *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) larvae in 48 hours. Different letters on the columns indicate significant differences among cultivars for a given bioassay (either choice or non-choice). ..... 69

Figure 3 - Number of eggs layed in 48 hours by *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) females on four strawberry cultivars. Different letters on the columns indicate significant differences among cultivars for a given bioassay (either choice or non-choice). .....70

Figure 4 - Density of glandular and non-glandular trichomes (number of trichomes per 1.7 mm<sup>2</sup> of leaf) in leaves of four strawberry cultivars. Different letters on the columns indicate significant differences among cultivars for a given type of trichome. .... 71

## 4 CAPITULO 2

### **POTENCIAL INSETICIDA DE ÓLEOS ESSENCIAIS NO CONTROLE DE *Duponchelia fovealis* (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE)**

Figura 1. Mortalidade (média ± desvio padrão) de *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) após 48 h de exposição aos OEs de *Chamaecyparis obtusa* (CO), *Chamaecyparis pisifera* (CP), *Eucalyptus dunnii* (ED), *Lavanda dentata* (LD), *Melaleuca raphiophylla* (MR), *Ocimum gratissimum* (OG) e *Pimenta pseudocaryophyllus* (PP) na concentração de 10%. Acetona foi usada como controle negativo. Colunas com a mesma letra estão no mesmo grupo pela análise do teste de Tukey ( $P < 2,0 \times 10^{-16}$ ) .....82

## LISTA DE TABELAS

### 3 CAPÍTULO 1

#### ANTIXENOSIS AND ANTIBIOSIS RESISTANCE MECHANISMS OF FOUR STRAWBERRY CULTIVARS IN RESPONSE TO THE ATTACK OF *Duponchelia fovealis* (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE)

Table 1. Biological parameters (mean  $\pm$  standard error) of *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) immatures reared on Albion, Aromas, Portola and San Andreas strawberry cultivars and an artificial diet. .... 67

Table 2. Biological parameters (mean  $\pm$  standard error) of *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) immatures reared on Albion, Aromas, Portola and San Andreas strawberry cultivars and artificial diet. .... 68

Table 3. Fertility life table of *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) developing on four strawberry cultivars and an artificial diet (mean  $\pm$  standard error). .... 68

### 4 CAPITULO 2

#### POTENCIAL INSETICIDA DE ÓLEOS ESSENCIAIS NO CONTROLE DE *Duponchelia fovealis* (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE)

Tabela 1 Composição química (área %) dos óleos essenciais de *Chamaecyparis obtusa* (CO), *Chamaecyparis pisifera* (CP), *Eucalyptus dunnii* (ED), *Lavanda dentata* (LD), *Melaleuca raphiophylla* (MR), *Ocimum gratissimum* (OG) e *Pimenta pseudocaryophyllus* (PP) por Cromatografia gasosa (GC/FID e GC/MS) .....78

Tabela 2 Toxicidade dos óleos essenciais de *Eucalyptus dunnii* (ED), *Melaleuca raphiophylla* (MR), *Ocimum gratissimum* (OG) e *Pimenta pseudocaryophyllus* (PP) contra larvas de *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae), após 48 h de exposição..... 83

## LISTA DE QUADROS

### 1 INTRODUÇÃO GERAL

QUADRO 1 – Principais pragas relatadas em morangueiro no Brasil ..... 20

QUADRO 2 – Plantas hospedeiras relatadas com ataque de *Duponchelia fovealis*  
(Lepidoptera: Crambidae) ..... 21

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>15</b>
1.1 OBJETIVOS .....	17
1.1.1 Objetivo geral.....	17
1.1.2 Objetivos específicos.....	17
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>18</b>
2.1 O MORANGUEIRO .....	18
2.2 CULTIVARES DE MORANGO .....	19
2.3 PRAGAS DE MORANGUEIRO .....	20
2.3.1 <i>Duponchelia fovealis</i> (Lepidoptera: Crambidae).....	21
2.3.2 Caracteres morfológicos de identificação da praga .....	23
2.3.3 Ciclo de vida da praga .....	24
2.3.4 Alternativas de controle de <i>Duponchelia fovealis</i> (Lepidoptera: Crambidae) .....	25
2.4 RESISTÊNCIA DE PLANTAS .....	27
2.4.1 Resistência em morangueiros .....	29
2.4.2 Testes de avaliação de resistência .....	30
2.4.2.1 Teste de livre escolha e sem chance de escolha (confinamento) .....	30
2.4.2.2 Teste de antibiose .....	31
2.5 TABELAS DE VIDA DE FERTILIDADE .....	31
2.6 PLANTAS INSETICIDAS E OLEOS ESSENCIAIS SOBRE <i>Duponchelia fovealis</i> (Lepidoptera: Crambidae).....	32
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>35</b>
<b>3 CAPÍTULO 1 - ANTIXENOSIS AND ANTIBIOSIS RESISTANCE MECHANISMS OF FOUR STRAWBERRY CULTIVARS IN RESPONSE TO THE ATTACK OF <i>Duponchelia fovealis</i> (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE) .....</b>	<b>47</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>48</b>
3.1 INTRODUCTION .....	49
3.2 MATERIALS AND METHODS .....	50
3.2.1 Insect collection and rearing .....	50
3.2.2 Plant material .....	51
3.2.3 Antibiosis resistance assessment .....	51
3.2.3.1 Biological Parameters .....	51

3.2.3.2 Life and Fertility table .....	52
3.2.4 Assessing antixenosis resistance .....	52
3.2.4.1 Foliar consumption of <i>Duponchelia fovealis</i> larvae (Lepidoptera: Crambidae) in strawberry cultivars .....	53
3.2.4.2 Free choice and no-choice oviposition preference bioassay .....	53
3.2.4.3 Determination of density of glandular and non-glandular trichomes .....	54
3.3 STATISTICAL ANALYSIS .....	54
3.4 RESULTS .....	55
3.4.1 Assessing antibiosis resistance .....	55
3.4.1.1 Immature phase .....	55
3.4.1.2 Adult phase .....	56
3.4.1.3 Population growth parameters .....	56
3.4.2 Assessing antixenosis resistance .....	57
3.4.2.1 Foliar consumption preference .....	57
3.4.2.2 Oviposition preference .....	57
3.4.2.3 Density of glandular and non-glandular trichomes in leaves of strawberry cultivars .....	57
3.5 DISCUSSION .....	58
3.6 CONCLUSIONS .....	60
REFERENCES .....	62

<b>4 CAPITULO 2 - POTENCIAL INSETICIDA DE ÓLEOS ESSENCIAIS NO CONTROLE DE <i>Duponchelia fovealis</i> (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE) .....</b>	<b>72</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>72</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>73</b>
4.1 INTRODUÇÃO .....	74
4.2 MATERIAIS E MÉTODOS .....	75
4.2.1 Criação de <i>Duponchelia fovealis</i> (Lepidoptera: Crambidae) .....	75
4.2.2 Extração dos óleos essenciais .....	75
4.2.3 Identificação e quantificação da composição química dos óleos essenciais .....	76
4.2.4 Seleção de óleos essenciais com atividade inseticida contra <i>Duponchelia fovealis</i> (Lepidoptera: Crambidae).....	76

4.2.5. Avaliação da toxicidade e estimativa da concentração letal de óleo essenciais contra <i>Duponchelia fovealis</i> (Lepidoptera: Crambidae) .....	77
4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	77
4.4 RESULTADOS .....	78
4.4.1 Identificação e quantificação da composição química dos óleos essenciais .....	78
4.4.2 Seleção de óleos essenciais com atividade inseticida contra <i>Duponchelia fovealis</i> (Lepidoptera: Crambidae) .....	81
4.4.3 Avaliação da toxicidade e estimativa da concentração letal de óleos essenciais contra <i>Duponchelia fovealis</i> (Lepidoptera: Crambidae) .....	82
4.5 DISCUSSÃO .....	83
REFERÊNCIAS .....	87
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>96</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>98</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O morangueiro *Fragaria × ananassa* Duch (Rosaceae) é uma planta cultivada comercialmente em 78 países. O Brasil ocupa a 7ª posição na produção de morangos, com 218.881 toneladas e o 15º em área, com 5.279 ha plantados (FAOSTAT, 2020). No País, os estados de Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul destacam-se em área plantada (ANTUNES; BONOW; REISSER JUNIOR, 2020). Essa cultura, possui importância socioeconômica relevante, pois pode ser produzida em pequenas propriedades, em área média de 0,5 a 1,0 ha, sendo uma alternativa de renda para os agricultores de base familiar e pode servir de incentivo ao agroturismo (CARVALHO, 2011). Além disso, devido a sua alta rentabilidade, quando comparada com outras culturas, pode contribuir para a permanência dos agricultores no campo (WURZ; DUBIELA; NUNES, 2019).

Entretanto, o morangueiro é acometido por diversas pragas (PINENT et al., 2011; BERNARDI et al., 2015; ZAWADNEAK et al., 2018; LANDAL et al., 2019; SOUZA et al., 2019). Dentre elas se destaca o microlepidoptero *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae), uma espécie polífaga, cujas lagartas se alimentam de plantas ornamentais e aquáticas, culturas agrícolas, plantas medicinais e hortícolas (STOCKS; HODGES, 2014; ZAWADNEAK et al., 2011).

Atualmente, essa espécie tem sido considerada praga-chave no morangueiro, pois está presente em todo o ciclo da cultura, se alimentando de folhas, flores, frutos em diferentes estágios de maturação (EFIL; OZGÜR; EFIL, 2014; AMATUZZI et al., 2018a). Esta espécie é conhecida popularmente como lagarta-da-coroa do morangueiro pois possuem o hábito de broquear o caule da planta (coroa), interrompendo a circulação da seiva, prejudicando a absorção de nutrientes, debilitando as plantas, reduzindo a produtividade e, quando em infestações severas, levando-as à morte (ZAWADNEAK et al., 2011, 2016).

Devido o mercado consumidor de morango ser muito exigente, na maioria das vezes com padrão da qualidade do fruto elevado (sem defeitos físicos, por exemplo), a maioria dos produtores erroneamente buscam atender essa exigência baseando seu controle fitossanitário exclusivamente com agrotóxicos (PIROVANI et al., 2015). O morango, por ser uma fruta consumida preferencialmente *in natura*, se aplicados agrotóxicos de forma intensiva o risco de resíduos no fruto é alto (BERNARDI et al., 2015). Devido a lagarta de *D. fovealis* apresentar o hábito de permanecer em locais protegidos, como na parte basal da planta, nas folhagens próximas ao solo e dentro da coroa, existe ainda a dificuldade de

controle por ação de contato (ZAWADNEAK et al., 2011; SANTOS et al., 2019). Desta forma, para diminuir a incidência de pragas no cultivo, alternativas de manejo integrado devem ser constantemente pesquisadas e difundidas para os produtores.

Dentre os métodos de controle cultural contra *D. fovealis* está o controle mecânico, que consiste na eliminação manual do inseto, com a catação e esmagamento (PIROVANI, 2015). Como controle cultural considera-se ainda a aquisição de mudas sadias e higienização das mesmas para promover a morte ou expulsão de possíveis pragas (ZAWADNEAK et al., 2020), a retirada de plantas senescentes, frutos velhos e danificados da área de cultivo (BOTTON et al., 2016).

Outra forma para auxiliar o manejo é a utilização de armadilhas luminosas, para capturar e/ou monitorar adultos presentes no plantio, portanto, elas auxiliam na tomada de decisão, seja para utilizar o controle biológico com a liberação de parasitoides, seja na aplicação de produtos microbiológicos ou inseticidas botânicos para controle de lagartas em instares iniciais (PIROVANI, 2015; ZAWADNEAK et al., 2020).

O controle biológico vem sendo uma importante ferramenta dentro do Manejo Integrado de pragas (MIP) de morango. Muitos estudos estão sendo realizados em laboratório em busca de agentes mais promissores contra *D. fovealis*. Entre eles, fungos entomopatogênicos (AMATUZZI et al., 2018a; AMATUZZI et al., 2018b; ARAUJO et al., 2020a; BAJA et al., 2020; ARAUJO et al., 2020b; STUART et al., 2020; PORSANI et al., 2022); parasitoides do gênero *Trichogramma* (PIROVANI et al., 2017; RODRIGUES et al., 2017; ARAUJO et al., 2020b; ALANO et al., 2021).

Aliado aos métodos de controle existentes, pesquisas para a detecção de plantas resistentes a pragas em morangueiros foram realizadas com ácaros (Acari: Tetranychidae) (LOURENÇÃO et al., 2000; AFIFI et al., 2010; KARLEC et al., 2016; RESENDE et al., 2020); nematoides (CURI et al., 2016); afídeos (BENATTO et al. 2018; BENATTO; PENTEADO; ZAWADNEAK, 2019; MUSAQAF et al., 2022); doenças (WANG et al., 2016; LOPES et al., 2017), porém ainda não foram realizados trabalhos com resistência de morangueiros contra *D. fovealis*.

Outros estudos que vem ganhando relevância para o controle de *D. fovealis* são os testes com produtos a base de compostos secundários de plantas tais como *Zingiber officinale* Roscoe (Zingiberaceae) (ATAIDE et al., 2020); extratos etanólicos de *Annona mucosa* (Annonaceae) e *Annona sylvatica* A.St.-Hil. (Annonaceae) (GONÇALVES et al.,

2022); *Annona muricata* L. (Annonaceae), e *Annona sylvatica* A.St.-Hil (Annonaceae) (ZAWADNEAK et al., 2022).

Atualmente, não existem princípios ativos autorizados para o controle de *D. fovealis* no Brasil (BRASIL/AGROFIT, 2022), remetendo assim, a necessidade de pesquisas com alternativas e de baixo residual nos frutos, a exemplo dos óleos essenciais (OEs). Neste contexto, considerando a importância de *D. fovealis* como praga emergente na cultura do morangueiro é necessária a busca por alternativas de manejo da espécie a fim de reduzir a aplicações de inseticidas sem registro para a praga.

Assim, essa tese tem como proposta avaliar o potencial de cultivares de morangueiro quanto a resistência e a eficiência de OEs no controle de formas imaturas de *D. fovealis*. Para isso, os experimentos serão divididos em dois capítulos. No primeiro, serão relatadas informações sobre estudo da resistência de cultivares cultivados no Brasil como uma estratégia para o manejo integrado de *D. fovealis*. No segundo, serão fornecidas informações sobre a composição química de óleos essenciais e avaliação da sua ação inseticida e toxicidade contra *D. fovealis*.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Avaliar os parâmetros de resistência de quatro cultivares de morangueiros sobre *D. fovealis* plantadas atualmente no Brasil para selecionar cultivares resistentes com potencial de controle a este inseto-praga;

Avaliar o potencial inseticida dos OEs de espécies vegetais aromáticas nativas e/ou cultivadas no Brasil para o controle de *D. fovealis*.

### 1.1.2 Objetivos específicos

Avaliar a possível existência de resistência do tipo antibiose nas cultivares de morangos Albion, Aromas, Portola e San Andreas sobre *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae).

Avaliar a possível existência de resistência do tipo antixenose nas cultivares de morangos Albion, Aromas, Portola e San Andreas sobre *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae).

Analisar a composição química de óleos essenciais *Chamaecyparis obtusa* (Cupressaceae), *Chamaecyparis pisifera* (Cupressaceae), *Eucalyptus dunnii* (Myrtaceae), *Lavandula dentata* (Lamiaceae), *Melaleuca raphiophylla* (Myrtaceae), *Ocimum gratissimum* (Lamiaceae) e *Pimenta pseudocaryophyllus* (Myrtaceae), por meio da cromatografia gasosa acoplada ao espectrômetro de massa (CG-EM).

Investigar a toxicidade letal dos OEs para *D. fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) por métodos de aplicação tópica.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 O MORANGUEIRO

A espécie *Fragaria × ananassa* Duch. (Rosaceae) originou-se do cruzamento entre *Fragaria chiloensis* (Linnaeus) e *Fragaria virginiana* Duchesne na França por volta de 1750 (FAEDI; ANGELINI, 2010) e tem sido cultivada comercialmente em 78 países (FAOSTAT, 2020). A produção mundial de morango em 2020 foi estimada em 8.861.381 t, apresentando um crescimento de 30% de 2010 a 2020, devido a um aumento de 41% da área plantada, que totalizou 522.527 ha (FAOSTAT, 2020). Os países com maior produção são China, (3.336,690 t em 127.171 ha), seguido dos Estados Unidos (1.055,963 t em 17.400 ha), Egito (597.029 t em 15.345 ha), México (557.514 t em 12.913 ha) e Turquia (546.525 t em 17.978 ha) (FAOSTAT, 2020). Entre os países da América do Sul, a produção brasileira é destaque (com produção anual de 218.881 t em 5.279 ha), seguido por Colômbia (51.414 toneladas em 1.807 ha), Chile (30.289 t em 1.147 ha) e Peru (21.636 t em 1.225 ha) (FAOSTAT, 2020).

O Brasil ocupa a 7ª posição entre os produtores mundiais de morango (FAOSTAT, 2020), predominando o cultivo em pequenas propriedades, tendo como área média cultivada de 0,5 a 1,0 ha, com áreas maiores de cultivo pertencentes a grandes empresas, superiores a 15 ha (ANTUNES et al., 2020). A produção média de morango no Brasil é 38,5 t/ha (ANTUNES; BONOW, 2021), sendo os três estados com maior área de produção em 2019 foram Minas Gerais com uma área de 2.100 ha (produção de 84 mil t), seguido do Paraná com uma área de 650 ha (produção de 21,45 mil t) e Rio Grande do Sul com 518 ha produção de 21.763 t) (ANTUNES et al., 2020). A cultura do morangueiro é uma atividade de grande importância socioeconômica no país, pois pode ser cultivado em pequenas áreas e utilizar

mão de obra familiar (ALVES; MATOSO; PEIL, 2020). Aliada à alta rentabilidade obtida com o cultivo, quando comparado com outras culturas, pode contribuir para evitar o êxodo rural (CARVALHO, 2011; WURZ; DUBIELA; NUNES, 2019)

Em 2020, no Paraná, a área de plantio foi de 975 ha com uma produção de 34,8 mil toneladas de frutos, um aumento de aproximadamente 33% em relação a 2019 na área de plantio. O morango é a segunda fruta em movimentação de capital na fruticultura do estado, sendo que os municípios de Araucária, São José dos Pinhais e Jabuti contribuíram com 52,3% dos volumes comercializados (ANDRADE, 2021).

## 2.2 CULTIVARES DE MORANGOS

As principais cultivares plantadas no Brasil encontram-se divididas em dois grupos: cultivares de dias curtos (DC) e neutras ao fotoperíodo (N) (ZAWADNEAK; SCHUBER; MÓGOR, 2018). As de dias curtos são bastante sensíveis ao aumento do fotoperíodo e elevação da temperatura, favorecendo a produção de estolão e dificulta a produção tardia de frutas (SCHWENGBER et al., 2016). A indução floral ocorre no final de verão ou início de outono, quando os dias são mais curtos (<14 horas) com temperaturas mais amenas (<16°C). Exemplos dessas cultivares são: Oso Grande, Camarosa, Camino Real, Ventana, Festival e Palomar.

As cultivares neutras, também chamadas de indiferentes ao fotoperíodo, apresentam menor sensibilidade à variação de fotoperíodo e aumento da temperatura. Isso possibilita produção tardia de frutas e obtenção de melhores preços no mercado. Exemplos dessas cultivares são: Albion, Aromas, Diamante, San Andreas, Monterey e Portola (SCHWENGBER et al., 2016). No Paraná predomina o plantio de cultivares neutras, tais como ‘Albion’, ‘Aromas’, ‘Portola’ e ‘San Andreas’, todas originárias da Califórnia (EUA).

A cultivar Albion, cruzamento entre ‘Diamante’ e seleção, é uma planta mais aberta, o que facilita a colheita. Própria para consumo *in natura*. É mais tolerante a podridões de coroa e raiz e à murchadeira do que a ‘Diamante’. A cultivar Aromas apresenta porte ereto e vigor médio. Própria para consumo *in natura*. É a cultivar mais plantada na região da Serra Gaúcha. É relativamente tolerante ao oídio. A cultivar Portola, cruzamento de ‘Camino Real’x‘Ventana’, apresenta ampla adaptabilidade, podendo ser para consumo *in natura* ou indústria. Planta moderadamente resistente a oídio, antracnose, podridão da coroa e murcha de *Verticillium* sp., porém, moderadamente suscetível à *Phytophthora* sp., podridão da

coroa, e da mancha comum, tolerante ao vírus morango encontrado na Califórnia; pouco menos tolerante a períodos de chuva. A cultivar San Andreas, cruzamento entre Albion e seleção, moderadamente resistentes ao oídio, à antracnose podridão da coroa, à murcha de *Verticillium*, à podridão da coroa de *Phytophthora* e à mancha-comum. É tolerante ao ácaro-rajado (COSTA et al., 2018; SCHWENGBER et al., 2016).

### 2.3 PRAGAS DE MORANGUEIRO

A produtividade do morangueiro pode ser influenciada pelos danos causados por ataques de pragas em todas as fases do cultivo e partes da planta tais como raiz, coroa, frutos e parte aérea (ZAWADNEAK et al., 2018). As pragas que mais se destacam são: ácaros, pulgões, tripes, lagartas, besouros e moluscos (QUADRO 1).

QUADRO 1 – Principais pragas relatadas em morangueiro no Brasil

PRAGA	NOME CIENTÍFICO	REFERÊNCIA
Afídeo	<i>Chaetosiphon fragaefolii</i> (Cockrell, 1901)	
	<i>Aphis forbesi</i> (Weed, 1889)	
Ácaro-rajado	<i>Tetranychus urticae</i> (Koch, 1836)	BERNARDI et al., 2015;
Broca-do-morango	<i>Lobiopa insularis</i> (Castelnau, 1840)	ZAWADNEAK et al.,
Lagartas	<i>Agrotis</i> spp. (Ochsenheimer, 1816)	2018
	<i>Helicoverpa</i> spp (Hardwick, 1965)	
	<i>Duponchelia fovealis</i> (Zeller, 1847)	
Moluscos	<i>Meghimatium pictum</i> (Stoliczka, 1873)	
	<i>Bradybaena similaris</i> (Ferussac, 1821)	
	<i>Rumina decollata</i> (Linnaeus, 1758)	LANDAL et al., 2019
	<i>Deroceras laeve</i> (Muller, 1774)	
Tripes	<i>Limacus flavus</i> (Linnaeus, 1758)	
	<i>Heliothrips haemorrhoidalis</i> (Bouche, 1833)	SOUZA et al., 2019
	<i>Frankliniella occidentalis</i> (Pergande, 1895)	
	<i>Frankliniella schultzei</i> (Trybom, 1910)	
	<i>Thrips tabaci</i> (Linderman, 1888)	PINENT et al., 2011
	<i>Frankliniella rodeos</i> (Moulton, 1933)	
	<i>Frankliniella simplex</i> (Priesner, 1924)	

---

*Frankliniella williamsi* (Hood, 1915)

---

*Frankliniella gemina* (Bagnall, 1919)

---

O controle das pragas é de grande importância visando a diminuição de perdas e a produção de morangos de qualidade (BOTTON et al., 2016). Dentre as lagartas, destaca-se a lagarta-da-coroa do morangueiro, *D. fovealis*, que é uma praga chave em morangueiro, ocasionando dano em toda a planta, mas principalmente na coroa, comprometendo a nutrição, podendo levar a planta a morte (Zawadneak et al., 2011).

### 2.3.1 *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae)

*Duponchelia fovealis* é uma espécie polífaga que ocorre principalmente em cultivo protegido e em viveiros (CABI, 2020). As lagartas se alimentam de plantas ornamentais terrestres e aquáticas (muitas espécies utilizadas em aquários), bem como de culturas agrícolas, como cereais e hortaliças, plantas medicinais e vegetais hortícolas, que causa danos significativos em no mínimo 35 espécies de plantas hospedeiras (Quadro 2) (ZAWADNEAK; VIDAL; SANTOS, 2015; CABI, 2020).

QUADRO 2 – Plantas hospedeiras relatadas com ataque de *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae)

FAMÍLIA	NOME CIENTÍFICO	NOME COMUM
Acanthaceae	<i>Hygrophila</i> R.Br.	( <i>hygro</i> )
Adoxaceae	<i>Sambucus</i> L.	( <i>elderberry</i> )
Alistamaceae	<i>Echinodorus</i> Rich.	( <i>burhead</i> )
Amaranthaceae	<i>Alternanthera reineckii</i> Briq.	alternanthera "splendida" e "rosaefolia"
	<i>Amaranthus</i> L.	caruru
	<i>Chenopodium album</i> L.	falsa-erva-de-santa-maria
Annonaceae.	<i>Annona</i> L.	fruta-do-conde
Apiaceae	<i>Apium graveolens</i> L.	aipo
Aponogetonaceae	<i>Aponogeton</i> L.	folha de aquario
Araceae	<i>Anthurium</i> Schott.	antúrio
	<i>Cryptocoryne</i> Fisch.	( <i>water-trumpet</i> )
Asparagaceae	<i>Ophiopogon</i> Ker Gawl.	grama-preta
	<i>Bellis</i> L. ; <i>Bellis perennis</i> L.	margarida
	<i>Chrysanthemum</i> L.	crisântemo
Asteraceae	<i>Cineraria</i> L.	cinerária-marítima
	<i>Gerbera jamesonii</i> Adlam	gérbera
	<i>Lactuca sativa</i> L.	alface
	<i>Senecio vulgaris</i> L.	cardo-morto
	<i>Tanacetum</i> L.	catinga-de-mulata

Balsaminaceae	<i>Impatiens</i> L.	beijo
Begoniaceae	<i>Begonia</i> L.	begonia
	<i>Begonia elatior</i> Hort.	begonia
Chenopodiaceae	<i>Beta vulgaris</i> L.	beterraba
Convolvulaceae	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	corriola
Crassulaceae	<i>Kalanchoe blossfeldiana</i> Poelln.	kalanchoê
Cucurbitaceae	<i>Cucumis</i> L.	cucurbitaceas
Ericaceae	<i>Azalea</i> L.	azaléa
Euphorbiaceae	<i>Croton</i> L.	marmeleiro-branco
	<i>Codiaeum variegatum</i> (-L.) A.Juss.	cróton variegado
	<i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd.	poinsetia-bico de papagaio
Fabaceae	<i>Arachis hypogaea</i> L.)	Amendoim
Gentianaceae	<i>Eustoma grandiflorum</i> (Raf.) Shinners	lisianto
Geraniaceae	<i>Pelargonium</i> L'Hér.	geranio
Lamiaceae	<i>Coleus</i> Lour.	coleus
	<i>Mentha pulegium</i> L.	poejo
	<i>Ocimum basilicum</i> L.	manjeriçã
	<i>Origanum majorana</i> L.	manjerona
	<i>Thymus</i> L.	tomilho
Lythraceae	<i>Cuphea hyssopifolia</i> Kunth	(false heather)
	<i>Nesaea pedicellata</i> Hiern	planta de aquario amarelo
	<i>Punica granatum</i> L.	(pomegranate)
	<i>Rotala macrandra</i> Koehne	rotala vermelha
Malvaceae	<i>Malva sylvestris</i> L.	malva
Marantaceae	<i>Calathea</i> G.Mey.	(calathea)
Moraceae	<i>Ficus</i> L.	figueira
Onagraceae	<i>Ludwigia glandulosa</i> Walter	(false loosestrife)
	<i>Ludwigia perennis</i> L.	(false loosestrife)
Orchidaceae	<i>Phalaenopsis</i> Blume	orquídea Falenópsis
Oxalidaceae	<i>Oxalis acetosella</i> L.	trevo roxo
Paeoniaceae	<i>Paeonia</i> L.	peônia
Plantaginaceae	<i>Plantago lanceolata</i> L.	tanchagem-menor
Plumbaginaceae	<i>Limonium</i> Mill.	latifólia ou lavanda do mar
Poaceae	<i>Zea mays</i> L.	milho
Polygonaceae	<i>Rumex</i> L.	azedinha-brava
Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i> L.	beldroega
Primulaceae	<i>Cyclamen</i> L.	ciclame
	<i>Lysimachia</i> L.	lisimáquia
Ranunculaceae	<i>Anemone</i> L.	flor-da-esperança
	<i>Ranunculus repens</i> L.	(creeping buttercup)
Rosaceae	<i>Fragaria x ananassa</i> Duchesne	morangueiro
	<i>Rosa</i> sp. L.	rosa
	<i>Rubus fruticosus</i> L.	amora-silvestre
Rubiaceae	<i>Bouvardia</i> Salisb.	(bouvardia)
	<i>Galium</i> L.	(galium)
Sarraceniaceae	<i>Sarracenia</i> L.	(pitcher plant)
Saxifragaceae	<i>Heuchera</i> L.	(alumroot coralbells)
Scrophulariaceae	<i>Bacopa lanigera</i> Wettst.	bacopa
Solanaceae	<i>Capsicum annum</i> L.	pimentões

	<i>Capsicum chinense</i> Jacq	pimentas
	<i>Solanum lycopersicum</i> L.	tomate
Ulmaceae	<i>Ulmus</i> L.	olmo

Fonte: ZAWADNEAK; VIDAL; SANTOS, 2015; CABI, 2020

*Duponchelia fovealis* está dispersa em todos os continentes (STOCKS; HODGES, 2014, CABI, 2020), atuando como praga de morangueiro em Portugal (FRANCO; BATISTA, 2010), Itália (BONSIGNORE; VACANTE, 2010), França, Bélgica, República Tcheca, Dinamarca (STOCKS; HODGES, 2014); Turquia (EFIL; OZGÜR; EFIL, 2014), Brasil (ZAWADNEAK et al., 2011, 2016) e México (CRUZ-ESTEBAN; ROJAS, 2021) (Figura 1). Essa espécie foi registrada no Brasil, em cultivos de morangueiros no município de São José dos Pinhais, Paraná (ZAWADNEAK et al., 2011). Porém, sua presença já foi registrada nos estados do Espírito Santo (FORNAZIER et al., 2011) e Minas Gerais (Souza et al., 2013).

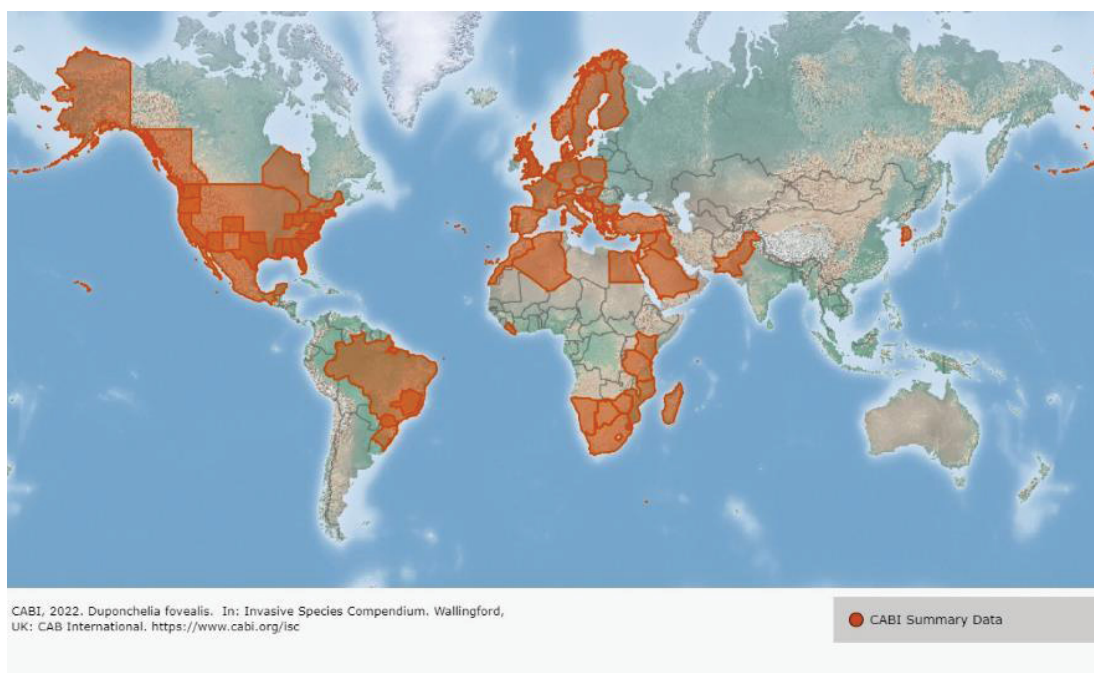


Figura 1. Distribuição geográfica de *Duponchelia fovealis* no mundo. As áreas em destaque de cor alaranjada são regiões onde já foram registradas na literatura

Fonte: CABI (2020)

### 2.3.2 Caracteres morfológicos de identificação da praga

*Duponchelia fovealis* é uma micro-mariposa, sendo que os adultos medem em torno de 19-21 mm de envergadura por 9-12 mm de comprimento (ZAWADNEAK et al., 2014). Em repouso, as asas, que se estendem para fora do corpo formando um triângulo (STOCKS; HODGES, 2014), são de coloração marrom, com o centro mais escuro, com duas linhas transversais amarelas e paralelas entre si. As antenas são longas e filiformes, voltadas para trás (BONSIGNORE; VACANTE, 2010) (Figura 2).



Figura 2. Macho e fêmea de *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae). O macho possui abdômen longo e afilado (A). A fêmea possui abdômen volumoso (B)

Autor: ZAWADNEAK et al. (2018)

Os ovos medem em média 0,3 mm, são translúcidos até 72h de idade. Quando próximos à eclosão tornam-se avermelhados e pode-se observar o desenvolvimento larval. As lagartas medem 1,5 mm ao eclodir e no V instar de 15 a 20 mm, com coloração creme a marrom claro. As pupas apresentam coloração marrom claro, escurecendo próximo a emergência, medindo cerca de 9-12 mm. (ZAWADNEAK et al., 2018).

### 2.3.3 Ciclo de vida da praga

A oviposição de *D. fovealis* ocorre individualmente ou em pequenos grupos de 5 a 10 ovos. A postura é realizada preferencialmente na parte abaxial das folhas próximo ao pecíolo, porém podem ocorrer em outras partes da planta ou até mesmo na camada superior

do solo (BRAMBILA; STOCKS, 2010; CABI, 2020). Cada fêmea coloca em média 145 ovos, cujo período de incubação dura de 5 a 15 dias. As lagartas são muito ágeis e mostram preferência por locais úmidos próximo ao solo, durando o ciclo larval de 25-30 dias. As pupas são encontradas dentro de um casulo construído com fios de seda e excrementos, ficando escondidas entre os restos de vegetação morta (STOCKS; HODGES 2014), com a duração do estágio pupal de 15-19 dias. As fêmeas apresentam um período de pré-oviposição de 24 horas, com longevidade de cerca de 12 dias (BETHKE; VANDER MEY, 2010; ZAWADNEAK et al., 2014). Um esquema do ciclo de vida da praga foi representado por Zawadneak et al. (2018) (Figura 3).

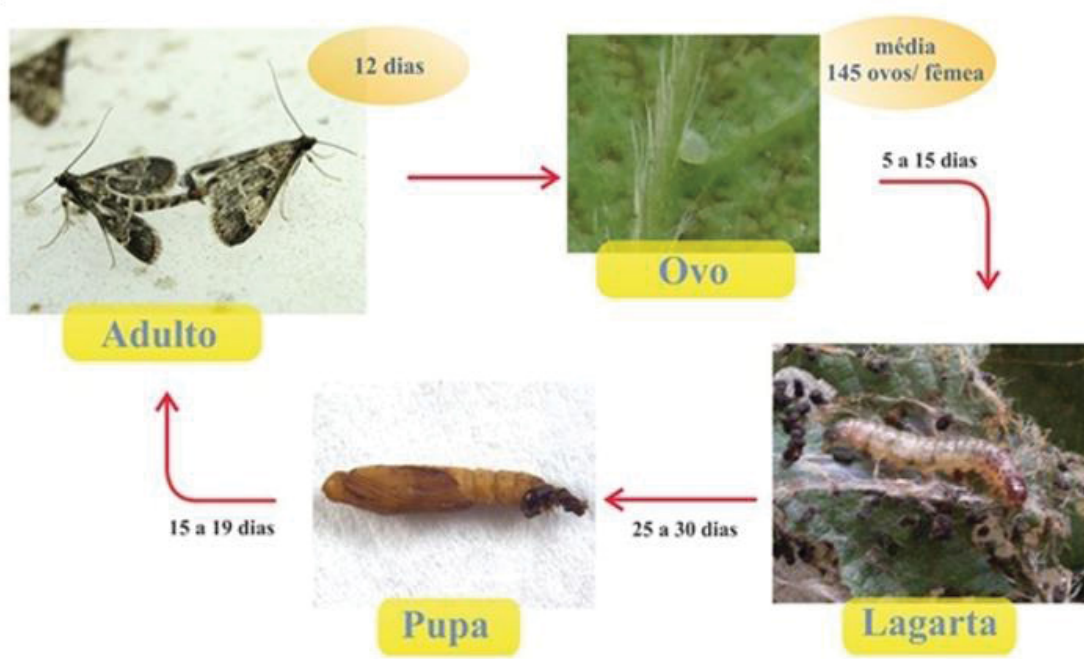


Figura 3. Ciclo de vida de *Duponchelia fovealis* (Zeller) (Lepidoptera: Crambidae), (Temperatura:  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ , Umidade relativa:  $70 \pm 10\%$  e fotofase: 14L:10D).

Fonte: ZAWADNEAK et al. (2018)

#### 2.3.4 Alternativas de controle de *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae)

Sendo o morango uma fruta preferencialmente de consumo *in natura*, o controle na utilização de agrotóxicos deve ser rigoroso. Visando a saúde dos produtores, dos consumidores e a preservação do meio ambiente, houve um aumento na procura por informações de manejos alternativos desta praga (OLIVEIRA; SCIVITTARO, 2009; LAHIRI et al., 2022).

Apesar da lagarta-da-coroa do morangueiro ser uma praga introduzida recentemente no Brasil (ZAWADNEAK et al., 2011), algumas alternativas para o manejo ecológico desta praga já podem ser recomendadas aos produtores, objetivando seu controle de forma a evitar a utilização de agrotóxicos, uma vez que estes não estão liberados para o controle de *D. fovealis* (BRASIL/ AGROFIT, 2022).

Entre os métodos culturais recomendados estão a aquisição de mudas sadias e promoção da higienização das mudas com água sanitária a 2% para matar ou remover possíveis pragas de seus esconderijos (PIROVANI et al., 2015), estratégias estas recomendadas para a prevenção de entrada de pragas no plantio. Os adultos ficam preferencialmente embaixo das folhas. As lagartas ficam nas plantas e em frutos próximos ao solo; sendo a presença detectada pelos danos, excrementos e teias características. O controle cultural deve ser iniciado com avaliação visual, tendo preferência pelo estrato médio das plantas e locais úmidos (BOTTON et al., 2016). Como manejo recomenda-se a constante eliminação de folhas senescentes, folhas e flores danificadas e plantas mortas ou murchas que devem ser retiradas da área de cultivo (ZAWADNEAK et al., 2020).

A utilização de armadilhas luminosas, como forma de monitoramento, para captura dos adultos, pode auxiliar na tomada de decisão para iniciar uma forma de controle, como a liberação de parasitoides (controle biológico), bem como a utilização de produtos microbiológicos e inseticidas botânicos para controle de lagartas em instares iniciais (PIROVANI, 2015).

O controle biológico é um fenômeno natural que consiste na regulação de plantas e animais por inimigos naturais (PARRA et al., 2021), assumindo uma importância cada vez maior dentro do MIP (VAN LENTEREN et al., 2018).

Diversos trabalhos com controle biológico têm sido realizados por pesquisadores para o controle de *D. fovealis*, como inseticidas à base de *Bacillus thuringiensis* (Bt) (PETRUCCI et al., 2020), fungos entomopatogênicos: (AMATUZZI et al., 2018a; AMATUZZI et al., 2018b; ARAUJO et al., 2020ab; BAJA et al., 2020; STUART et al., 2020), actinobactérias (PORSANI et al., 2022) e parasitoides do gênero *Trichogramma* (PIROVANI et al., 2017; RODRIGUES et al., 2017; ARAUJO et al., 2020b; ALANO et al., 2021).

Produtos à base de compostos secundários de plantas para o combate de lepidópteros tem sido testado contra a lagarta-da-coroa: *Zingiber officinale* Roscoe (Zingiberaceae) (ATAIDE et al., 2020); *Annona mucosa* (Annonaceae) e *Annona sylvatica* (Annonaceae)

(GONÇALVES et al., 2022); *Annona muricata* L. (Annonaceae) e *Annona sylvatica* (A.St.-Hil) (Annonaceae) (ZAWADNEAK et al., 2022).

## 2.4 RESISTÊNCIA DE PLANTAS

O processo de coevolução das plantas e insetos ocorre há pelo menos quatrocentos milhões de anos (MERTENS et al., 2021). As interações ecológicas entre plantas e herbívoros estão entre as mais importantes da natureza, sendo estimado um consumo de mais de 20% da massa vegetal produzida, fazendo com que as plantas desenvolvessem uma diversidade de mecanismos de defesa ao longo do tempo (AGRAWAL, 2011). Essa interação ocorre de forma muito complexa, onde os insetos desempenham atividades benéficas, como a dispersão de sementes e polinização e, em contrapartida, recebem abrigo e locais de oviposição e alimentação (SILVA; PANIZZI, 2019). Devido a essa grande variedade de adaptações e interações, plantas e insetos foram se tornando co-dependentes (COLEY; BARONE, 1996; PIZZAMIGLIO-GUTIERREZ, 2009). Nesse contexto, as interações antagônicas entre a atividade alimentar dos insetos fitófagos e as plantas, provocam danos aos tecidos da planta hospedeira (MUSAQAF et al., 2022), podendo levá-la, inclusive, à morte (SILVA; PANIZZI, 2019).

Em contrapartida, durante essa escala evolutiva, as plantas têm se defendido desenvolvendo mecanismos sofisticados para o combate a patógenos e pragas (MUSAQAF et al., 2022). Esses mecanismos são constituídos por compostos de defesas físicas, morfológicas ou químicas que afetam negativamente o comportamento do inseto durante o processo de seleção do hospedeiro (BALDIN; PANNUTI; BENTIVENHA, 2019). Essa defesa produzida pelas plantas, também chamada de resistência hospedeira, compreendem uma série de adaptações que permitem a sua sobrevivência e reprodução, reduzindo o impacto dos herbívoros (HOFFMANN-CAMPO; GRAÇA, 2019).

Uma planta resistente é aquela que devido à sua constituição genotípica é menos danificada do que outra, em igualdade de condições (LARA, 1991). Portanto, resistência a insetos-praga é definida como as características hereditárias coletivas pelas quais as espécies de plantas expressam defesas físicas, morfológicas e/ou químicas que tornam a planta menos adequada, podendo reduzir a probabilidade de utilização bem-sucedida dessa planta como hospedeira por uma espécie de inseto, como alimentação, local de oviposição ou desenvolvimento. (SOUZA et al., 2021; PRASANNA et al., 2022).

A resistência de plantas a insetos é uma alternativa ao método de controle químico (VENDRAMIN; GUZZO, 2009). Assim, o cultivo de plantas resistentes representa uma importante ferramenta dentro do MIP (BALDIN; PANNUTI; BENTIVENHA, 2019). Além de ajudar a reduzir populações de pragas abaixo do nível de dano econômico, as plantas resistentes não provocam desequilíbrio ambiental, não deixam resíduos nos alimentos, tem ação contínua sobre os insetos e apresentam compatibilidade com outros métodos de controle (VENDRAMIN; GUZZO, 2009). Por isso, é de suma importância o conhecimento da interação inseto-planta no agroecossistema (LARA, 1991).

Segundo Lara (1991), há três tipos de resistência: antibiose, antixenose e tolerância. A resistência do tipo antibiose, é o efeito negativo sobre a biologia do inseto, interferindo no seu desenvolvimento. A antibiose pode causar efeitos adversos na sobrevivência, na capacidade de crescimento, produzindo altas taxas de mortalidade, prolongamento do ciclo de vida, afetando a fertilidade (ALMEIDA et al., 2017; SILVA et al., 2020). Já a do tipo antixenose ou não preferência, exerce efeito sobre o comportamento do inseto, influenciando os processos de alimentação, oviposição e abrigo, impedindo-o de colonizar a planta. O efeito de antibiose pode ser devido a dificuldade do inseto em se alimentar das variedades resistentes (BENATTO; PENTEADO; ZAWADNEAK, 2019). Tolerância é definida como a habilidade da planta resistir ou se recuperar dos danos de um artrópode (SILVA et al., 2020), apresentando a capacidade para crescer sem perdas significativas em sua produção, apesar do ataque da praga, comparativamente com outras plantas em igualdade de condições (LARA, 1991; PAINTER, 1951).

A resistência de plantas a insetos, ocorre principalmente por fatores morfológicos (rigidez ou espessamento, cerosidade e pilosidade da epiderme) e químicos (toxinas, lectinas, inibidores enzimáticos) (VENDRAMIN; GUZZO; RIBEIRO, 2019; SMITH, 2005). Desta forma, as defesas das plantas podem ser constitutivas ou induzidas (BENATTO et al., 2018). As constitutivas, estão sempre presentes nas plantas e incluem inibidores de alimentação, toxinas e defesas mecânicas e não dependem da presença ou ação de pragas (RESENDE et al., 2020). Já a defesa induzida, é desencadeada em resposta ao ataque, podendo ser direta afetando a alimentação e desenvolvimento do inseto, ou indireta atraindo os inimigos naturais dos herbívoros (SILVA; PANIZZI, 2019; MUSAQAF et al., 2022).

A pilosidade pode afetar os insetos criando uma barreira física, que dificulta locomoção e alimentação (quando possui tricomas simples), quanto por ação tóxica (se tiver tricomas glandulares). A densidade dos tricomas tem importante papel no comportamento

de oviposição e processo de seleção dos hospedeiros (GOLLA et al., 2018). Em morangueiros ocorrem dois tipos de tricomas, os glandulares e não glandulares (BRAGA et al., 2009; BENATTO et al., 2018). Tendo os dois tipos de tricomas o inseto é afetado tanto pela antibiose, quanto por antixenose e, por isso, a presença de tricomas é considerado um dos fatores mais importantes da resistência (BENATTO; PENTEADO; ZAWADNEAK, 2019; VENDRAMIN; GUZZO; RIBEIRO, 2019). Os tricomas glandulares liberam compostos químicos e dificultam a locomoção dos insetos e a sua alimentação das plantas, podendo estes serem associados a defesa constitutiva do tipo antixenose. Portanto, a antixenose descreve a reação não preferencial de um artrópode a uma planta resistente (SILVA et al., 2020).

#### 2.4.1 Resistência de cultivares de morangueiros a pragas e doenças

No Brasil, a grande área geográfica, ampla diversidade edafoclimática e, sendo a produção de morangos fortemente influenciada pela interação dos fatores de temperatura e fotoperíodo (OLIVEIRA; SCIVITTARO; ROCHA, 2011; FAGHERAZZI et al., 2021), são os principais obstáculos para a produção de morangos. Diante disso, desenvolver cultivares adaptadas as variações desses fatores são os desafios dos programas de melhoramento genético no Brasil e de grande importância para a produção nacional, pois existem poucas cultivares utilizadas pelos produtores, muitas vezes não sendo adequadas as condições específicas de cada localidade (OLIVEIRA; ANTUNES, 2016).

No melhoramento genético do morangueiro, os parâmetros mais importantes do fruto são o tamanho, firmeza, sabor e aroma. Já em relação a planta a obtenção de flores perfeitas, produção elevada, tolerância a altas temperaturas e resistência a doenças são características de maior interesse (COSTA et al., 2018). O Brasil tem evoluído em programas de melhoramento genético (ANTUNES; BONOW, 2021), porém as pesquisas ainda são restritas a aumento de produtividade e resistência a doenças (BALDIN; VENDRAMIN; LOURENÇÃO, 2019). Desde 2015, os pesquisadores da Embrapa Clima Temperado retomaram os trabalhos de melhoramento genético do morangueiro visando adaptação, resistência a pragas e qualidade de fruta, objetivando uma variedade nacional, uma vez que o País depende da importação das mudas. Desenvolver uma variedade brasileira de morango também pode gerar plantas resistentes a pragas e doenças, reduzindo a aplicação de defensivos químicos (EMBRAPA, 2015). Entretanto, as pesquisas brasileiras são

direcionadas em aumento de produtividade e resistência a doenças, com menor prioridade a cultivares resistentes a pragas

No ano de 2022, o estado do Paraná, lançou a “Rede de Morangos do Brasil”, envolvendo pesquisadores e produtores de morango da cadeia produtiva, também objetivando fomentar a produção nacional, desenvolver cultivares com potencial produtivo e de fácil adaptação às diferentes regiões do território brasileiro (PARANA, Agência Estadual de Notícias, 2022).

Trabalhos têm sido realizados com o objetivo de detectar plantas resistentes a pragas: *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) (LOURENÇÃO et al., 2000; AFIFI et al., 2010; KARLEC et al., 2016; RESENDE et al., 2020); *Meloidogyne hapla* Chitwood (Tylenchida, Heteroderidae) (CURI et al., 2016); *Aphis gossypii* (Glover) (MUSAQAF et al., 2022) e *Chaetosiphon fragaefolii* (Cockerell) (Hemiptera: Aphididae) (BENATTO et al., 2018, 2019; MUSAQAF et al., 2022) e doenças: *Botrytis cinerea* Pers. (WANG et al., 2016; LOPES et al., 2017).

#### 2.4.2 Testes de avaliação de resistência

Para a avaliação de plantas resistentes a artrópodes-praga, há, em geral cinco tipos de experimentos ou ensaios utilizados (teste de campo, teste de livre escolha, teste sem chance de escolha (confinamento), teste de biologia, teste de produção) (WAQUIL et al., 2019). Neste estudo, os testes realizados são descritos a seguir.

##### 2.4.2.1 Teste de livre escolha e sem chance de escolha (confinamento)

Os testes de livre escolha, envolvem a exposição da artrópode praga a dois ou mais genótipos da cultura em igualdade de condições, ou seja, permite que os diferentes tratamentos tenham a mesma chance de escolha por parte do inseto, seja por alimentação, oviposição ou abrigo. (WAQUIL, 2019). Podem ser utilizadas plantas intactas, ou as partes da planta que representem os sítios de alimentação.

Os testes de alimentação podem ser realizados através da avaliação da área ou peso do alimento ingerido, do tempo que o indivíduo permanece se alimentando, ou ainda pode-se pesar ou contar o número de deposições dos excrementos, produzidos durante a alimentação (LARA, 1991).

Nos testes de oviposição, liberam-se casais de adultos, em gaiolas ou outros recipientes, contendo as variedades em estudo, podendo ser em condições naturais ou em laboratório. Esses testes podem ser realizados com chance de escolha ou confinar os casais sobre cada planta em estudo, sem chance de escolha, sendo necessário realizar a contagem do número de ovos, posturas e/ou de ovos/postura (LARA, 1991).

#### 2.4.2.2 Teste de antibiose

Os testes de biologia objetivam fazer um estudo detalhado do desenvolvimento do artrópode a ser avaliado sobre uma determinada espécie vegetal. As plantas apresentam fatores que afetam de forma negativa os parâmetros biológicos dos insetos, uma vez que estes conseguem se alimentar da planta, porém esta exerce efeito adverso sobre sua biologia ((VENDRAMIN; GUZZO; RIBEIRO, 2019). Os efeitos na biologia do inseto que podemos observar que caracterizam a resistência do tipo antibiose são: prolongamento e mortalidade das fases imaturas e adulta, redução da fecundidade e fertilidade, redução da longevidade dos adultos, alteração da razão sexual e ocorrência de indivíduos defeituosos, tanto na fase imatura, como na fase adulta (VENDRAMIN; GUZZO; RIBEIRO, 2019). Para os testes de antibiose, os indivíduos que serão utilizados deverão ser padronizados em termos de idade, tamanho e genótipo escolhido para a avaliação, partindo-se geralmente de ninfas ou larvas recém eclodidas (WAQUIL, 2019).

### 2.5 TABELAS DE VIDA DE FERTILIDADE

O estudo do desenvolvimento e dos padrões de fecundidade e sobrevivência de uma população de insetos, utilizando tabelas de esperança de vida e fertilidade, é um componente importante para a compreensão do crescimento populacional de uma espécie, sendo um excelente método para estudos biológicos inter e intraespecíficos (BARBOSA et al., 2011; CARVALHO et al., 2012; GUIMARÃES et al., 2018). Estes estudos podem ser utilizados como estratégias para o aperfeiçoamento do controle das pragas em programas de manejo (PENTEADO; OLIVEIRA; LAZZARI, 2010). A tabela de vida e de fertilidade, construída a partir dos dados biológicos dos estágios imaturos e adultos, calcula os parâmetros de crescimento populacional. A taxa líquida de reprodução ( $R_0$ ), é o total de descendentes fêmeas produzidas por fêmea, durante todo o período de reprodução, que chegam à geração

seguinte. A taxa intrínseca de crescimento populacional ( $r_m$ ) é a capacidade inata de aumentar em número. Taxa finita de aumento ( $\lambda$ ) é o número de vezes que a população se multiplica em um determinado tempo. O intervalo entre gerações (T) determina a duração média de uma geração (SCHEUNEMANN et al., 2018; BENATTO; PENTEADO; ZAWADNEAK, 2019).

Estudos sobre tabelas de vida de insetos praga em morangueiros tem sido desenvolvido por diversos pesquisadores, com as seguintes espécies: *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae) (BORTOLI et al., 2012); *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera, Thripidae) (NONDILO et al., 2009), *Aphis forbesi* Weed, (Hemiptera: Aphididae) (ARAUJO et al., 2016) e *Chaetosiphon fragaefolii* (Hemiptera: Aphididae) (BENATTO; PENTEADO; ZAWADNEAK, 2019), *Heliothrips haemorrhoidalis* Bouché (Thysanoptera: Thysanoptera) (SOUZA; SOUZA; ZAWADNEAK, 2022) e *Neopamera bilobata* (Hemiptera: Rhyparochromidae) (KUHN et al., 2014).

## 2.6 PLANTAS INSETICIDAS E ÓLEOS ESSENCIAS SOBRE *Duponchelia fovealis* (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE)

Diante da dificuldade de se obter produtos para o controle da *D. fovealis*, a busca por produtos que causem menos impactos negativos ao ambiente e aos inimigos naturais podem contribuir de forma relevante para o controle de pragas dentro de um programa de MIP (ISMAN; GRIENEISEN, 2014; AMOABENG; JOHNSON; GURR, 2019). O MIP preconiza a adoção de diferentes métodos, podendo ser utilizados simultaneamente ou não, no controle de pragas e doenças (PERCZAK et al., 2019). Nesse contexto, as plantas bioativas possuem potencial para serem utilizadas como alternativa as moléculas sintéticas (BACHROUCH et al., 2010), podendo ser empregadas dentro do MIP (UPADHYAY et al., 2018).

O potencial de uso dos inseticidas vegetais, na forma de extratos ou óleos essenciais (OEs) podem gerar alternativas para o controle de *D. fovealis* (ATAIDE et al., 2020; ZAWADNEAK et al., 2022; GONÇALVES et al., 2022). Além disso, os OEs derivados de plantas apresentam vários constituintes químicos em uma única amostra, o que contribui para o aumento da eficácia no controle e pode evitar ou retardar a evolução da resistência das pragas por atuarem em diferentes sítios de ação (ISMAN, 2000). Ademais, em

comparação aos produtos sintéticos, essas substâncias químicas apresentam as seguintes vantagens, são biodegradáveis (KUMAR et al., 2011), possuem baixa toxicidade a mamíferos (JAYAKUMAR et al., 2017), causam menor impacto ambiental (SAEIDI; PEZHMAN, 2018), possuem a possibilidade de serem utilizados na produção orgânica (ISMAN, 2020).

Os OEs são definidos como um conjunto complexo de compostos químicos líquidos voláteis, com odor aromático (PERCZAK et al., 2019), e que possuem atividade biológica (KIRAN; PRAKASH, 2015). Essas substâncias são utilizadas pelas plantas como mecanismo de defesa contra bioagentes (BENTO, 2016). Esses metabólitos secundários são de natureza lipofílicas e insolúveis em água (CAMPOLO et al., 2018), sendo produzidos em diferentes tipos de estruturas, como as glândulas externas e internas (OGENDO et al., 2008). Os OEs podem ser extraídos de diferentes órgãos como sementes, caules, folhas, flores (OLIVEIRA et al., 2018) e raízes (SOUZA et al., 2020).

A obtenção dos OEs ocorre através do processo de destilação (MAEDEH et al., 2011), sendo a hidrodestilação, destilação a vapor, destilação a seco e processos mecânicos os principais métodos de extração (BENTO, 2016). No método por hidrodestilação, o material vegetal fica imerso em água fervente, enquanto no método por destilação a vapor, a água utilizada só entra em contato com o material vegetal em sua forma de vapor, e em ambos os métodos o OE é separado da água por decantação. Devido aos equipamentos simples e a facilidade de uso, ambos os métodos são os mais utilizados (CAMPOLO et al., 2018).

Como inseticidas, os OEs podem agir na inibição da oviposição, afetar a alimentação, o desenvolvimento e a emergência de adultos (AWADALLA; ZAYED; HASHEM 2017). Segundo Oboh et al. (2017), os OEs podem atuar como repelentes, deterrente e inseticidas. Quanto a sua ação inseticida, os OEs podem ser aplicados por diferentes rotas de exposição, e a toxicidade depende da forma como essa substância irá entrar em contato com o inseto (PEIXOTO et al., 2015), entre elas, destacam-se a ingestão, fumigação (OBOH et al., 2017) ou absorvido pela pele (contato) (NENAAH, 2014).

A ação inseticida dos OEs pode estar associada a presença dos monoterpenos e sesquiterpenos (OBOH et al., 2017), capazes de penetrar na cutícula, provocando alterações fisiológicas nos insetos e consequentemente a sua morte (KHANI; MAROUF; AMINI, 2017). A toxicidade dos OEs depende do modo de ação e do alvo (EBADOLLAHI et al., 2014; PERCZAK et al., 2019). Entretanto, de acordo com Kiran e Prakash (2015), a

atividade biológica dos OEs também depende da constituição química e da proporção dos compostos presentes em sua composição.

Para a identificação dos compostos e a sua proporção na composição química dos OEs é necessário o uso de técnicas e equipamentos, como a cromatografia de camada fina, cromatografia gasosa, cromatografia líquida de alta eficiência, e a cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (GC-MS), sendo a última a técnica mais utilizada (BENTO, 2016).

Devido a sua composição química conter diferentes compostos ativos (BENZI et al., 2014), a probabilidade de ocasionar resistência é menor, pois os OEs possuem diversos modos de ação (BACHROUCH et al., 2015; KIRAN; PRAKASH, 2015), sendo essa a principal vantagem dos OEs em relação aos produtos sintéticos.

## REFERÊNCIAS

- AFIFI, A. A. M.; EL-LAITHY, A. Y. M.; SHEHATA, S. A.; EL-SAIEDY, E. S. M. A. Resistance of strawberry plants against the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). In: Sabelis, M.; Bruin, J. (Ed.) **Trends in Acarology**. Springer, Dordrecht, 2010. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-90-481-9837-5\\_85](https://doi.org/10.1007/978-90-481-9837-5_85)
- AGRAWAL, A. A. Current Trends in the Evolutionary Ecology of Plant Defence. **Functional Ecology**, v. 25, n. 2, p. 420-32, 2011.
- ALANO, D. M.; ARAUJO, E. S.; MIRÁS-AVALOS, J. M.; PIMENTEL, I. C.; ZAWADNEAK, M. A. C. Short Communication: Sublethal Effects of Insecticides Used in Strawberry on *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Spanish Journal of Agricultural Research: SJAR**, v. 19, n. 1, 2021.
- ALMEIDA, A. C. de S.; SILVA, C. L. T.; LÍGIA ALVES DE PAIVA, L. A. de; ARAUJO, M. da S.; FLÁVIO GONÇALVES DE JESUS, F. G. de. Antibiosis in Soybean Cultivars to *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae). **Florida Entomologist**, v. 100, n. 2, p. 334-38, 2017.
- ALVES, M. C.; MATOSO, E. S.; PEIL, R. M. N. What is the profile of strawberry producers in the south Brazilian region and what do they think about substrate cultivation? **Horticultura Brasileira**, v. 38, p. 428-433, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-0536202004014>.
- AMATUZZI, R. F.; POITEVIN, C. G.; POLTRONIERI, A. S.; ZAWADNEAK, M. A. C.; AND IDA C PIMENTEL, I. C. Susceptibility of *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae) to Soil-Borne Entomopathogenic Fungi. **Insects**, v. 9, n. 2, p. 70, 2018a.
- AMATUZZI, R. F.; CARDOSO, N.; POLTRONIERI, A. S.; POITEVIN, C. G.; DALZOTO, P.; ZAWADNEAK, M. A. C.; PIMENTEL, I. C. Potential of Endophytic Fungi as Biocontrol Agents of *Duponchelia fovealis* (Zeller) (Lepidoptera: Crambidae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 78, n. 3, p. 429-35, 2018b.
- AMOABENG, B. W.; JOHNSON, A. C.; GURR, G. M. Natural enemy enhancement and botanical insecticide source: a review of dual use companion plants. **Applied Entomology and Zoology**, v. 54, p. 1-19, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s13355-018-00602-0>.
- ANDRADE, P. **Fruticultura – Morango**. Paraná – Governo do Estado Secretaria da Agricultura e Abastecimento. Departamento de Economia Rural – DERAL, Divisão de Conjuntura Agropecuária, 2021. Boletim Semanal.
- ANTUNES, L. E. C.; BONOW, S.; REISSER JUNIOR, C. **Morango – Crescimento constante em área e produção**. Anuário HF 2020, Campo & Negócios, 2020. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/213216/1/Anuario-HF-2020-LEC-Antunes.pdf>. Acesso em: 24 mai. 2022.

ANTUNES, L. E. C.; BONOW, S. **Morango**: produção aumenta ano a ano. Anuário HF 2021, Campo & Negócios, 2021. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/222342/1/Antunes-Anuario-HF-2021-pag-87.pdf>. Acesso em: 24 maio de 2022.

ARAUJO, E. S.; BENATTO, A.; MÓGOR, A. F.; PENTEADO, S. C.; ZAWADNEAK, M. A. C. Biological Parameters and Fertility Life Table of *Aphis forbesi* Weed, 1889 (Hemiptera: Aphididae) on Strawberry. **Brazilian Journal of Biology**, v. 76, n. 4 p. 937-41, 2016.

ARAUJO, E. S.; BENATTO, A.; RIZZATO, F. B.; POLTRONIERI, A. S.; POITEVIN, C. G.; ZAWADNEAK, M. A. C.; PIMENTEL, I. C. Combining Biocontrol Agents with Different Mechanisms of Action to Control *Duponchelia fovealis*, an Invasive Pest in South America. **Crop Protection**, v.134, p. 105-184, 2020a.

ARAUJO, E. S.; POLTRONIERI, A. S.; POITEVIN, C. G.; MIRÁS-AVALOS, J. M.; ZAWADNEAK, M. A. C.; PIMENTEL, I. C. Compatibility between Entomopathogenic Fungi and Egg Parasitoids (Trichogrammatidae): A Laboratory Study for Their Combined Use to Control *Duponchelia fovealis*. **Insects** (Basel, Switzerland), v. 11, n. 9, p. 630, 2020b.

ATAIDE, J. O.; PRATISSOLI, D.; FRAGOSO, D. F. M.; PINHEIRO, P. F. Caracterização e atividade inseticida do óleo essencial de *Zingiber officinale* Roscoe - Zingiberaceae sobre *Duponchelia fovealis* zeller, 1847 (Lepidoptera: Crambidae). **Revista Em Agronegócio E Meio Ambiente**, v. 13, n. 2, p. 693-705, 2020.

AWADALLA, S. S.; ZAYED, G. M.; HASHEM, A. S. Chemical Composition and Bioactivity of Three Plant Essential Oils against *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus oryzae* (L.). **Journal of Plant Prot and Path**, v. 8, n. 10, p. 535–539, 2017.

BACHROUCH, O.; FERJANI, N.; HAOUEL, S.; JEMÂA, J. M. BEN. Major compounds and insecticidal activities of two Tunisian Artemisia essential oils toward two major coleopteran pests. **Industrial Crops and Products**, v. 65, p. 127–133, 2015. Elsevier B.V. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.12.007>.

BAJA, F.; POITEVIN, C. G.; ARAUJO, E. S.; MIRÁS-AVALOS, J. M.; ZAWADNEAK, M. A. C.; PIMENTEL, I. C. Infection of *Beauveria Bassiana* and *Cordyceps Javanica* on Different Immature Stages of *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae). **Crop Protection**, v. 138, p. 105-347, 2020.

BALDIN, E. L. L.; PANNUTI, L. E. DA R.; BENTIVENHA, J. P. F. Antixenose. In: BALDIN, E. L. L.; VENDRAMIN, J. D.; LOURENÇÃO, A. L. (Ed.). **Resistência de plantas a insetos: fundamentos e aplicações**. Piracicaba, São Paulo, 2019. p. 137-183.

BARBOSA, L. R.; CARVALHO, C. F.; AUAD, A. M.; BRÍGIDA DE SOUZA, B. DE; BATISTA, E. S. DE P. Tabelas De Esperança De Vida E Fertilidade De *Myzus Persicae* Sobre Pimentão Em Laboratório E Casa De Vegetação. **Bragantia**, v. 70, n. 2, p. 375-82, 2011.

BENATTO, A, MÓGOR, A. F.; PENTEADO, S. C.; PEREIRA, L. S.; SALAS, F. J. S.; ZAWADNEAK, M. A. C. Influence of trichomes in strawberry cultivars on the feeding behavior of *Chaetosiphon fragaefolii* (Cockerell) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, v. 47, p. 569-576, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13744-018-0596-5>

BENATTO, A.; PENTEADO, S. C.; ZAWADNEAK, M. A. C. Performance of *Chaetosiphon fragaefolii* (Hemiptera: Aphididae) in different Strawberry Cultivars. **Neotropical Entomology**, v.48, p. 692-698, 2019.

BENTO, M. G. R. **Avaliação da atividade fungicida de óleos essenciais e suas substâncias ativas no controle de fungos de armazenamento.** (Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Agrônoma, especialização em Proteção de Plantas). 121 p., 2016.

BENZI, V.; STEFANAZZI, N.; MURRAY, A. P.; WERDIN GONZÁLEZ, J. O.; FERRERO, A. Composition, Repellent, and Insecticidal Activities of Two South American Plants against the Stored Grain Pests *Tribolium castaneum* and *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae) . **ISRN Entomology**, v. 2014, p. 1–5, 2014.

BERNARDI, D.; BOTTON, M.; NAVA, D. E.; ZAWADNEAK, M. A. C. **Guia para identificação e monitoramento de pragas e seus inimigos naturais em morangueiro.** Brasília, DF: Embrapa, 46 p., 2015.

BETHKE, J.; VANDER MEY, B. **Pest Alert: *Duponchelia fovealis*.** University of California Cooperative Extension, San Diego. 2010. Disponível em <<http://ucanr.org/sites/cetest/files/55177.pdf>>. Acesso em: 18 Jun 2022.

BONSIGNORE, C. P.; VACANTE, V. *Duponchelia fovealis* Zeller. Une nuova emergenza per la fragola? **Protezione delle colture**, v. 3, p. 40-43, 2010.

BORTOLI, L. C.; BERTIN, A.; EFROM, C. F. S.; BOTTON, M. Biologia e Tabela De Vida De Fertilidade De *Spodoptera Eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae) Em Morangueiro E Videira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 4, p. 1068-073, 2012.

BOTTON, M.; NAVA, D. E.; ZAWADNEAK, M. A. C.; BERNARDI, D.; NONDILLO, E. A. Manejo Integrado de Pragas. In: CORREA ANTUNES, L. E.; C. REISSER JÚNIOR, C.; SCHWENGBER, J. E. (Ed.). **Morangueiro**. Brasília, DF: Embrapa, 2016. p. 361-411, 2016.

BRAGA, F. T.; NUNES, C. F.; FAVERO, A. C.; PASQUAL, M.; CARVALHO, J. G.; CASTRO, E. M. Anatomical characteristics of the strawberry seedlings micropropagated using different sources of silicon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 2, p. 128–132, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009000200003>.

BRAMBILA, J.; STOCKS, I. The European pepper moth, *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae), a Mediterranean pest moth discovered in central Florida. **FDACS - Division of Plant Industry**, 2010. DOI: 10.13140/RG.2.2.33554.86723

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agrofit-sistema de agrotóxicos fitossanitários.** Disponível em:

[http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons). Acesso em: 25 mai. 2022.

CABI (Centre of Agriculture and Biosciences International). **Invasive species compendium**, 2020. Disponível em: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/20168>. Acesso em: 24 mai. 2022.

CAMPOLO, O.; GIUNTI, G.; RUSSO, A.; PALMERI, V.; ZAPPALÀ, L. Essential Oils in Stored Product Insect Pest Control. **Journal of Food Quality**, v. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1155/2018/6906105>.

CARVALHO, S. P. de. Histórico e evolução da cultura do morangueiro no Brasil nos últimos 50 anos. **Horticultura Brasileira**. Viçosa, v. 29, n. 2, 2011.

CARVALHO, J. R.; PRATISSOLI, D.; QUADROS, I. P. DA S.; PAES, J. P. P.; KAISER, I. S.; RODRIGUES, H. DE S.; TÚLLER, A. C.; ZUIM, V. Tabela De Esperança De Vida De *Trichogramma Pretiosum* Riley Em Ovos De *Trichoplusia Ni* Hübner Em Diferentes Condicionamentos Térmicos. **EntomoBrasilis**, v. 5, n. 3, p. 173-78, 2012.

COSTA, A. F. da; ROSSI, D. A.; LEAL, N. R. Origem, evolução e o melhoramento do morangueiro. In: ZAWADNEAK, M. A. C. SCHUBER, J. M.; MOGOR, A. F. (Eds.). **Como produzir morangos**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, p. 13-43, 2018.

CRUZ-ESTEBAN, S.; ROJAS, J. C. Pheromone-Baited Traps Confirm the Presence of *Duponchelia fovealis* in Strawberry Crops in Mexico. **Southwestern Entomologist**, v. 46, p. 533-536, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3958/059.046.0224>.

CURI, P. N.; PECHE, P. M.; PIO, R.; CAPRONI, C. M.; OLIVEIRA, M. S. de. Relationship between Production, Nematodes and "redness" in Strawberries. **Ciência Rural**, v. 46, n. 8, p. 1309-315, 2016.

EBADOLLAHI, A.; ZAVIEH, E. A.; NAZIFI, A.; SENDI, J. J.; FARJAMINEZHAD, M.; SAMADZADEH, A.; TAJMIRI, P. Chemical composition and bio-pesticidal values of essential oil isolated from the seed of *Heracleum persicum* Desf. ex Fischer (Apiaceae). **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 4, p. 1166–1174, 2014.

EFIL, L.; OZGÜR, O.; EFIL, F. A new pest, *Duponchelia fovealis* Zeller, on strawberries in Turkey: damage, distribution and parasitoid. **J. Entomol. Zool. Stud.** v. 2, p. 328–334, 2014.

EMPRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Pesquisa pretende desenvolver morango brasileiro. 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/4350480/pesquisa-pretende-desenvolver-morango-brasileiro>. Acesso em: 10 jun. 2022.

FAEDI, W.; ANGELINI, R. La Fragola. Collana Coltura e Cultura, **Bayer Crop Science**, Ed. Script, Bologna, p. 548, 2010.

FAGHERAZZI, A. F.; GRIMALDI, F.; KRETZSCHMAR, A. A.; RUFATO, L.; SANTOS, M. F. S.; SBRIGHI, P.; LUCCHI, P.; BARUZZI, G.; FAEDI, W. Pircinque: new strawberry cultivar for Brazilian producers. **Horticultura Brasileira**, v. 39, p. 458-463, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-0536-20210416>.

FAOSTAT, Crops and livestock products. **Strawberries**. 2020. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> . Acesso em: 18 Jun. 2022

FORNAZIER, M. J.; PRATISSOLI, D.; MARTINS, D dos S.; DALVI, L. P; TEIXEIRA, C. P.; SILVA, A. T. da; THOMPSON, E. L.; RODRIGUES, A. K.; PRATES, R. S.; COZER, E.; MOREIRA, J. P. de A.; BECALLI, L.; PAES, J. P. P.; TIBURCIO, M. O. Praga exótica no estado do Espírito Santo – *Duponchelia fovealis* Zeller, 1847 (Lepidoptera: Crambidae). **Morango mais saudável** – Morango monitorado e rastreado. Vitória. ES, 2011.

FRANCO, M.C.; BAPTISTA, M. C. *Duponchelia fovealis* Zeller - nova praga em Portugal. **Frutas, legumes e flores**, v. 110, p. 34-35, 2010.

GOLLA S. K., RAJASEKHAR, P.; SHARMA, S. P.; HARI PRASAD, K. V.; SHARMA, H. C. Antixenosis and antibiosis mechanisms of resistance to pod borer, *Helicoverpa armigera* in wild relatives of chickpea, *Cicer arietinum*. **Euphytica**. p. 1-16, 2018.

GONÇALVES, R. B.; SOUZA, M. T. de; SOUZA, M. T. de; DANIEL BERNARDI, RIBEIRO, L. do P.; PIMENTEL, I. C.; ZAWADNEAK, M. A. C. Annona (Annonaceae) By-products Derivatives: Toxicity to the European Pepper Moth and Histological Assessment. **Crop Protection**, v. 155, 2022.

GUIMARÃES, A. G.; SOARES, M. A.; ANDRADE JÚNIOR, V. C. DE; SILVA, I. M. DA; GUIMARÃES, C. G.; PIRES. E. M. Resistência Varietal De Morangueiro Aos Pulgões *Cerosipha Forbesi* (Weed) E *Chaetosiphon Fragaefolii* (Cockerell) (Hemiptera: Aphididae). **EntomoBrasilis**, v. 11, n. 3, p. 216-19, 2018.

HOFFMANN-CAMPO, C. B.; GRAÇA, J. P. da. O papel dos metabólitos secundários na resistência de plantas a insetos. In: BALDIN, E. L. L.; VENDRAMIN, J. D.; LOURENÇÃO, A. L. (Ed.). **Resistência de plantas a insetos: Fundamentos e aplicações**. p. 99-126. Piracicaba, São Paulo, 2019

ISMAN, M. B. Plant essential oils for pest and disease management. **Crop Protection**, v. 19, p. 603-608, 2000. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/s0261-2194\(00\)00079-x](http://dx.doi.org/10.1016/s0261-2194(00)00079-x)

ISMAN, M. B.; GRIENEISEN, M. L. Botanical insecticide research: many publications, limited usefull data. **Trends Plant Sci.**, v. 19, pp. 140-145, 2014. DOI: 10.1016/j.tplants.2013.11.005

ISMAN, M. B. Bioinsecticides based on plant essential oils: A short overview. **Zeitschrift fur Naturforschung - Section C Journal of Biosciences**, v. 75, n. 78, p. 179–182, 2020.

JAYAKUMAR, M.; ARIVOLI, S.; RAVEEN, R.; TENNYSON, S. Repellent activity and fumigant toxicity of a few plant oils against the adult rice weevil *Sitophilus oryzae* Linnaeus 1763 (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of entomology and zoology studies**, v. 5, n. 2,

p. 324–335, 2017.

KARLEC, F.; DUARTE, A. F.; OLIVEIRA, A. C. B. de.; CUNHA, U. S da. Development of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) in different strawberry cultivars. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, p. 1-8, 2016.

KHANI, M.; MAROUF, A.; AMINI, S.; et al. Efficacy of Three Herbal Essential Oils Against Rice Weevil, *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Essential Oil-Bearing Plants**, v. 20, n. 4, p. 937–950, 2017.

KIRAN, S.; PRAKASH, B. Toxicity and biochemical efficacy of chemically characterized *Rosmarinus officinalis* essential oil against *Sitophilus oryzae* and *Oryzaephilus surinamensis*. **Industrial Crops and Products**, v. 74, p. 817–823, Elsevier B.V. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.05.073>

KUHN, T. M. de A.; LOECK, A. E.; ZAWADNEAK, M. A. C.; GARCIA, M. S.; BOTTON, M. Parâmetros Biológicos E Tabela De Vida De Fertilidade De *Neopamera Bilobata* (Hemiptera: Rhyparochromidae) Em Morangueiro. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 49, n. 6, p. 422-27, 2014.

KUMAR, P.; MISHRA, S.; MALIK, A.; SATYA, S. Insecticidal properties of Mentha species: A review. **Industrial Crops and Products**, v. 34, n. 1, p. 802–817, Elsevier B.V. 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.02.019>

LAHIRI, L.; SMITH, H. A.; MIDHULA GIREESH, M.; GAGANDEEP KAUR, G.; MONTEMAYOR, J. D. Arthropod Pest Management in Strawberry. **Insects** (Basel, Switzerland), v. 1, n. 5 p. 475, 2022.

LANDAL, M. C. T.; BACH, R. P.; GOMES, S. R.; MARCOS BOTTON, M.; ZAWADNEAK, M. A. C. Terrestrial Gastropods as *Fragaria X Ananassa* Pests in Southern Brazil: Morphological Identification/Gastropodes Terrestres Como Pragas Do Cultivo De *Fragaria X Ananassa* No Sul Do Brasil: Identificacao Morfológica. **Ciência Rural**, V. 49, N. 3, 2019.

LARA, F. M. Princípios de resistência de plantas a insetos. **Ícone**, São Paulo, 336 p, 1991.

LOPES, U. P.; ZAMBOLIM, L.; CAPOBIANGO, N. P.; GRACIA, N. A. O.; FREITAS-LOPES, R. L. Resistance of *Botrytis Cinerea* to Fungicides Controlling Gray Mold on Strawberry in Brazil. **Bragantia**, v. 76, n. 2, p. 266-72, 2017.

LOURENÇÃO, G. J. M.; PASSOS, F. A.; AMBROSANO, G. M. B.; SILVA, L. V. F. Resistência de morangueiros a *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). **An. Soc. Entomol. Bras.**, v. 29, p. 339-34, 2000.

MAEDEH, M.; HAMZEH, I.; HOSSEIN, D.; MAJID, A.; REZA, R. K. Bioactivity of essential oil from *Satureja hortensis* (Laminaceae) against three stored-product insect species. **African Journal of Biotechnology**, v. 10, n. 1, p. 6620–6627, 2011.

MERTENS, D.; BOBADILLA, M. H. de; RUSMAN, Q.; BLOEM, J.; DOUMA, J. C.; ERIK, H. Poelman Plant defence to sequential attack is adapted to prevalent herbivores. **Nature Plants**, v. 7, p. 1347–1353, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41477-021-00999-7>.

MUSAQAF, N.; SIGSGAARD, L.; MARKUSSEN, B.O.; STENBERG, J. A. Effects of Strawberry Resistance and Genotypic Diversity on Aphids and Their Natural Enemies. **Biological Control**, V. 170, 2022.

NENAAH, G. E. Chemical composition, toxicity and growth inhibitory activities of essential oils of three *Achillea* species and their nano-emulsions against *Tribolium castaneum* (Herbst). **Industrial Crops and Products**, v. 53, p. 252–260, Elsevier B.V. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.12.042>

NONDILLO, A.; REDAELLI, L. R.; PINENT, S. M. J.; BOTTON, M. Biologia E Tabela De Vida De Fertilidade De *Frankliniella Occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera, Thripidae) Em Morangueiro. **Revista Brasileira De Entomologia**, v. 53, n. 4, p. 679-83, 2009.

OBOH, G.; ADEMOSUN, A. O.; OLUMUYIWA, T. A.; OLASEHINDE, T. A.; ADEMILUYI, A. O.; ADENIKE C. ADEYEMO, A. C. Insecticidal activity of essential oil from orange peels (*Citrus sinensis*) against *Tribolium confusum*, *Callosobruchus maculatus* and *Sitophilus oryzae* and its inhibitory effects on acetylcholinesterase and Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>-ATPase activities. **Phytoparasitica**, v. 45, n. 4, p. 501–508, 2017.

OGENDO, J. O.; KOSTYUKOVSKY, M.; RAVID, U.; MATASYOH, J. C.; DENG, A. L.; OMOLO, E. O.; KARIUKI, S.T.; SHAAYA, E. Bioactivity of *Ocimum gratissimum* L. oil and two of its constituents against five insect pests attacking stored food products. **Journal of Stored Products Research**, v. 44, p. 328– 334, 2008.

OLIVEIRA, R. P. de; SCIVITTARO, W. B. Produção De Frutos De Morango Em Função De Diferentes Períodos De Vernalização Das Mudanças. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 1, p. 91-95, 2009.

OLIVEIRA, R. P. de; SCIVITTARO, W. B.; ROCHA, P. S. G. da. Produção De Cultivares De Morango, Utilizando Túnel Baixo Em Pelotas. **Revista Ceres**, v. 58, n. 5, p. 625-31, 2011.

OLIVEIRA, A. P.; SANTOS, A. A.; SANTANA, A. S.; LIMA, A. P. S.; MELO, C. R.; SANTANA, E. D. R.; SAMPAIO, T. S.; BLANK, A. F.; ARAÚJO, A. P. A.; CRISTALDO, P. F.; BACCI, L. Essential oil of *Lippia sidoides* and its major compound thymol: Toxicity and walking response of populations of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Crop Protection**, v. 112, p. 33–38, Elsevier, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.05.011>

OLIVEIRA, A. C. B. DE; ANTUNES, L. E. C. MELHORAMENTO GENÉTICO E PRINCIPAIS CULTIVARES. In: ANTUNES, L. E.C.; C. REISSER JÚNIOR, C.; SCHWENGBER, J. E. (Ed.). **Morangueiro**. Brasília, DF: Embrapa, p. 133-147, 2016.

PAINTER, R. H. **Insect resistance in crops plants**. London: University of Kansas, 1951.

PARANÁ. Agência Estadual de Notícias. **Com foco no aumento da produtividade, Paraná lança Rede Morangos do Brasil.** 2022. Disponível em: <https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Com-foco-no-aumento-da-produtividade-Parana-lanca-Rede-Morangos-do-Brasil>. Acesso em: 10 jun. 2022.

PARRA, J. R. P.; PINTO, A. de S.; NAVA, D. E.; OLIVEIRA, R. C. de; DINIZ, A. J. F. Conceitos e evolução do controle biológico. In: PARRA, J. R. P.; PINTO, A. de S.; NAVA, D. E.; OLIVEIRA, R. C. de; DINIZ, A. J. F. (Ed.). **Controle Biológico com parasitoides e predadores na agricultura brasileira.** Piracicaba: FEALQ, p. 17-38, 2021.

PEIXOTO, M. G.; BACCI, L.; FITZGERALD BLANK, A.; ARAÚJO, A. P. A.; ALVES, P. B.; SILVA, J. H. S.; SANTOS, A. A.; OLIVEIRA, A. P. COSTA, A. S. da; ARRIGONI-BLANK, M. de F. Toxicity and repellency of essential oils of *Lippia alba* chemotypes and their major monoterpenes against stored grain insects. **Industrial Crops and Products**, v. 71, p. 31–36, Elsevier B.V, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.03.084>

PENTEADO, S. DO. R. C.; OLIVEIRA, E. B. DE; LAZZARI, S. M. N. TabVida: sistema computacional para cálculo de parâmetros biológicos e de crescimento populacional de afídeos [recurso eletrônico]. Dados eletrônicos. - Colombo: Embrapa Florestas, p. 1-30, 2010.

PERCZAK, A.; GWIAZDOWSKA, D.; MARCHWIŃSKA, K.; JUŚ, K.; GWIAZDOWSKI, R.; WAŚKIEWICZ, A. Antifungal activity of selected essential oils against *Fusarium culmorum* and *F. graminearum* and their secondary metabolites in wheat seeds. **Archives of Microbiology**, v. 201, n. 8, p. 1085–1097, Springer Berlin Heidelberg, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00203-019-01673-5>

PETRUCCI, K. P. de O. S.; PRATISSOLI, D.; DAMASCENA, A. P.; ARAUJO JUNIOR, L. M. de; CARVALHO, J. R. de; RODRIGUES, H. de S.; BUENO, R. C. O. de F. Susceptibility of *Duponchelia fovealis* zeller (Lepidoptera: Crambidae) to *Bacillus thuringiensis* berliner (Bacillaceae). **Nucleus**, v. 17, n. 1 p. 293-304, 2020.

PINENT, S. M. J.; NONDILLO, A.; BOTTON, M.; REDAELLI, L. R.; PINENT, C. E. DA C. Species of Thrips (Insecta, Thysanoptera) in Two Strawberry Production Systems in Rio Grande Do Sul State, Brazil. **Revista Brasileira De Entomologia**, v. 55, n. 3, p. 419-23, 2011.

PIROVANI, V. D. **Métodos de manejo para *Duponchelia fovealis* zeller (Lepidoptera: Crambidae) na cultura do morangueiro.** Orientador: Prof. Dr. Dirceu Pratisoli. (Doutorado em Produção Vegetal, na área de concentração Fitossanidade, linha Entomologia) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Espírito Santo, ES, Brasil, 113 p. 2015.

PIROVANI, V.; PRATISSOLI, D.; CARVALHO, J.; ALEGRE, L. **Manejo de Pragas para Cultura do Morangueiro: sem resíduo de agrotóxicos.** 2015. Centro de Ciências Agrárias, UFES, 2015. 64p. (Série Técnica / NUDEMAFI). DOI: 10.13140/RG.2.1.3987.7364.

PIROVANI, V. D.; PRATISSOLI, D.; TIBÚRCIO, M. O.; CARVALHO, J. R. de; DAMASCENA, A. P.; FARIA, L. V. *Trichogramma Galloi* and *Trichogramma Pretiosum* for the Management of *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) in Strawberry Plants. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 52, n. 8, p. 690-93, 2017.

PIZZAMIGLIO-GUTIERREZ, M. A. Interação inseto-planta. In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. (Ed.). **Bioecologia e nutrição dos insetos: bases para o manejo integrado de pragas**. Brasília, DF: Embrapa, Informação Tecnológica, p. 211-249, 2009.

PORSANI, M. V.; POITEVIN, C. G.; TRALAMAZZA, S. M.; SOUZA, M. T. de; SOUZA, M. T. de; SILVA, E. D. B. da; ZAWADNEAK, M. A. C.; PIMENTEL, I. C.; MELO, I. S. de. *Streptomyces* Spp. Isolated from Marine and Caatinga Biomes in Brazil for the Biological Control of *Duponchelia fovealis*. **Neotropical Entomology**, v. 51, n. 2, p. 299-310, 2022.

PRASANNA, B. M.; BRUCE, A.; BEYENE, Y.; MAKUMBI, D.; MANJE GOWDA, M.; ASIM, M.; MARTINELLI, S.; HEAD, G. P.; PARIMI, S. Host plant resistance for fall armyworm management in maize: relevance, status and prospects in Africa and Asia. **Theoretical and Applied Genetics**. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00122-022-04073-4>.

RESENDE, J. T. V. de; LIMA FILHO, R. B. de; RIBEIRO, L. K.; CORRÊA, J. V. W.; MACIEL, C. D. de G.; YOUSSEF, K. Strawberry Genotypes with Resistance to *Tetranychus Urticae* Mediated by Leaf Trichomes. **Ciência E Agrotecnologia**, v. 44, 2020.

RODRIGUES, R.; PIMENTEL, I. C.; ZAWADNEAK, M. A. C.; POLTRONIERI, A. S.; JARAS, L. I. Seletividade De Inseticidas Reguladores De Crescimento E Botânico No Parasitismo De Três Espécies De *Trichogramma* Em Ovos De *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae). **EntomoBrasilis**, v. 10, n. 1, p. 26-32, 2017.

SAEIDI, K.; PEZHMAN, H. Insecticidal Activity of Four Plant Essential Oils against Two Stored Product Beetles. **Entomology, Ornithology & Herpetology: Current Research**, v. 07, n. 03, p. 3–7, 2018. Disponível em: <<https://www.omicsonline.org/open-access/insecticidal-activity-of-four-plant-essential-oils-against-two-stored-product-beetles-2161-0983-1000213-103609.html>>.

SANTOS, F. M.; CARVALHO, J. R.; PRATISSOLI, D.; BUENO, R. C.; PIROVANI, V. D.; RODRIGUES, H.S. Toxicity of Insecticides in *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae), a new pest in Brazil under laboratory conditions. **Journal of Experimental Agriculture**. Int. v. 39, p. 1–7, 2019. DOI: <https://doi.org/10.9734/jeai/2019/v39i530344>.

SCHEUNEMANN, T.; MANICA-BERTO, R.; NÖRNBERG, S. D.; GONÇALVES, R. DA S.; GRÜTZMACHER, A. D.; NAVA, D. E. Biology and Fertility Life Tables for *Palpita forficifera* (Lepidoptera: Crambidae) Reared on Three Olive Cultivars and Privet. **Journal of Economic Entomology**, v. 112, n. 1, p. 450-56, 2018.

SCHWENGBER, J. E.; MARTINS, D. DE S.; STRASSBURGER, A. S.; WATTHIER, M. Produção de base ecológica. In: ANTUNES, L. E.C.; C. REISSER JÚNIOR, C.; SCHWENGBER, J. E. (Ed.). **Morangueiro**. Brasília, DF: Embrapa, p. 343-360, 2016.

SILVA, F. A. C. da; PANIZZI, A. R. Interações inseto-planta. In: BALDIN, E. L. L.; VENDRAMIN, J. D.; LOURENÇÃO, A. L. (Ed.). **Resistência de plantas a insetos: fundamentos e aplicações**. Fundação de Estudos Agrários, Piracicaba, São Paulo, p. 65-98, 2019.

SILVA, B. E. A.; CANDIDO, W. S. C.; COSTA, M. L.; SMANIOTTO, A. O.; MAIA, J. P.; GIELFI F. S.; REIS, E. F. Characterization of inbred corn lineages for resistance to the fall armyworm based on non-feeding preference and antibiosis. **Genet. Mol. Res.**, v. 19, n. 4, 2020. GMR18446. DOI: <https://doi.org/10.4238/gmr18446>

SMITH, C. M. Plant Resistance to Arthropods: Molecular and Conventional Approaches. **Springer, Berlin**, 423 p., 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/1-4020-3702-3>.

SOUZA, M. T. de; SOUZA, M. T. de; IVANKIO, L. B. D.; DURAU, B. C.; MALESKI, L. T.; ZAWADNEAK, M. A. C. First Record of *Heliothrips Haemorrhoidalis* (Thysanoptera: Thripidae) Causing Damage on Greenhouse Strawberries. **Florida Entomologist**, v. 102, n. 3 p. 651-53, 2019.

SOUZA, M.T. de, SOUZA, M.T. de; ZAWADNEAK, M.A.C. Biology and life table parameters of the *Heliothrips haemorrhoidalis* on strawberries. **Phytoparasitica**, v. 50, p. 35–41, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12600-021-00943-7>

SOUZA, D. P.; PIMENTEL, R. B. Q.; SANTOS, A. S.; ALBUQUERQUE, P. M.; FERNANDES, A. V.; JUNIOIR, S. D.; OLIVEIRA, J. T. A.; RAMOS, M. V.; RATHINASABAPATHI, B.; GONÇALVES, J. F. C. Fungicidal properties and insights on the mechanisms of the action of volatile oils from Amazonian Aniba trees. **Industrial Crops and Products**, v. 143, Elsevier, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111914>

SOUZA, B. H. S.; COSTA, E. N.; RIBEIRO, Z. A.; PERLATTI, B.; CRUZ, M. C. P.; FORIM, M. R.; BOIÇA JÚNIOR, A. L.; STOUT, M. J. Soybean leaf age and plant stage influence expression of resistance to velvetbean caterpillar and fall armyworm. **Chemoecology**, v. 31, p. 377–390, 2021.

SOUZA, J. C.; SILVA, R. A; SILVEIRA, E. C.; ABREU, F. A.; TOLEDO, M. A. Ocorrência de nova praga nas lavouras de morango no Sul de Minas. EPAMIG. Circular Técnica n.180, p.1-5, 2013.

STOCKS, S. D.; HODGES, A. **European Pepper Moth or Southern European Marsh Pyralid *Duponchelia fovealis* (Zeller)**. 2014. Disponível em: <http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/IN/IN91000.pdf>>. Acesso em: 12 Jun. 2022.

STUART, A.K.C.; FURUIE, J.L.; ZAWADNEAK, M.A.C.; PIMENTEL, I.C. Increased mortality of the European Pepper Moth *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) using entomopathogenic fungi consortia. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 177, p.107-503, 2020.

UPADHYAY, N.; DWIVEDY, A. K.; KUMAR, M.; PRAKASH, B.; DUBEY, N. K. Essential Oils as Eco-friendly Alternatives to Synthetic Pesticides for the Control of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). **Journal of Essential Oil-Bearing Plants**, v. 21, n. 2, p. 282–297, 2018.

VAN LENTEREN, J. C.; BOLCKMANS, K.; KOHL, J.; RAVENSBERG, W. J.; URBANEJA, A. Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. **BioControl**, v. 63, p. 39–59, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10526-017-9801-4>.

VENDRAMIM, J. D.; GUZZO, E. C. Resistência de plantas e a bioecologia e nutrição dos insetos. In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. (Ed.). **Bioecologia e nutrição dos insetos: bases para o manejo integrado de pragas**. Brasília, DF: Embrapa, Informação Tecnológica, P. 1055-1105, 2009.

VENDRAMIN, J. D.; GUZZO, E. C.; RIBEIRO L. P. Antibiose. In: BALDIN, E. L. L.; VENDRAMIN, J. D.; LOURENÇÃO, A. L. (Ed.). **Resistência de plantas a insetos: fundamentos e aplicações**. Fundação de Estudos Agrários, Piracicaba, São Paulo, p. 185-224, 2019.

WANG, K.; LIAO, Y.; XIONG, Q.; KAN, J.; CAO, S.; ZHENG, Y. Induction of Direct or Priming Resistance against *Botrytis cinerea* in Strawberries by  $\beta$ -Aminobutyric Acid and Their Effects on Sucrose Metabolism. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 64, n. 2, p. 5855-865, 2016.

WAQUIL, J. M.; LOPES, J. R. S.; MARTINS, J. F. da S.; VIANA, P. A.; MALUTA, N. K. P. In: BALDIN, E. L. L.; VENDRAMIN, J. D.; LOURENÇÃO, A. L. (Ed.). **Resistência de plantas a insetos: fundamentos e aplicações**. Fundação de Estudos Agrários, Piracicaba, São Paulo, p. 255-322, 2019.

WURZ, D. A.; DUBIELA, R. C.; NUNES, H. F. Perfil socioeconômico de produtores de morango no município de canoinhas – santa catarina. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 21, n. 3, p. 1-16, 2019. DOI: 10.30945/rcr-v21i3.2721.

ZAWADNEAK, M. A. C.; GONCALVES, R. B.; KUHN, T. M.; ARAUJO, E.; DOLCI, E.; SILVA ROCHA, C.; SANTOS, B.; BENATTO, A.; VIDAL, H. R. **Novo desafio. Cultivar HF** 8/9, p. 24-26, 2011.

ZAWADNEAK, M. A. C.; GONÇALVES, R. B.; BISCHOFF, A. M. **Duponchelia fovealis (Zeller) (Lepidoptera: Crambidae): nova praga no Brasil**. Curitiba: M.A.C. Zawadneak, 15 p. 2014.

ZAWADNEAK, M.A.C.; VIDAL, H. R.; SANTOS, B. Lagarta-da-coroa, *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae). In: VILELA, E.; ZUCCHI, R. A. (Ed.). **Pragas introduzidas: insetos e ácaros**. Piracicaba, ESALQ/ FEALQ, p. 216-231, 2015.

ZAWADNEAK, M. A. C.; GONÇALVES, R. B.; PIMENTEL, I. C.; SCHUBER, J. M.; SANTOS, B.; POLTRONIERI, A. S.; SOLIS, A. M. First Record of *Duponchelia fovealis*

(Lepidoptera: Crambidae) in South America. **Idesia**, v. 34, n. 3, p. 91-95, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292016000300011>.

ZAWADNEAK, M. A. C.; M. BOTTON, M.; SCHUBER, J. M.; SANTOS, B.; H. R. E VIDAL, H.R.E.; BERNARDI, D. Pragas do Morangueiro. In: ZAWADNEAK, M. A. C. SCHUBER, J. M.; MOGOR, A. F. (Eds.). **Como produzir morangos**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, p. 101-145, 2018.

ZAWADNEAK, M.A.C.; REINHART, V.; DA ROSA, J.M.; SOUZA, M.T. de; SOUZA, M.T.de. **Manejo integrado de pragas do morangueiro**. Caderno de Campo. Curitiba, SENAR AR/PR, 124p., 2020.

ZAWADNEAK, M. A. C.; JARAS, L.; SILVEIRA, R. R. da; PIMENTEL, I. C.; BERNARDI, D.; RIBEIRO. L. do P. Growth Inhibitory Action of Acetogenin-rich Formulated Extracts against *Duponchelia fovealis*. **Ciência Rural**, v. 52, n. 11, 2022.

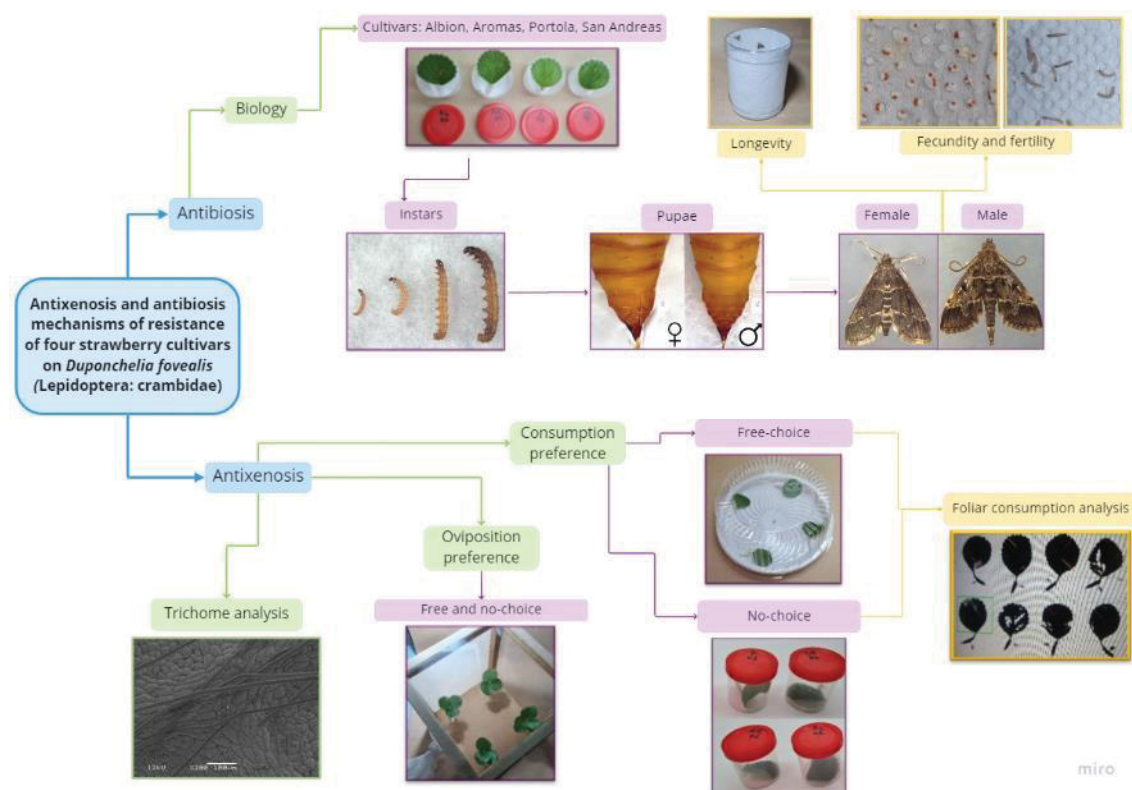
### 3 CAPÍTULO 1 - ANTIXENOSIS AND ANTIBIOSIS RESISTANCE MECHANISMS OF FOUR STRAWBERRY CULTIVARS IN RESPONSE TO THE ATTACK OF *Duponchelia fovealis* (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE)<sup>1</sup>

Adelia M Bischoff<sup>1</sup>, Emily S Araujo<sup>1</sup>, Alessandra Benatto<sup>1</sup>, Rubens C Zimmermann<sup>1</sup>, Marcia C H de Oliveira<sup>1</sup>, Joatan M da Rosa<sup>1</sup>, Daniel Bernardi<sup>2</sup>, Maria A C Zawadneak<sup>1</sup>

Short Title: *Duponchelia fovealis* on strawberry cultivars

<sup>1</sup> Postgraduate Program in Agronomy, Department of Phytotechnology and Plant Health, Federal University of Paraná, Curitiba, Paraná, Brazil

<sup>2</sup> Postgraduate Program in Plant Health, Federal University of Pelotas, Pelotas, Rio Grande do Sul, State, Brazil



This study aimed to determine the resistance of four strawberry cultivars (Albion, Aromas, Portola, and San Andreas) to the European pepper moth *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae).

<sup>1</sup> Artigo formatado para a revista Pest management Science submetido em abril de 2022.

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** European pepper moth, *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae), is an invasive polyphagous pest that causes economic losses in strawberry production. In this context, this study assesses the preference and performance responses of *D. fovealis* on four strawberry cultivars (Albion, Aromas, Portola, and San Andreas) and an artificial diet to determine their resistance mechanisms against this pest.

**RESULTS:** *Duponchelia fovealis* completed its cycle in the four strawberry cultivars, although with differences in development and reproduction. Larval stage was longer in ‘Albion’ ( $27.00 \pm 0.37$  days). The lowest pupae weights were recorded for males in ‘San Andreas’ ( $24.3 \pm 0.4$  mg) and for females in ‘Portola’ ( $27.3 \pm 0.4$  mg). The lowest longevity of females was observed under ‘Aromas’ ( $11.14 \pm 1.44$  days). ‘Albion’ ( $150.2 \pm 4.83$ ), ‘Aromas’ ( $178.0 \pm 16.27$ ) and ‘Portola’ ( $164.5 \pm 13.20$ ) influenced negatively *D. fovealis* development, as suggested by their net reproductive rates. Approximately a third of the larvae fed with leaves presented an additional instar (sixth instar), whereas those fed on the artificial diet only had five instars. The highest foliar consumption was observed in ‘Albion’ ( $6.37 \pm 0.82$  %). In no-choice test of oviposition preference, one of the lowest averages of oviposition occurred in ‘Albion’ ( $7.83 \pm 1.85$  eggs/leaf), which had the highest number of glandular trichomes ( $28.87 \pm 1.99$  trichomes).

**CONCLUSION:** Evidence of antibiosis resistance were observed in the Albion, Aromas, and Portola strawberry cultivars, while evidence of antixenosis resistance was detected in ‘Albion’. This is the first report of resistance of four strawberry cultivars to *D. fovealis*.

**Keywords:** *Fragraria × ananassa*; host plant resistance; European Pepper moth; Integrated Pest Management; plant defense.

### 3.1 INTRODUCTION

Strawberry (*Fragaria × ananassa*, (Weston) Duchesne) is one of the most economically important berry fruits and it is consumed worldwide for its nutrients and pleasant flavor. It is commercially cultivated in 76 countries, with USA, Mexico, Turkey, and Spain being the ones with the highest production.<sup>1</sup> Strawberry planted area in Brazil is approximately 5.279 hectares, yielding an estimated production of 218.881 tons per year.<sup>2</sup> The Brazilian strawberry production has been increasing over the last three decades, reaching significant social and economic importance.<sup>3,4</sup>

Mites and insect pest incidence causes significant yield losses of strawberry fruits, both in terms of quantity and quality.<sup>4</sup> To reduce these problems, pesticides are frequently applied during the cultivation period. The risks regarding the use of pesticides are a growing concern for farmers, traders, and consumers worldwide, mainly since strawberry is mainly consumed fresh and because pesticides can cause a negative impact for beneficial arthropods,<sup>5</sup> leading to more restricted regulations. Therefore, research of sustainable alternatives for insect pest control is increasing, such as biological control using parasitoids, predators, and entomopathogenic fungi.<sup>4,5,6,7,8</sup> However, there is a lack of studies on the potential mechanisms of resistance that strawberry plants may have to cope with pest attacks.

One of the most significant pests that affect strawberry in South America is the European Pepper moth, *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae),<sup>5,7</sup> which is present in Europe, Asia, Africa, Mexico, North and South America.<sup>9,10</sup> *Duponchelia fovealis* is polyphagous, with more than 35 known host plants,<sup>10,11</sup> and is considered a key pest of strawberries in Portugal, Italy, France, Turkey, and Brazil.<sup>12,13,14</sup> *Duponchelia fovealis* deposits its eggs on the host plant, usually in the abaxial leaf parts, or in the soil next to the plants.<sup>14</sup> The larvae of this species preferentially feed on the basal leaves of strawberries, as they are located close to moist soil,<sup>14</sup> although they can feed on buds, flowers, green and ripen fruits, being also a facultative stem borer of this plant.<sup>9</sup> These damages inflicted to the strawberry crown and fruits provide entry points for pathogenic microorganisms, increasing the risk of crop losses.<sup>9</sup>

Currently, no authorized biological or chemical pesticides are available in Brazil to control *D. fovealis*.<sup>15</sup> In this sense, the use of strawberry cultivars resistant to the attacks of this lepidoptera, may provide significant economic benefits to global agriculture and environment, such as reducing pesticide sprayings.<sup>16</sup> Plant resistance is categorized in

tolerance, antixenosis, and antibiosis.<sup>16</sup> Tolerance is defined as the ability of the plant to withstand or recover from arthropod damage. Antixenosis describes the non-preferential reaction of an arthropod to a given plant species or cultivar, as determined in choice bioassays. Antibiosis reactions occur when an arthropod feed on a given plant and this causes adverse effects on the insect's life-cycle traits, such as survivability, lifespan, longevity, and fertility.<sup>16</sup> Thus, plant resistance by antibiosis can be determined in life-table bioassays. Each type of resistance is determined by specific mechanisms, which are intrinsic to each plant species. The mechanisms can be physical (barriers) or chemical. Morphologic aspects of the plant, such as the presence of trichomes, could be considered physical, as well chemical, according to the type of trichomes.<sup>17</sup>

Previous investigations reported evidence of resistance of strawberry cultivars against *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) and *Chaetosiphon fragaefolii* (Cockerell) (Homoptera: Pemphigidae).<sup>18,19,20,21,22</sup> Even though the European Pepper moth is a key-pest, the potential use of strawberry cultivar resistance for controlling or reducing the damages caused by this pest has not been addressed yet. In this context, the current study aimed to assess the preference and performance responses of *D. fovealis* to four strawberry cultivars to evaluate their potential resistance to the European Pepper moth.

## 3.2 MATERIALS AND METHODS

### 3.2.1 Insect collection and rearing

*Duponchelia fovealis* were obtained from a laboratory colony (Universidade Federal do Paraná Curitiba, Paraná, Brazil) established from wild locally collected insects and reared, according to the methodology proposed by Zawadneak et al.,<sup>23</sup> at  $25 \pm 2$  °C,  $70 \pm 10\%$  Relative Humidity, and 14 L: 10D photoperiod. Adults were kept in plastic cages (15 cm × 15 cm × 12.5 cm) and fed on a nutritional solution consisting of 0.5 g nipagin, 0.5 g sorbic acid, 30.0 g sugar, 10 mL honey, 170 mL beer (4.5 % of alcohol content) and 500 mL distilled water. The walls of the cages were wrapped with a paper towel for egg deposition. Strips of paper towels containing eggs were then placed in sterile, vented, plastic containers (7 cm × 4 cm × 4.5 cm). Larvae were fed on an artificial diet consisting of seeds of *Phaseolus vulgaris* L. carioca cultivar (65 g), wheat germ (50 g), textured soy protein (25 g), casein (25 g), beer yeast (31 g), bacteriological grade agar (20 g), ascorbic acid (3 g), sorbic acid (1.5

g), methylparaben-nipagin (2.5 g), tetracycline (0.14 g), 30% formaldehyde (3 mL), Vanderzant vitamin mixture (8 mL) and distilled water (1000 mL), to which V8® vegetable juice (50 mL) was added as a phagostimulant.<sup>23</sup> Pupae were transferred to sterile Petri dishes (15 cm × 2 cm) with moist filter paper until adult emergence.

### 3.2.2 Plant material

Seedlings of the 'Albion', 'Aromas', 'Portola', and 'San Andreas' strawberry cultivars from Chile (Bioagro Agropecuaria Ltda, Araucaria, PR, BR) were used in this study. Plants were grown on beds in a protected environment using a high tunnel structure in the Municipality of Pinhais, Paraná State, Brazil (25°25' S, 49°08' W, 930 m above sea level). All the recommended agricultural practices for organic cultivation were followed, with no pesticide applications throughout the study period.

The leaves used in the bioassays were always harvested in the morning, then sanitized with sodium hypochlorite (2 %) and distilled water. After removing moisture excess, they were kept at 5 °C in a refrigerator during the preparation of the bioassays (approximately 5 hours).

### 3.2.3 Antibiosis resistance assessment

#### 3.2.3.1 Biological Parameters

Sixty neonate larvae (< 24 h of age) from stock breeding were used to assess the biological parameters of *D. fovealis*. Each larvae was considered a repetition. Freshly harvested leaves (one per cultivar) were placed in polypropylene containers (80 mL) with a lid, and the bottom of the containers were wrapped with paper towels (Figure 1). Leaves were substituted for new ones every other day. For the artificial diet, the larvae were individualized in flat-bottomed glass tubes (8.5 cm in height × 2.5 cm in diameter), containing 2 mL of diet, and covered with sterile cotton. One neonate was kept individually in each container either on the host plant leaf or on diet to avoid cannibalism. Larvae were observed daily until pupation.

The progress of metamorphosis in the larval stage was assessed by observations of the molded head capsules. The pre-pupal phase was characterized when a shortening and

wrinkling behavior of the body was observed, in addition to the fabrication of a web for the construction of the cocoon.<sup>9</sup>

The pupae were collected and kept in separate plastic containers with internal walls wrapped with paper towel. Pupae were sexed and weighed 24 hours after emergence.<sup>24</sup> Newly emerged adults were transferred to polypropylene cages (10 x 10 cm), forming couples up to 48 h of age. The internal walls were covered with paper towels to serve as a substrate for oviposition. A moistened cotton wool was provided as a source of water and a nutritional solution consisting of nipagin (0.5 g), sorbic acid (0.5 g), sugar (30 g), beer (170 mL), and distilled water (500 mL) as food. The adults were daily monitored, and the numbers of eggs oviposited were recorded. The experiment was conducted under controlled conditions ( $25 \pm 2$  °C,  $70 \pm 10\%$  RH, and L14:D10 h).

The biological parameters evaluated were duration (days) and viability (%) of larval and pupal stages; number of instars; weight (mg) of pupae at 24 h of age; sex ratio (sr = number of females/number of females + number of males); adult longevity, pre-oviposition, oviposition, post-oviposition periods (days) and daily and total fecundity

### 3.2.3.2 Life and Fertility table

From the biological parameters of *D. fovealis*, life and fertility tables were constructed.<sup>25,26,27</sup> Based on the information condensed in the life and fertility tables, the following indices were estimated for each treatment: the maximum rate (mr) of increase achieved by a population with a fixed age distribution, over any timespan, under optimum space and feeding conditions, and without the influence of other factors;<sup>28</sup> the mean interval between generations (T) that represents the average time between the oviposition of one generation and the oviposition of the next generation; the net reproductive rate (Ro), which is the total of female offspring per female during the reproduction period, that arrive to the next generation; the finite rate of increase, ( $\lambda$ ), which is the number of times that the population multiplies in a given time. The number of generations per year was obtained by dividing T to 365 days.

### 3.2.4 Assessing antixenosis resistance

#### 3.2.4.1 Foliar consumption of *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) larvae in strawberry cultivars

The experiment to evaluate the foliar consumption of third instar larvae of *D. fovealis* in strawberry cultivars was carried out in a completely randomized design with four cultivars ('Albion', 'Aromas', 'Portola, and 'San Andreas') with fifty replications each. Strawberry leaves were sanitized with hypochlorite (2%) and distilled water, individually tagged and images were taken with the aid of a WinRHIZO Pro 2003a system, coupled to a professional Epson XL 11000 scanner. The end of the petiole was covered with cotton moistened with distilled water to maintain the turgidity of the leaves.

In the free-choice experiment, the repetition consisted of a leaf of each cultivar, placed in a circular arena (20 cm Ø x 10 cm height), equidistant from each other and from the center (Figure 1). After 36 hours, the leaves were scanned again to assess foliar consumption.

In the no-choice experiment, a leaf of each cultivar, after being scanned, was individualized in a polypropylene bottle (80 mL) in which a third instar larva was placed. After 36 hours, the larvae were removed, and the leaves were scanned again to assess foliar consumption.

To estimate leaf moisture loss, 50 leaves (free of injuries, without the presence of caterpillars) of each cultivar were scanned using the scanner LA 1600 to determine the initial ( $I_a$ ) and final area ( $F_a$ , after 36 hours) ( $F_a$ , after 36 hours). Then, foliar consumption was calculated using the following equation: Consumption =  $I_a - F_a - M$ . Where M is the average leaf moisture loss for a given cultivar.

#### 3.2.4.2 Free choice and no-choice oviposition preference bioassay

For both free choice and no-choice oviposition preference bioassay, a wooden, glass and voile fabric cages (0.30 × 0.30 × 0.30 m) were used to assess oviposition preference. As substrate for oviposition, Albion, Aromas, Portola and San Andreas (hosts) leaves were used. As a sample unit, a newly expanded leaf fixed in a glass container (15 mL) was considered, with distilled water to maintain turgidity. The four containers with leaves were distributed equidistantly and randomly inside the cage with a distance between them of 20 cm. In the case of the free-choice bioassay, one leaf of each strawberry cultivar per cage were used,

whereas for the no-choice bioassay, four leaves of the same strawberry cultivar were used per cage.

A couple of *D. fovealis* adults, aged up to 24 h, were released in the center of the cage, remaining there for 48 h. After this period, the total number of eggs in each sample unit was counted. We used 15 *D. fovealis* couples per treatment, each being considered one replication. Therefore, in the non-choice bioassay, a total of 60 *D. fovealis* couples were used.

#### 3.2.4.3 Determination of density of glandular and non-glandular trichomes

The determination of the density of glandular and non-glandular trichomes on the leaf surface of the cultivars was performed by obtaining images using a JSM 6360-LV (Jeol LTD, Tokyo, Japan) Electron Microscope (SEM). Sections of 16 mm<sup>2</sup> were obtained from samples of fully expanded strawberry leaflets. Each leaflet was considered a sample. Four replications were used, each consisting of four samples, amounting 16 leaflets per cultivar.

The samples were dehydrated in an alcoholic solution (90 mL alcohol, 5 mL acetic acid and 5 mL formalin) for one week, and then dried via critical point with CO<sub>2</sub>, in a BAL-TEC CPD-030 equipment (BAL-TEC AG, Balzers, Liechtenstein). The samples were fixed on metallic supports, with double-sided copper tape and metalized with gold in SCD 030 Balzers Union FL 9496 equipment (BAL-TEC AG, Balzers, Liechtenstein). For each cultivar, the density of glandular and non-glandular trichomes on the abaxial surface of each leaf was analyzed. The count was made from the images obtained at 100× magnification, in an area of 1.7 mm<sup>2</sup>.

### 3.3 STATISTICAL ANALYSIS

Data of duration (days) of larval and pupal stages; number of instars; weight (mg) of pupae at 24 h of age; adult longevity, pre-oviposition, oviposition, post-oviposition periods (days) and daily and total fecundity (number of eggs) were checked for normality and homoscedasticity using the Shapiro-Wilk and Bartlett tests, respectively. Non-transformed data were analyzed using the Kruskal-Wallis test, followed by Dunn's post-hoc test to discern differences among each of the biological parameters evaluated. The package *Dunn.test* was used to perform these evaluations.

Generalized linear mixed models with a negative binomial distribution and a log link function were employed to assess the significance of density of trichomes and preference of oviposition on the different strawberry cultivars as independent variables, using the package *MASS*.<sup>29</sup> Means were compared with the Tukey honest significant difference (HSD) test using the *multcomp* package.<sup>30</sup> Statistical analyses were conducted in R v.3.6.2.<sup>31</sup>

Fertility life table parameters were estimated by the Jackknife method,<sup>32</sup> using Lifetable programming SAS<sup>®</sup>,<sup>33</sup> and the means compared using the two-sided t test ( $P \leq 0.05$ ) by the SAS<sup>®</sup> software.<sup>34</sup>

### 3.4 RESULTS

#### 3.4.1 Assessing antibiosis resistance

##### 3.4.1.1 Immature phase

The duration of the larval stage of *D. fovealis* (Table 1) differed significantly among cultivars (F: 20.78, df = 4, p-value <0.001), being longer in Albion ( $27.00 \pm 0.37$  days) and shorter in Aromas ( $23.15 \pm 0.27$  days). The survival of the larval stage was lower on ‘Portola’ (75 %). No significant differences were found regarding larval stage survival (F: 1.6218, df = 4, p-value: 0.1687) (Table 1).

The duration of the pupal stage for both males and females differed among cultivars. For males, ( $\chi^2 = 36.544$ , df = 4, p-value <0.001), it was shorter in Albion ( $8.52 \pm 0.29$  days), and in the artificial diet ( $9.43 \pm 0.13$  days), without statistical differences between them. For females ( $\chi^2 = 15.711$ , df = 4, p-value = 0.0034), there were significant differences among cultivars, with the shortest period occurring in Albion ( $8.60 \pm 0.28$  days) and the longest one in Aromas ( $9.91 \pm 0.23$  days) (Table 1).

Significant differences between treatments were observed in pupae weight (Table 1). For males ( $\chi^2 = 43.578$ , df = 4, p-value <0.001) and females ( $\chi^2 = 56.857$ , df = 4, p-value <0.001), the lowest pupae weights were recorded on the cultivar San Andreas for males ( $24.3 \pm 0.4$  mg) and on the Portola cultivar for females ( $27.3 \pm 0.4$  mg) (Table 1). Individuals that developed on an artificial diet had the highest pupae weight for both males ( $39.4 \pm 1.09$  mg) and females ( $38.3 \pm 0.9$  mg) (Table 1). Survival in the pupal period was lower in Portola cultivar (80%) for males and in Aromas cultivar (82.1%) for females (Table 1).

The duration of the egg-adult phase differed between the treatments evaluated (Table 1), (F: 7.6579, df=4, p-value <0.0001), being longer in the Albion cultivar ( $41.44 \pm 0.53$  days) and shorter in the diet treatment ( $39.21 \pm 0.30$  days).

In 'Albion', from the 36 individuals that passed to the pre-pupal stage, 27 had five instars and 9 had one instar more (25%). In the Aromas cultivar, out of 38 individuals, 25 had five instars and 13 had six instars (34.2%). In the Portola cultivar, out of 43 individuals, 30 had five instars and 13 had six instars (30.2%). Finally, in the San Andreas cultivar, from 42 individuals, 28 had five instars and 14 had six instars (33.3%), and on an artificial diet all individuals that reached pre-pupa stage (48) had five instars (Table 1).

#### 3.4.1.2 Adult phase

Regarding fecundity and fertility parameters, there were no significant differences among cultivars (Table 2), except for the pre-oviposition period ( $\chi^2 = 13.915$ , df = 4, p-value = 0.0076), in which the longer period, with  $1.73 \pm 0.15$  days, was observed under the artificial diet (Table 2).

In our study, the cultivars offered as developmental substrates influenced the longevity of *D. fovealis* adults. For females, 'Aromas' ( $\chi^2 = 10.9954$ , df = 4, p-value = 0.03) caused the lowest longevity ( $11.14 \pm 1.44$  days). In contrast, the greatest longevity was observed in the treatment with artificial diet ( $16.46 \pm 0.94$  days), although it did not differ from that on the San Andreas cultivar ( $14.46 \pm 1.17$  days). For males ( $\chi^2 = 27.2456$ , df = 4, p-value < 0.0001), the greatest longevity was observed under the artificial diet ( $22.05 \pm 1.40$  days). In the other treatments, no significant differences were observed (Table 2).

In this study, was obtained an egg viability higher than 80% for all the strawberry cultivars, on the other hand, the lower viability was obtained by insects reared on an artificial diet (75%). Considering the strawberry cultivars tested in this study, insects reared on 'Albion' presented the lower viability of the eggs (81.56%) (Table 2).

#### 3.4.1.3. Population growth parameters

In the life table of *D. fovealis* developing on different strawberry cultivars (Table 3), time between generations (T) showed significant differences, being higher for the cultivars Albion ( $45.9 \pm 0.16$  days), Portola ( $45.4 \pm 0.15$  days) and San Andreas ( $44.4 \pm 0.22$  days).

Considering the number of generations per year (N/year), 'Albion' had the lowest number of generations (7.95/year). The net reproduction rate ( $R_0$ ) was higher in 'San Andreas' ( $208.7 \pm 15.27$  days) and artificial diet ( $206.8 \pm 14.04$  days), and lowest in 'Albion' ( $150.2 \pm 4.83$  days), indicating that this cultivar had a negative influence on the development of *D. fovealis* (Table 3). All intrinsic growth rate ( $m_r$ ) values were positive, indicating that populations increased in all the treatments evaluated. The finite population increase ratio ( $\lambda$ ) was not significant among the evaluated cultivars (Table 3).

### 3.4.2 Assessing antixenosis resistance

#### 3.4.2.1 Foliar consumption preference

In free-choice tests, the cultivars Albion, Aromas, Portola, and San Andreas did not differ among them in relation to the leaf area consumed ( $\chi^2 = 3.1465$ ;  $df = 3$ ;  $p\text{-value} = 0.3696$ ). In addition, in the no-choice test ( $\chi^2 = 13.207$ ;  $df = 3$ ;  $p\text{-value} = 0.00421$ ), the highest consumption was observed in the Albion cultivar ( $6.37 \pm 0.82$  %). The other cultivars evaluated in this study did not show significant differences among them in relation to the leaf area consumed (Figure 2).

#### 3.4.2.2 Oviposition preference

In a free-choice test, *D. fovealis* showed similar affinity for the offered substrates in terms of oviposition preference ( $\chi^2 = 102.41$ ;  $df = 3$ ;  $p\text{-value} = 0.7649$ ). Moreover, for the no-choice test ( $\chi^2 = 113.7$ ;  $df = 3$ ;  $p\text{-value} = 0.0245$ ), the highest average number of eggs was observed in cultivars 'Aromas' ( $17.75 \pm 3.14$ ) and 'Portola' ( $14.46 \pm 3.00$ ). The lowest oviposition averages were recorded in cultivars 'Albion' and 'San Andreas', ( $7.83 \pm 1.85$  and  $7.29 \pm 2.15$ ), respectively (Figure 3).

#### 3.4.2.3 Density of glandular and non-glandular trichomes in leaves of strawberry cultivars

There was a significant difference in the number of glandular and non-glandular trichomes in the different strawberry cultivars ( $F = 21.22$ ,  $df = 3$ ,  $p\text{-value} < 0.0001$ ). The

highest density of non-glandular trichomes occurred in the Portola cultivar ( $22.12 \pm 1.64$  trichomes). In contrast, the lowest density of trichomes was detected for the Aromas cultivar ( $6.56 \pm 0.59$  trichomes). The highest density of glandular trichomes was recorded in the Albion cultivar ( $28.87 \pm 1.99$  trichomes), whereas the remaining cultivars did not differ among them (Figure 4).

### 3.5 DISCUSSION

Our results showed that *D. fovealis* completed its cycle in all the strawberry cultivars evaluated; however, some differences in development and reproduction were observed, which could be an evidence of antibiosis resistance. In this study, approximately one third of the larvae fed with leaves of strawberry cultivars presented an additional instar (sixth instar), whereas those fed on the artificial diet only presented five instars. This finding was confirmed by the fertility life table of *D. fovealis*, where the duration time between generations (T) was higher in 'Albion', 'Portola' and 'San Andreas' than in the artificial diet. This extension of the larval period may be associated either with a deprivation of essential nutrients which is not available in the plant or with the presence of secondary metabolites that can negatively affect insect behavior or metabolism.<sup>35,36,37</sup> In fact, the occurrence of additional instars can act as a compensatory mechanism in the biological cycle when the insect copes with adverse conditions. Considering that all temperature, photoperiod, and humidity conditions were standardized in the current study, it is possible that the different nutritional characteristics of the considered strawberry cultivars may have triggered this mechanism.<sup>38,39</sup> The longer developmental time is a compensatory strategy to achieve ideal weight, even with less suitable food.<sup>40,41</sup> However, the prolongation of developmental cycles can be a disadvantage for insects, as they are exposed to natural enemies for a longer period.<sup>42</sup> In addition, prolonging the life cycle of a pest is a desirable feature in plant resistance since the insect will have fewer generations, reducing population density and consequently reducing damage to crops.<sup>43,44,45</sup>

In this study, the viability of the larval period was 75% for larvae fed on the Portola cultivar, while for the other strawberry cultivars and the artificial diet this percentage remained higher or equal to 85%. In addition, we observed a lower weight of female pupae fed on the Portola cultivar. Thus, this cultivar could have a lower nutritional quality than the others, since, even with the second-longest duration of the larval stage, the female pupae still

presented a lower weight. Therefore, even with the prolongation of the larval stage, female pupae did not reach a similar weight to those observed in the other cultivars. Pupae survival was lower in Portola (males) and Aromas (females). The reduction of the immature stages survival and weight are parameters associated with antibiosis resistance.<sup>46</sup> An inadequate pupae weight could negatively impact the reproductive phase of the insect.<sup>47</sup>

In our study, the intrinsic growth rate ( $m_r$ ) was greater than zero in all treatments, indicating an increase in population regardless of the food source. Although no negative impacts were observed on fecundity or egg viability, reductions on percentage of survival of the adults were detected for insects fed on Portola (68.3%) and Aromas (70.0 %) cultivars. Moreover, the female lifespan was reduced in insects fed on the Aromas, Albion and Portola cultivars. The lifespan for males showed a significant reduction in all the strawberry cultivars, being approximately half of the lifespan observed for insects fed on the artificial diet.

The lowest value of net reproduction rate ( $R_o$ ) was observed in 'Albion', suggesting a lower potential for population growth of *D. fovealis* in this cultivar. The lower potential for population growth can be attributed to the low nutritional quality of the food, which does not allow the females to accumulate enough reserves for oogenesis, impacting directly both biological and reproductive parameters.<sup>48</sup> These results reinforced the evidence of antibiosis resistance in the strawberry cultivars evaluated.

In our study, some evidence of antixenosis resistance, due to leaf hairiness,<sup>44,49,50</sup> could be traced as we observed significant differences in foliar consumption and oviposition rates among the strawberry cultivars. A lower density of trichomes, both glandular and non-glandular, in the Aromas cultivar, provided a better larval performance (the shortest developmental time and a longer survival rate). In addition, the Albion cultivar showed a higher density of glandular trichomes, which may inhibit or delay the development of insects.<sup>47</sup> There was a higher foliar consumption in the Albion cultivar and, consequently, the ingestion of a large number of glandular trichomes was produced, which could have caused the delay in the duration of the egg to adult period, a higher T, and the smallest number of generations per year recorded in our study.

The most suitable foods for insects usually provide shorter durations of developmental stages and greater survival rates.<sup>51</sup> When an insect feeds on a plant, leaf trichomes are the first structure they come in contact with.<sup>16</sup> Non-glandular trichomes create physical barriers preventing the insect from moving and attaching to the plant, limiting its

access to food, while glandular trichomes also have chemical substances, such as sticky exudates, proteins, terpenoids, or toxins that can affect the behavior and physiology of herbivorous insects in their specialized structures,<sup>52,53,54</sup> which can affect the biology of the insect, being associated with antibiosis resistance.<sup>21,22,44,46</sup> Moreover, the highest average of eggs occurred in the Aromas cultivar (with the lowest density of glandular and non-glandular trichomes) in a no-choice test, suggesting that the lower density of trichomes can have influenced the highest average oviposition occurred in this cultivar. One of the lowest averages of oviposition occurred in the Albion cultivar, with the highest number of glandular trichomes. Therefore, we can hypothesize that trichomes can form barriers that can affect the ability of *D. fovealis* to lay eggs by several processes, including hampering access to the leaf or interfering with egg fixation.<sup>54,55,56</sup>

### 3.6 CONCLUSIONS

This is the first report of resistance of four strawberry cultivars to *D. fovealis*. Evidences of antibiosis resistance were observed in the Aromas, Portola and Albion strawberry cultivars. This latter cultivar had a low density of non-glandular trichomes and, consequently, showed the highest foliar consumption by *D. fovealis*; however, it has the highest density of glandular trichomes, and this reduced the potential growth of *D. fovealis* populations. Moreover, feeding on this cultivar increased the duration of the egg to adult period of the insects and reduced the sex ratio. Therefore, our results suggest that the Albion cultivar was more resistant to *D. fovealis* attacks, so it can be used for controlling this pest.

#### **Author contributions:**

Conceptualization: A.M. Bischoff, E.S. Araujo, A. Benatto, M.A.C. Zawadneak.

Investigation: A.M. Bischoff, M.C.H. de Oliveira, A. Benatto, R.C. Zimmermann.

Formal analysis: E.S. Araujo, A. Benatto, D. Bernardi.

Supervision and funding acquisition: M.A.C. Zawadneak, J.M da Rosa.

Writing Original Draft: A.M. Bischoff, E.S. Araujo, A. Benatto.

Writing, Review and Editing: All authors.

#### **Acknowledgments**

We are grateful to the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), Brazil, Finance code 001, for awarding a PhD scholarship to the first author and to Fundação Araucária (agreement 38/2019). Moreover, we like to thank Dr. Ricardo Augusto de Oliveira and the technician agronomy engineer Maria Emilia Kudla, from the Laboratório de Fitotecnia (DFF) of the Crop Science Department of UFPR, for allowing the use of the WinRHIZO equipment. We would like to thank Centro de Microscopia Eletrônica (CME), Setor de Ciências Biológicas da UFPR, for the pictures of the strawberry trichomes. Finally, we are grateful to BIOAGRO for the strawberry seedlings used in this study. Finally, we thank Dr. J.M. Mirás-Avalos from CITA (Spain) for critically revising the manuscript.

## REFERENCES

- 1 Padilla-Jiménez SM, Angoa-Pérez MV, Mena-Violante HG, Oyoque-Salcedo G, Montañez-Soto JL and Oregel-Zamudio E, Identification of organic volatile markers associated with aroma during maturation of strawberry fruits. *Molecules* **26**: 504. DOI: 10.3390/molecules26020504 (2021).
- 2 FAOSTAT, Área colhida, rendimento e produção nos principais países produtores de morangueiro. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> [accessed 29 June 2021]
- 3 da Duarte AF, de Bastos PJ, Duarte JLP, da Silva LR and da Cunha US, Compatibility of pesticides used in strawberry crops with predatory mites *Stratiolaelaps scimitus* (Womersley) and *Cosmolaelaps brevistilis* (Karg). *Ecotoxicol.* **29**:148–155 (2020).
- 4 Araujo ES, Benatto A, Mirás-Avalos JM, Rogoski T, Oelke SF, Schussler M, Ferla NJ, de Carvalho SA and Zawadneak MAC, Acarofauna present in organic strawberry fields and associated weed species in southern Brazil. *Exp. Appl. Acarol.* **86**: 91-115 (2022).
- 5 Alano DM, Araujo ES, Mirás-Avalos JM, Pimentel IC and Zawadneak MAC, Sublethal effects of insecticides used in strawberry on *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Span. J. Agric. Res.* **19**: e10SC01 (2021).
- 6 Baja F, Poitevin CG, Araujo ES, Mirás-Avalos JM, Zawadneak MAC and Pimentel IC, Infection of *Beauveria bassiana* and *Cordyceps javanica* on different immature stages of *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae). *Crop Prot.* **138**: 105347 (2020).
- 7 Araujo ES, Poltronieri AS, Poitevin CG, Mirás-Avalos JM, Zawadneak MAC and Pimentel IC, Compatibility between entomopathogenic fungi and egg parasitoids (Trichogrammatidae): A laboratory study for their combined use to control *Duponchelia fovealis*. *Insects* **11**: 630 (2020a).
- 8 Araujo ES, Benatto A, Rizzato FB, Poltronieri AS, Poitevin CG, Zawadneak MAC and Pimentel IC, Combining biocontrol agents with different mechanisms of action to control *Duponchelia fovealis*, an invasive pest in South America. *Crop Prot.* **134**: 105184 (2020b).
- 9 Zawadneak MAC, Barboza RG, Pimentel IC, Schuber JM, Poltronieri AS and Solis M, First record of *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae) in South America. *Idesia* **34**: 91-95 (2016).

- 10 CABI (Centre of Agriculture and Biosciences International). Invasive species compendium. (2020)  
<https://www.cabi.org/isc/search/index?q=Duponchelia%20fovealis&types=1,2>.  
 [accessed 29 January 2022]
- 11 Stocks SD and Hodges A, European Pepper Moth or Southern European Marsh Pyralid (2011) [http://entnemdept.ufl.edu/creatures/veg/leps/european\\_pepper\\_moth.htm](http://entnemdept.ufl.edu/creatures/veg/leps/european_pepper_moth.htm)  
 [accessed 29 January 2022]
- 12 Bonsignore CP, Vacante V, *Duponchelia fovealis* (Zeller). A new emergency for strawberry? *Protez. Colt.* **3**: 40–43 (2010).
- 13 Efil L, Ozgür O, Efil F, A new pest, *Duponchelia fovealis* Zeller, on strawberries in Turkey: damage, distribution and parasitoid. *J. Entomol. Zool. Stud.* **2**: 328–334 (2014).
- 14 de Menezes CWG, Stein HB, Shilap AVM, Carvalho GA, Tavares WS, Pereira AIA, Zanuncio, JC, First record of *Duponchelia fovealis* (Cambridae) as a pest of commercial crops of strawberry in Campo das Vertentes, Minas Gerais, Brazil. *J. Lepid. Soc.* **73** (2): 131–134 (2019). <https://doi.org/10.18473/lepi.73i2.a8>.
- 15 BRAZIL, 2020. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Agrofit—sistema de agrotóxicos fitossanitários. Available online: URL. [http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons) [accessed 21 February 2022].
- 16 Smith CM, Plant Resistance to Arthropods: Molecular and Conventional Approaches. Springer, Berlin, 423 pp (2005). <http://dx.doi.org/10.1007/1-4020-3702-3>.
- 17 Züst T and Agrawal AA, Mechanisms and evolution of plant resistance to aphids. *Nat. Plants.* **2**: 15206 (2016). <https://doi.org/10.1038/nplants.2015.206>
- 18 Lourenção GJM, Passos FA, Ambrosano GMB and Silva LVF, Resistência de morangueiros a *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *An. Soc. Entomol. Bras.* **29**: 339-34 (2000).
- 19 Afifi AAM, El-Laithy AYM, Shehata SA and e M. El-Saiedy ESMA, Resistance of strawberry plants against the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). In: Sabelis M, Bruin J, (eds.) *Trends in Acarology* 505-507, Springer, Dordrecht (2010).
- 20 Karlec F, Duarte AF, de Oliveira ACB and da Cunha US, Development of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) in different strawberry cultivars. *Rev. Bras. Frutic.* **39**: 1-8 (2016).

- 21 Benatto A, Mógor AF, Penteado SC, Pereira LS, Salas FJS and Zawadneak MAC, Influence of trichomes in strawberry cultivars on the feeding behavior of *Chaetosiphon fragaefolii* (Cockerell) (Hemiptera: Aphididae). *Neotrop. Entomol.* **47**: 569-576 (2018). <https://doi.org/10.1007/s13744-018-0596-5>
- 22 Benatto A, Penteado SC and Zawadneak MAC, Performance of *Chaetosiphon fragaefolii* (Hemiptera: Aphididae) in different strawberry cultivars. *Neotrop. Entomol.* **48**: 692-698 (2019).
- 23 Zawadneak MAC, Gonçalves RB, Poltronieri AS, Santos B, Bischoff AM, Borba AM and Pimentel IC, Biological parameters of *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) reared in the laboratory on two diets. *Eur. J. Entomol.* **114**: 291–294 (2017).
- 24 Butt BA and Cantu E, Sex determination of lepidopterous pupae. *Agric. Res. Serv.* **7**: 33-75 (1962).
- 25 Rabinovich JE, Ecología de poblaciones animales, Organización de los Estados Americanos, Washington DC, pp. 9-42 (1978).
- 26 Silveira Neto S, Nakano O, Bardin D and Villa Nova NA, Manual de ecología de insectos. São Paulo: Ceres, 420 p (1976).
- 27 Southwood TRE, Ecological methods, with particular reference to the study of insect populations. The English Language Book Society and Chapman-Hall, London, 524 pp (1978).
- 28 Andrewartha HG and Birch C, The distribution and abundance of animals. Chicago University Press, Chicago (1954).
- 30 Hothorn T, Bretz F and Westfall P, Simultaneous inference in general parametric models. *Biometr. J.* **50(3)**: 346–363 (2008).
- 31 R Core Team, R: A Language and Environment for Statistical Computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria (2019). <https://www.r-project.org/>
- 32 Meyer JS, Ingersoll CG, McDonald LL and Boyce MS, Uncertainty in population growth rates: Jackknife vs. Bootstrap techniques. *Ecology* **67(5)**: 1156-1166 (1986).
- 33 Maia AHN, Luiz AJB and Campanhola C, Statistical inference on associated fertility life table parameters using Jackknife technique: Computational aspects. *J. Econ. Entomol.* **93(2)**: 511-518 (2000).
- 34 SAS Institute, Statistical Analysis Systems. SAS/STAT. User's Guide. 9th Edition, SAS Institute Inc., Cary, North Carolina (2011).

- 35 Boiça Júnior AL, Bottega DB, Sardinha de Souza BH, Lobato Rodrigues NE and Michelin V, Determination of the resistance types to *Spodoptera cosmioides* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) in soybean genotypes. *Semina: Ciências Agrárias* **36(2)**: 607-618 (2015).
- 36 Oliveira NC de Suzukawa AK, Carolina Bertuzzi Pereira CB, Santos HV, Hanel A, de Albuquerque FA and Scapim CA, Popcorn genotypes resistance to fall armyworm. *Ciência Rural* **48(2)**: e20170378 (2018).
- 37 Vendramin JD and Guzzo EC, Resistência de plantas e a Bioecologia e nutrição dos insetos, in Bioecologia e nutrição de insetos: base para o manejo integrado de pragas. ed. by Parra JRP and Panizzi AR, Embrapa, Brasília DF, pp. 1053-1105 (2009).
- 38 Esperk T, Tammaru T and Nylin S, Intraspecific variability in number of larval instars in insects. *J. Econ. Entomol.* **100(3)**: 627-645 (2007).
- 39 Montezano DG, Hunt TE, Specht A, Luz PMC, Peterson JE, Life-history parameters of *Striacosta albicosta* (Lepidoptera: Noctuidae) under laboratory conditions. *J. Insect Sci.* **19(4)**: 1–8 (2019).
- 40 Machado VDOF, Ferreira GA, Rosa SRA, Garcia AH, Pinheiro JB, and Veloso V da RS, Aspectos biológicos de *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) em cultivares de soja (*Glycine max* MERRIL). *Pesq. Agropec. Trop.* **29(1)**: 39-41 (1999).
- 41 Meihls LN, Huynh MP, Ludwick DC, Coudron TA, French BW, Shelby KS, Hitchon AJ, Smith JL, Schaafsma AW, Pereira AE and Hibbard BE, Comparison of six artificial diets for western corn rootworm bioassays and rearing. *J. Econ. Entomol.* **111**: 2727-2733 (2018).
- 42 Favetti BM, Butnariu AR and Foerster LA, Biology and reproductive capacity of *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera, Noctuidae) in different soybean cultivars. *Rev. Bras. Entomol.* **59**: 89-95 (2015).
- 43 Lara FM, Princípios de resistência de plantas a insetos. Ícone, São Paulo, 336pp (1991).
- 44 Baldin ELL, Pannuti IE da R and Bentivenha JPF, Antixenose in Resistencia de plantas a insetos: Fundamentos e aplicações. Piracicaba, São Paulo (2019).
- 45 Queiroz EB de, Miranda DS, Silva FC da, Borella Junior C, Sousa Almeida AC de, Hirose E and Gonçalves de Jesus F, Antibiosis in soybean genotypes to *Spodoptera cosmioides* (Lepidoptera: Noctuidae). *Rev. Bras. Entomol.* **64(2)**: e20200010 (2020).

- 46 Vendramin JD, Guzzo, EC and Ribeiro LP, Antibiose, in Resistência de plantas a insetos: fundamentos e aplicações, ed. by Baldin ELL, Vendramin JD and Lourenção AL, Fundação de Estudos Agrários, Piracicaba, São Paulo, pp. 185-224 (2019).
- 47 Ongaratto S, Silveira CM, Santos MC, Gorri JER, Sartori MMP, Hunt TE, Lourenção AL and Baldin ELL, Resistance of soybean genotypes to *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Erebiidae): Antixenosis and antibiosis characterization. *J. Econ. Entomol.* **114**: 2571-2580 (2021).
- 48 Soufbaf M, Fathipour Y, Karimzadeh J and Zalucki MP, Bottom-up effect of different host plants on *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae): A life-table study on canola. *J. Econ. Entomol.* **103(6)**: 2019-2027 (2010).
- 49 Moya-Raygoza G, Early development of leaf trichomes is associated with decreased damage in teosinte, compared with maize, by *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Ann. Entomol. Soc. Amer.* **109(5)**: 737-743 (2016).
- 50 Handley R, Ekbom B and Ågren J, Variation in trichome density and resistance against a specialist insect herbivore in natural populations of *Arabidopsis thaliana*. *Ecol. Entomol.* **30**: 284-292 (2005).
- 51 Parra JRP, Técnicas de criação de insetos para programa de controle biológico. 6ª ed., Piracicaba, FEALQ, 134p (2001).
- 52 Wagner GJ, Wang E and Shepherd RW, New approaches for studying and exploiting an old protuberance, the plant trichome. *Ann. Bot.* **93**: 3-11 (2004).
- 53 Lange BM, The evolution of plant secretory structures and the emergence of terpenoid chemical diversity. *Annu. Rev. Plant. Biol.* **66**: 139-159 (2015).
- 54 Coapiro GG, Cruz López L, Guerenstein P, Malo EA and Rojas JC, Oviposition preference and larval performance and behavior of *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae) on host and nonhost plants. *Arthropod-Plant Interact.* **12**: 267-276 (2018).
- 55 Hanley ME, Lamont BB, Fairbanks MM and Rafferty CM, Plant structural traits and their role in anti-herbivore defence. *Perspect. Plant Ecol. Evol. Syst.* **8**: 157-178 (2007).
- 56 Ali A, Rakha M, Shaheen FA and Srinivasan R, Resistance of certain wild tomato (*Solanum* spp.) accessions to *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) based on choice and no-choice bioassays. *Fla. Entomol.* **102(3)**: 544-548 (2019).

Table 1. Biological parameters (mean  $\pm$  standard error) of *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) immatures reared on Albion, Aromas, Portola and San Andreas strawberry cultivars and an artificial diet.

Treatments	Larval period (days)	Viability (%)	Pupal period (days)		Pupal viability (%)		Weight (mg)		Complete instars		Duration of the eggs to adult period (days)	Survival (%)
			Male	Female	Male	Female	Male	Female	5 inst.	6 inst.		
Albion	27.0 $\pm$ 0.4 a (51)	85.0	8.5 $\pm$ 0.3 b (25)	8.6 $\pm$ 0.3 c (20)	86.2	90.9	25.7 $\pm$ 0.2 b (29)	29.2 $\pm$ 0.6 bc (22)	27	9	41.4 $\pm$ 0.5 a (45)	75.0
Aromas	23.2 $\pm$ 0.3 d (52)	86.7	10.5 $\pm$ 0.2 a (19)	9.9 $\pm$ 0.2 a (23)	86.4	82.1	25.3 $\pm$ 0.4 bc (22)	29.4 $\pm$ 0.7 b (28)	25	13	39.0 $\pm$ 0.2 bc (42)	70.0
Portola	25.4 $\pm$ 0.5 b (45)	75.0	10.2 $\pm$ 0.3 a (16)	9.6 $\pm$ 0.3 ab (25)	80.0	100.0	24.7 $\pm$ 0.4 bc (20)	27.3 $\pm$ 0.4 c (25)	30	13	41.3 $\pm$ 0.5 ab (41)	68.3
San Andreas	24.3 $\pm$ 0.3 bc (55)	91.7	10.0 $\pm$ 0.2 a (21)	9.5 $\pm$ 0.2 b (28)	84.0	93.3	24.3 $\pm$ 0.4 c (25)	27.9 $\pm$ 0.7 bc (30)	28	14	39.8 $\pm$ 0.4 bc (49)	81.7
Diet	23.6 $\pm$ 0.3 c (51)	85.0	9.4 $\pm$ 0.1 b (21)	9.8 $\pm$ 0.2 ab (26)	91.3	92.9	39.4 $\pm$ 1.1 a (23)	38.3 $\pm$ 0.9 a (28)	48	0	39.2 $\pm$ 0.3 c (47)	78.3

Different letters in the same column indicate significant differences among strawberry cultivars according to the Dunn's test at  $p < 0.05$ . Abbreviation: inst, instar. The numbers between parentheses indicate the number of *D. fovealis* individuals.

Table 2. Biological parameters (mean  $\pm$  standard error) of *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) immatures reared on Albion, Aromas, Portola and San Andreas strawberry cultivars and artificial diet.

Treatments	Female fecundity (number of eggs)	Number of eggs per oviposition	Egg viability (%)	Incubation period (days)	Pre-oviposition period (days)	Oviposition period (days)	Post-oviposition period (days)	Male longevity (days)	Female longevity (days)	Sex ratio
Albion	456.53 $\pm$ 15.00 a	43.83 $\pm$ 4.97 a	81.56	5.27 $\pm$ 0.03 a	1.20 $\pm$ 0.37 ab	10.93 $\pm$ 0.95 a	1.93 $\pm$ 0.37 a	13.84 $\pm$ 1.15 b	12.80 $\pm$ 1.07 bc	0.43
Aromas	454.33 $\pm$ 41.52 a	52.90 $\pm$ 6.70 a	86.66	5.30 $\pm$ 0.07 a	1.26 $\pm$ 0.26 c	9.27 $\pm$ 1.31 a	1.07 $\pm$ 0.28 a	12.22 $\pm$ 1.34 b	11.14 $\pm$ 1.44 c	0.56
Portola	431.93 $\pm$ 34.68 a	37.34 $\pm$ 3.81 a	87.16	5.30 $\pm$ 0.03 a	1.27 $\pm$ 0.15 bc	11.07 $\pm$ 0.94 a	1.0 $\pm$ 0.34 a	13.88 $\pm$ 1.14 bc	13.16 $\pm$ 0.83 bc	0.56
San Andreas	462.73 $\pm$ 33.87 a	38.50 $\pm$ 4.06 a	88.04	5.22 $\pm$ 0.05 a	1.13 $\pm$ 0.09 c	12.80 $\pm$ 1.41 a	2.33 $\pm$ 0.55 a	10.65 $\pm$ 1.46 b	14.46 $\pm$ 1.17 ab	0.55
Diet	482.13 $\pm$ 32.74 a	44.35 $\pm$ 2.95 a	75.25	5.51 $\pm$ 0.04 a	1.73 $\pm$ 0.15 a	11.13 $\pm$ 0.87 a	1.67 $\pm$ 0.41 a	22.05 $\pm$ 1.40 a	16.46 $\pm$ 0.94 a	0.55

Different letters in the same column indicate significant differences among strawberry cultivars according to the Dunn's test at  $p < 0.05$ .

Table 3. Fertility life table of *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) developing on four strawberry cultivars and an artificial diet (mean  $\pm$  standard error).

Treatments	T (days)	N/year	Ro ( $\text{♀} / \text{♀}$ )	mr ( $\text{♀} / \text{♀} * \text{day}$ )	$\lambda$
Albion	45.9 $\pm$ 0.16 ab	7.95	150.2 $\pm$ 4.83 c	0.111 $\pm$ 0.001 a	1.10 $\pm$ 0.001 a
Aromas	43.2 $\pm$ 0.27 b	8.45	178.0 $\pm$ 16.27 b	0.120 $\pm$ 0.001 a	1.12 $\pm$ 0.002 a
Portola	45.4 $\pm$ 0.15 ab	8.04	164.5 $\pm$ 13.20 bc	0.112 $\pm$ 0.001 a	1.11 $\pm$ 0.001 a
San Andreas	44.4 $\pm$ 0.22 ab	8.22	208.7 $\pm$ 15.27 a	0.120 $\pm$ 0.001 a	1.12 $\pm$ 0.001 a
Diet	43.3 $\pm$ 0.17 b	8.43	206.8 $\pm$ 14.04 a	0.123 $\pm$ 0.001 a	1.13 $\pm$ 0.001 a

T = Time of duration between generations; N/year = Number of generations per year; Ro = reproduction rate, mr = Maximum rate of increase achieved by a population; and  $\lambda$  = Finite rate of increase. Different letters in the same column indicate significant differences among treatments according to t test at  $p < 0.05$ .

Figure captions:

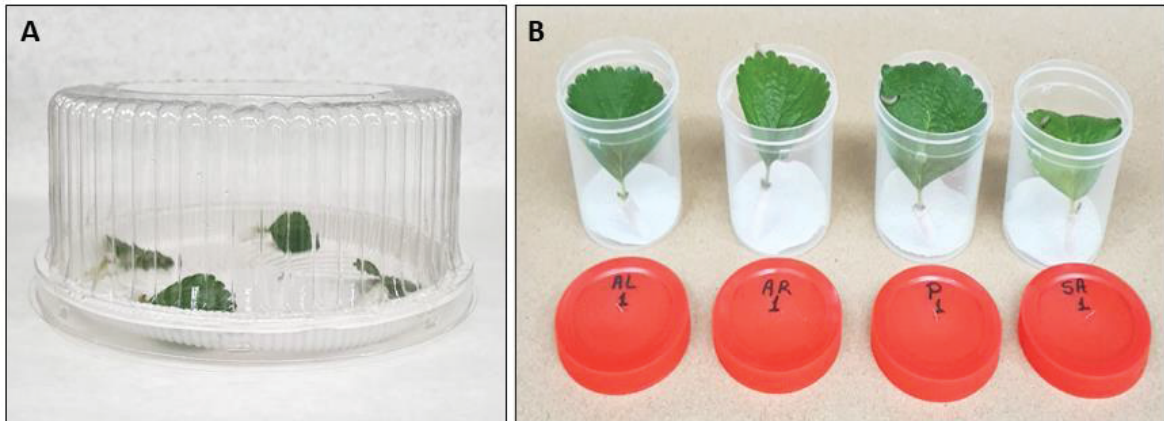


Figure 1. Arena used for the free-choice and no-choice bioassays (A) and experimental setup for determining the biological parameters of *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) (B).

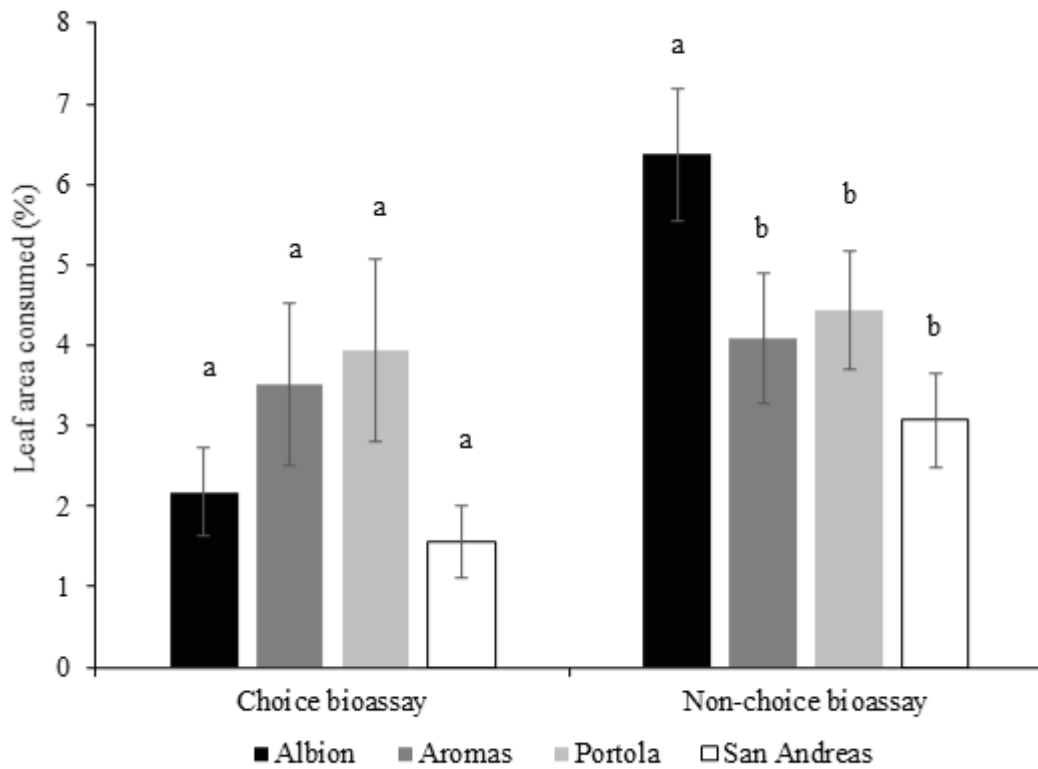


Figure 2. Leaf area of four strawberry cultivars consumed by third instar *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) larvae in 48 hours. Different letters on the columns indicate significant differences among cultivars for a given bioassay (either choice or non-choice).

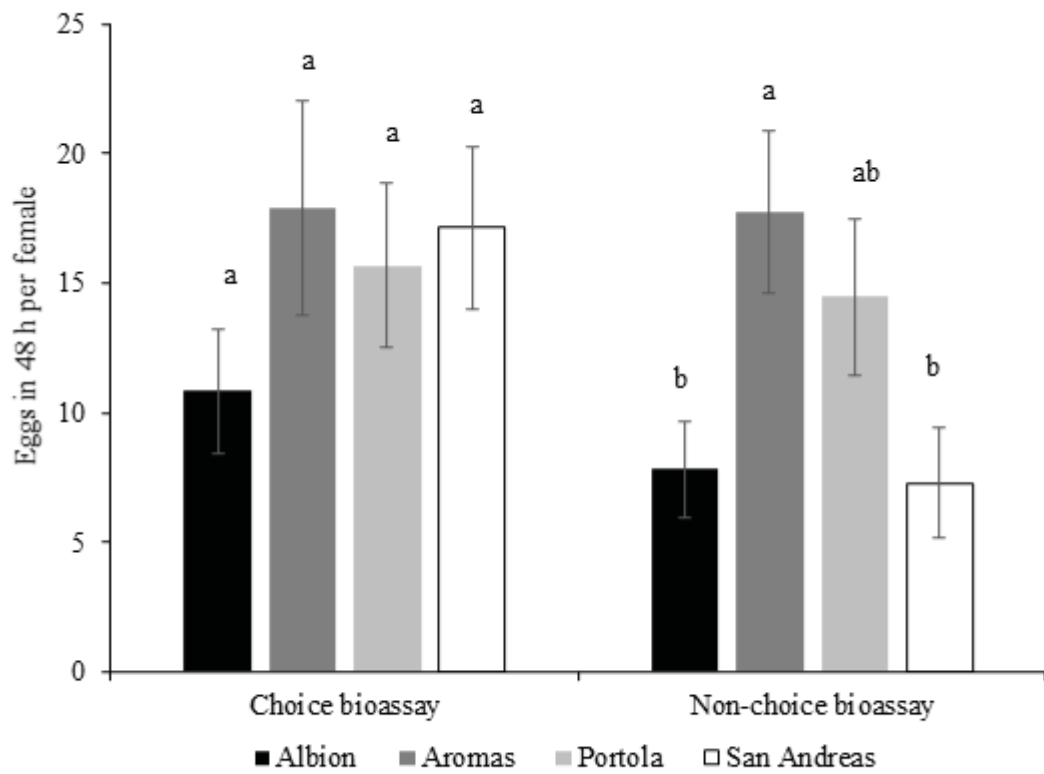


Figure 3. Number of eggs layed in 48 hours by *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) females on four strawberry cultivars. Different letters on the columns indicate significant differences among cultivars for a given bioassay (either choice or non-choice).

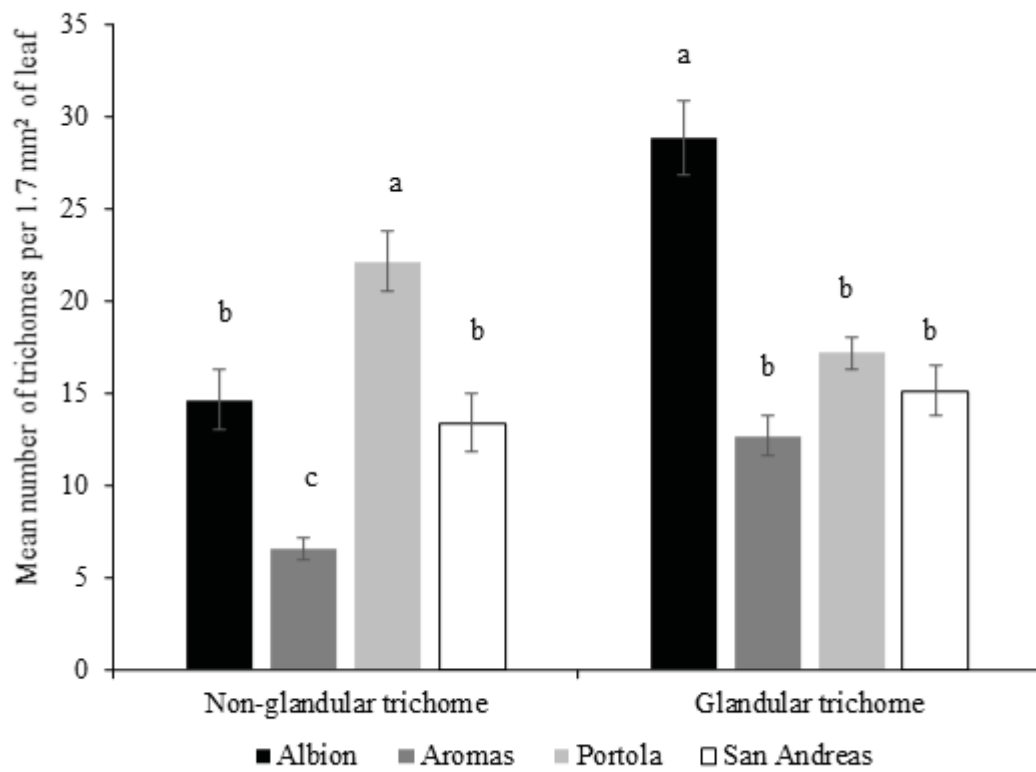


Figure 4. Density of glandular and non-glandular trichomes (number of trichomes per 1.7 mm<sup>2</sup> of leaf) in leaves of four strawberry cultivars. Different letters on the columns indicate significant differences among cultivars for a given type of trichome.

#### 4 CAPÍTULO 2 - POTENCIAL INSETICIDA DE ÓLEOS ESSENCIAIS NO CONTROLE DE *Duponchelia fovealis*<sup>2</sup>

##### RESUMO

A lagarta da coroa, *Duponchelia fovealis*, é uma das principais pragas do morangueiro que causa diversos prejuízos econômicos, danificando não apenas as plantas, mas também os frutos. Devido a inexistência de inseticidas sintéticos registrados para essa praga, torna-se necessário a busca por moléculas que sejam eficazes no seu controle. Neste contexto, os óleos essenciais (OEs) são substâncias químicas com propriedades inseticidas promissoras no controle de pragas e neste contexto podem ser utilizadas na produção orgânica de morango. O objetivo neste trabalho foi avaliar a atividade inseticida dos OEs de *Chamaecyparis obtusa*, *Chamaecyparis pisifera*, *Eucalyptus dunnii*, *Lavandula dentata*, *Melaleuca raphiophylla*, *Ocimum gratissimum* e *Pimenta pseudocaryophyllus* contra larvas de *D. fovealis*. Foram utilizadas em todos os experimentos, larvas de terceiro instar provenientes da criação do laboratório, mantidas em dieta artificial. Os OEs foram obtidos da parte aérea e extraídos por arraste a vapor em dorna. A análise da composição química foi feita por cromatografia gasosa acoplada com espectrometria de massas (GC-MS). Todos os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado. Cada tratamento foi constituído por 5 repetições, com 10 larvas (n=50), com 3 repetições no tempo. Após bioensaio de seleção dos OEs com maior atividade inseticida contra *D. fovealis*, os produtos selecionados foram avaliados quanto a sua toxicidade. Na análise da composição química dos OEs, houve variação na quantidade de compostos identificados, com prevalência de alguns compostos como monoterpenos. Os OEs de *E. dunnii*, *M. raphiophylla*, *O. gratissimum* e *P. pseudocaryophyllus* apresentaram mortalidade superior a 80%. Os OEs de *E. dunnii* e *M. raphiophylla* demonstraram maior toxicidade apresentando menores valores para CL<sub>50</sub> (1,36 e 1,72%) e CL<sub>90</sub> (6,04 e 6,17%), respectivamente. O presente estudo é o primeiro relato da atividade inseticida dos OEs de *C. obtusa*, *C. pisifera*, *E. dunnii*, *L. dentata*, *M. raphiophylla*, *O. gratissimum* e *P. pseudocaryophyllus* contra *D. fovealis*. Os resultados sugerem que os OEs avaliados em laboratório, mostraram-se promissores no controle de larvas de *D. fovealis*, portanto, podem ser uma alternativa futura para auxiliar no manejo dessa praga.

Palavras-chave: plantas inseticidas; inseticidas botânicos; composição química.

---

<sup>2</sup> Formatado para a revista *Journal of Pest Science*

## ABSTRACT

The European pepper moth, *Duponchelia fovealis*, is one of the main pests of the strawberry that causes several economic losses, damaging not only the plants, but also causing damage to the fruits. Due to the lack of synthetic insecticides registered for this pest, it is necessary to search for molecules that are effective in its control. In this context, essential oils (EOs) are chemical substances with promising insecticidal properties in pest control and that can be used in organic strawberry production. The present objective was to evaluate the insecticidal activity of EOs from *Chamaecyparis obtusa*, *Chamaecyparis pisifera*, *Eucalyptus dunnii*, *Lavandula dentata*, *Melaleuca raphiophylla*, *Ocimum gratissimum* and *Pimenta pseudocaryophyllus* against larvae of *D. fovealis*. Third instar larvae from laboratory stock reared on artificial diet were used in all experiments. The EOs were obtained from the shoot and extracted by steam dragging in a vat. Chemical composition analysis was performed by gas chromatography coupled with mass spectrometry (GC-MS). All experiments were carried out in a completely randomized design. Each treatment consisted of 5 repetitions, with 10 larvae (n=50), with 3 repetitions in time. After a bioassay for the selection of EOs with greater insecticidal activity against *D. fovealis*, the selected products were evaluated for their toxicity. In the analysis of the chemical composition of the EOs, there was variation in the number of compounds identified, with prevalence of some compounds in all or most of the species belonging to the group of monoterpenes. The EOs of *E. dunnii*, *M. raphiophylla*, *O. gratissimum* and *P. pseudocaryophyllus* showed mortality higher than 80% in pest control. The *E. dunnii* and *M. raphiophylla* EO showed higher toxicity with lower values for LC<sub>50</sub> (1.36 and 1.72%) and LC<sub>90</sub> (6.04 and 6.17%), respectively. The present study is the first report on the insecticidal activity of EOs from *C. obtusa*, *C. pisifera*, *E. dunnii*, *L. dentata*, *M. raphiophylla*, *O. gratissimum* and *P. pseudocaryophyllus* against *D. fovealis*. The results suggest that the EOs evaluated in the laboratory showed promise in the control of *D. fovealis* larvae, therefore, they may be a future alternative to assist in the management of this pest.

Keywords: insecticidal plants; botanical insecticides; chemical composition.

## 4.1 INTRODUÇÃO

O morangueiro, *Fragaria × ananassa* Duchesne (Rosaceae), destaca-se por ser uma cultura de alto valor agregado em todo o mundo e o número de países que produzem esta fruta está em ascensão, como é evidente a partir do aumento de sua produção global de 7,6 milhões de kg em 2014 para 8,9 milhões de kg em 2020 (FAOSTAT, 2022). O Brasil, ocupa a 7ª posição entre os produtores de morango, com uma produção de 218.881 toneladas (FAOSTAT, 2022). O morangueiro é uma fruta de alta demanda, porém sofre ataque de diversas pragas (Benatto et al., 2021; Lahiri et al., 2022). Entre elas está lagarta-da-coroa, *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae) (Zawadneak et al., 2016).

A espécie é uma praga polífaga, originária da região mediterrânea e Ilhas Canárias, que se alimenta de plantas ornamentais e vegetais hortícolas, já sendo relatada em 43 famílias botânicas e mais de 73 hospedeiros (Cabi, 2020). *Duponchelia fovealis* foi registrada como praga invasora em cultivos de morangueiros em Portugal (Franco and Batista, 2010), Itália (Bonsignore e Vacante, 2010), França, Bélgica, República Tcheca, Dinamarca (Stocks and Hodges, 2011); México (Cruz-Esteban and Rojas, 2021), Turquia (Efil et al., 2014) e Brasil (Zawadneak et al., 2011, 2016).

Esse inseto tem sido considerado praga-chave na cultura do morango, pelos severos danos causados, com suas larvas se alimentando de partes vegetativas e reprodutivas do morangueiro, podendo causar a morte das plantas atacadas, em caso de infestações severas. (Zawadneak et al., 2011, 2016), sendo necessário a procura por alternativas viáveis para o seu manejo, pois ainda não existe registro de produtos para o controle deste inseto-praga (BRASIL/Agrofit, 2022).

A crescente demanda por produtos livres de resíduos, faz com que esta fruta, consumida preferencialmente *in natura*, tenha maior rigor na utilização de agrotóxicos (Bernardi et al., 2015). Esta preocupação visa evitar impactos negativos à saúde dos consumidores, dos trabalhadores, ao meio ambiente e evitar o desenvolvimento de organismos resistentes (Ruttanaphan et al. 2019). Diante desse cenário, nos últimos anos, pesquisas tem buscado novas fontes de moléculas químicas que sejam capazes de evitar o surgimento de resistência (Vargas-Méndez et al. 2019), que sejam seguras para saúde humana e ambiental, para serem utilizadas em programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP), visando principalmente a produção orgânica (Benelli et al. 2018b; Isman 2020). Nesse contexto, os inseticidas botânicos, a base de plantas medicinais e aromáticas,

demonstram ser uma estratégia promissora no controle de pragas (Basaid et al. 2020), por apresentarem atividade inseticida (Ribeiro et al. 2015a; Pavela, 2016; Abdelgaleil et al. 2021).

Os óleos essenciais (OEs) são substâncias voláteis e aromáticas, que são produzidas a partir do metabolismo secundário de algumas espécies vegetais (Sombra et al. 2020). Os compostos presentes nesses produtos possuem diversas propriedades biológicas, entre elas a ação inseticida contra pragas (Ebadollahi et al. 2020). As principais vantagens dos OEs são o baixo risco de selecionar indivíduos resistente, menor risco de contaminação ambiental, menor impacto a organismos não alvos, baixa toxicidade a mamíferos (Ribeiro et al. 2015b; Khani et al. 2017) e compatibilidade com a produção orgânica (Park and Tak 2016).

Pesquisas recentes têm demonstrado atividade inseticida dos OEs contra diferentes espécies de Lepidoptera em diversas culturas de interesse agrícola (Ribeiro et al. 2015b; Tak et al. 2016; Filomeno et al. 2017; Polatoğlu et al. 2017; Murcia-Meseguer et al. 2018; Benelli et al. 2019; Piri et al. 2020). Entretanto, há escassez de pesquisas que demonstrem o potencial de uso dessas substâncias no controle de *D. fovealis*. Nesse sentido, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar o efeito inseticida do OE das espécies de *Chamaecyparis obtusa* (CO) (Cupressaceae), *Chamaecyparis pisifera* (CP) (Cupressaceae), *Eucalyptus dunnii* (ED) (Myrtaceae), *Lavandula dentata* (LD) (Lamiaceae), *Melaleuca raphiophylla* (MR) (Myrtaceae), *Ocimum gratissimum* (OG) (Lamiaceae) e *Pimenta pseudocaryophyllus* (PP) (Myrtaceae) contra larvas de *D. fovealis*.

## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.2.1 Criação de *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae)

Os insetos utilizados nos bioensaios foram criados a partir de larvas e adultos coletados em plantação comercial de morangos no Município de São José dos Pinhais, Estado do Paraná, Brasil. No laboratório, os insetos foram alimentados com dieta artificial de acordo com a metodologia proposta por Zawadneak et al. (2017), em condições controladas com temperatura de  $25 \pm 2$  °C, umidade relativa de  $70 \pm 10\%$  e fotofase de 14 L: 10D.

### 4.2.2 Extração dos óleos essenciais

As espécies de CO, CP, ED, LD, MR, OG e PP foram coletadas no município de Araucária, Paraná, Brasil, no período entre 2019 a 2021. O OE de cada espécie foi extraído de ramos, folhas e flores (Zimmermann et al. 2021, 2022). O método de extração utilizado foi por arraste a vapor em dorna pôr cerca de 2 horas para as espécies CO, CP, ED, LD, MR, PP, e 3 horas para OG. Água foi utilizada como solvente para o processo de extração. Os OEs obtidos foram mantidos em frasco âmbar e armazenado em freezer a 4°C graus até o momento da análise da composição química e realização dos bioensaios.

#### 4.2.3 Identificação e quantificação da composição química dos óleos essenciais

A quantificação dos compostos presentes na composição química dos OEs foi realizada por cromatografia gasosa, com uso dos cromatógrafos GC/FID (Agilent 7890A) e GC/MS (Shimadzu-2010 Plus), ambos equipados com coluna capilar HP-5MS (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm). Como gás de arraste foi utilizado o hidrogênio para GC/FID (fluxo de 2,4 mL min<sup>-1</sup>) e hélio para GC/MS (fluxo de 1,0 mL min<sup>-1</sup>). A temperatura inicial do forno foi de 60° C, elevando-se a 240° C na razão de 3° C min<sup>-1</sup>. A identificação dos compostos químicos foi realizada através do cálculo da retenção linear pela cadeia de alcanos: C7 – C30 (Van den Dool and Dec. Kratz 1963). A identificação dos constituintes dos OEs foi realizada através de pesquisa na espectroteca, comparando-se os índices de retenção calculados com os descritos na literatura (Adams, 2017).

#### 4.2.4 Seleção de óleos essenciais com atividade inseticida contra *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae)

Pela normativa do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, para o registro de um produto como inseticida o mesmo deverá apresentar uma mortalidade ≥ 80% (Filomeno et al. 2017). Dentro desse parâmetro, foi conduzido um experimento visando selecionar os OEs que apresentarem maior atividade inseticida.

Os tratamentos foram os OEs das espécies de *Chamaecyparis obtusa* (CO) (Cupressaceae), *Chamaecyparis pisifera* (CP) (Cupressaceae), *Eucalyptus dunnii* (ED) (Myrtaceae), *Lavandula dentata* (LD) (Lamiaceae), *Melaleuca raphiophylla* (MR) (Myrtaceae), *Ocimum gratissimum* (OG) (Lamiaceae) e *Pimenta pseudocaryophyllus* (PP) (Myrtaceae), avaliados na concentração de 10% (v/v) (Polatoğlu et al. 2017), diluídos em acetona (controle negativo). O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente

casualizado, com 5 repetições por tratamento, e três repetições no tempo. Cada repetição consistiu de 10 larvas de terceiro instar de *D. fovealis*.

Foi utilizada a metodologia proposta por Benelli et al. (2020) com modificações. Em um recipiente de plástico, com capacidade de 145 ml, contendo 30 g de dieta artificial (Zawadneak et al. 2017), foram acondicionadas 10 lagartas de terceiro instar de *D. fovealis*, em cada repetição. Foram pipetados 150 µL da solução sobre as lagartas. Após a aplicação, os recipientes foram vedados com tecido *voil* e deixados em temperatura ambiente ( $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ) por 7 minutos para evaporação do solvente. Em seguida, foram mantidos em condições controladas com temperatura de  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ , umidade relativa de  $70 \pm 10\%$  e fotofase de 14L:10D. A taxa de mortalidade foi avaliada 48 horas após a aplicação dos tratamentos (Sombra et al. 2020).

#### 4.2.5 Avaliação da toxicidade e estimativa da concentração letal de óleos essenciais contra *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae)

Os óleos ED, MR, OG e PP foram avaliados quanto a sua toxicidade contra *D. fovealis*, em diferentes concentrações para estimativa da concentração letal ( $CL_{25}$ ,  $CL_{50}$  e  $CL_{90}$ ). Concentração letal é definida como a concentração tóxica que provoca a morte dos organismos-teste (Minho et al. 2016), portanto a  $CL_{25}$  é a concentração para ocasionar a mortalidade de 25% da população amostral da praga alvo,  $CL_{50}$  para ocasionar 50% de mortalidade e  $CL_{90}$  para causar 90% de mortalidade.

Os OEs foram avaliados em diferentes concentrações, com um intervalo variando entre 0,25% a 8% (v/v), selecionados em experimentos prévios (Sombra et al. 2020). Todos os tratamentos foram diluídos em acetona, a qual foi utilizada como controle negativo. A quantidade e valores das concentrações letais utilizadas para cada OE foram determinadas em experimentos prévios. O delineamento e metodologia experimental utilizados foram os mesmos descritos no item 4.2.4.

### 4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todos os valores de mortalidade obtidos nos experimentos foram corrigidos por Abbott (1925), sempre que necessário, e submetidos às respectivas análises. Os dados de porcentagem da mortalidade obtidos no teste de seleção dos OEs foram ajustados por modelos lineares generalizados (GLM), utilizando distribuição binomial, e então submetidos

à ANOVA. Para comparação das médias foi utilizado o teste de Tukey a 5 % de probabilidade, utilizando o *software* R (R CORE TEAM, 2019).

Os dados de concentração letal foram submetidos ao método de análise de probit, utilizando o pacote “*ecotox*” do *software* R.

#### 4.4 RESULTADOS

##### 4.4.1 Identificação e quantificação da composição química dos óleos essenciais

Os OEs apresentaram uma variação na qualidade e quantidade na composição química. As espécies do gênero *Chamaecyparis* apresentaram a maior e menor quantidade de compostos identificados, com ambas amostras possuindo quatro compostos majoritários. A espécie CO exibiu a maior quantidade de compostos com 27 no total, e compostos majoritários representam 60,26% da composição química total, enquanto que CP possui 17 compostos, com 79,13% da composição química relacionado com os compostos majoritários (Tabela 1).

O óleo essencial de MR demonstrou ter a maior quantidade de monoterpenos com 91,63% na composição química total, enquanto que a maior proporção de sesquiterpenos (%) foi identificado na amostra do óleo essencial de OG, constituindo quase a sua composição química total (Tabela 1).

Tabela 1 Composição química (área %) dos óleos essenciais de *Chamaecyparis obtusa* (CO), *Chamaecyparis pisifera* (CP), *Eucalyptus dunnii* (ED), *Lavanda dentata* (LD), *Melaleuca raphiophylla* (MR), *Ocimum gratissimum* (OG) e *Pimenta pseudocaryophyllus* (PP) por Cromatografia gasosa (GC/FID e GC/MS).

Compostos (%)	RIca <sup>a</sup>	RIlit <sup>b</sup>	CO	CP	ED	LD	OG	*MR	PP
triciclano	924	921	- <sup>c</sup>	0,2	-	-	-	-	-
$\alpha$ -tujeno	924	924	0,79	-	0,14	-	-	-	0,65
$\alpha$ -pineno	931	932	2,49	35,39	19,83	3,02	0,31	2,15	2,48
$\alpha$ -fencheno	945	943	-	0,86	-	-	-	-	-
canfeno	946	945	0,72	2,02	-	0,8	-	-	-
thuja-2,4(10)-dieno	953	951	-	-	-	-	-	-	-
sabineno	969	971	12,08	-	-	0,86	-	0,19	-
$\beta$ -pineno	974	974	0,47	0,59	0,62	6,53	-	0,58	5,28

mirceno	989	988	2,42	9,36	1,12	0,75	-	1,31	0,76
$\alpha$ -felandreno	1002	1004	-	-	1,69	-	-	-	1,32
$\delta$ -3-careno	1010	1008	-	15,14	-	-	-	1,62	0,38
$\alpha$ -terpineno	1015	1014	0,21	-	0,3	-	-	6,46	-
$\rho$ -cimeno	1020	1022	-	-	-	-	-	1,49	1,95
o-cimeno	1022	1022	3,81	0,71	2,58	0,64	-	-	-
limoneno	1026	1024	7,31	4,99	4,95	3,03	-	1,36	1,02
1.8-cineol	1029	1026	-	-	40,2	38,95	-	11,54	1,25
(Z)- $\beta$ -ocimeno	1034	1032	-	-	2,5	-	0,74	-	-
(E)- $\beta$ -ocimeno	1044	1045	-	-	-	-	-	-	2,32
$\gamma$ -terpineno	1054	1055	1,09	-	5,45	-	0,42	13,20	0,9
cis-hidrato de sabineno	1063	1065	0,17	-	-	-	-	-	-
fenchone	1083	1086	-	-	-	11,14	-	-	-
terpinoleno	1086	1086	0,51	0,81	0,38	-	-	28,72	1,9
$\rho$ -cimeneno	1100	1089	-	0,1	-	-	-	-	-
linalool	1099	1095	-	-	-	2,78	-	0,40	-
exo-fenchol	1111	1118	-	-	-	4,36	-	-	-
crisantenona	1124	1122	-	-	-	-	-	-	-
trans-pinocarveol	1134	1135	-	-	-	1,26	-	-	-
Canfora	1140	1141	-	-	-	12,26	-	-	-
$\delta$ -terpineol	1161	1162	-	-	-	0,7	-	-	-
borneol	1163	1165	0,27	0,3	-	0,6	-	-	-
cis-pinocanfona	1172	1169	-	-	-	-	-	-	-
terpinen-4-ol	1174	1174	3,89	-	0,52	0,52	0,7	19,82	-
$\alpha$ -terpineol	1187	1186	0,66	-	3,09	1,33	-	2,73	-
verbenona	1204	1205	-	-	-	-	-	-	-
geraniol	1249	1253	-	-	-	-	-	-	-
acetato de isobornila	1283	1283	10,92	-	-	-	-	-	-
acetato de bornila	1284	1284	-	19,24	-	-	-	-	-
mirtenato de metila	1294	1293	0,14	-	-	-	-	-	-
acetato de cis-piperitol	1337	1332	-	0,21	-	-	-	-	-
$\alpha$ -acetato de terpenila	1346	1346	29,95	1,81	1,91	-	-	-	-
eugenol	1358	1356	-	-	-	-	36,46	-	23,13
$\alpha$ -copaeno	1371	1374	-	-	-	-	0,89	-	-
isoleveno	1374	1370	-	-	-	-	-	-	0,55
$\alpha$ -bourboneno	1379	1387	-	-	-	-	0,62	-	-
$\beta$ -elemeno	1389	1388	-	-	-	-	-	-	1,05

sibireno	1400	1403	-	-	1,17	-	-	-	-
metileugenol	1403	1407	-	-	-	-	-	-	26,35
$\alpha$ -gurjuneno	1403	1409	-	-	-	-	-	0,43	-
(E)-cariofileno	1413	1417	-	-	-	0,42	6,24	0,48	6,15
$\alpha$ -trans-bergamoteno	1431	1432	-	-	-	0,54	-	-	-
Aromadendreno	1439	1431	-	-	3,89	-	-	-	-
$\alpha$ -humuleno	1452	1446	-	-	-	-	-	-	2,41
allo-aromadendreno	1456	1458	-	-	1,07	-	0,94	0,46	-
cis-cadina-1(6),4-dieno	1456	1461	0,58	-	-	-	-	-	-
dauca-5,8-dieno	1471	1474	-	-	-	-	-	0,26	1,42
germacreno D	1474	1480	-	-	-	-	2,65	-	0,93
$\beta$ -selineno	1489	1488	-	-	1,12	0,95	-	1,35	-
biciclogermacreno	1494	1500	-	-	-	-	0,57	-	-
viridifloreno	1496	1488	-	-	-	-	-	-	2,13
$\alpha$ -cupreneno	1549	1505	0,7	-	-	-	-	-	-
(E,E)- $\alpha$ -farneseno	1507	1505	-	-	-	-	25,56	-	-
$\beta$ -bisaboleno	1505	1505	-	-	-	0,76	16,91	-	-
$\delta$ -amorfenol	1518	1511	-	-	-	-	-	1,37	1,22
nootkateno	1520	1517	-	-	-	-	1	-	-
$\delta$ -cadineno	1525	1522	0,32	-	-	-	-	0,17	-
$\beta$ -sesquifelandreno	1521	1528	-	-	-	-	0,19	-	-
Elemol	1544	1548	5,28	-	-	-	-	-	-
elimicina	1555	1557	-	-	-	-	-	-	4,5
espatulenol	1577	1575	-	-	2,47	-	0,21	-	-
óxido de cariofileno	1573	1582	-	-	-	0,63	-	-	-
epi-cedrol	1590	1618	1,49	-	-	-	-	-	-
$\gamma$ -eudesmol	1623	1630	1,02	-	-	-	-	-	-
$\beta$ -eudesmol	1640	1649	0,92	-	-	-	-	-	-
cis-tujopsenal	1698	1708	0,19	-	-	-	-	-	-
isopimara-9(11),15-dieno	1881	1905	-	0,84	-	-	-	-	-
beyereno	1905	1931	2,12	-	-	-	-	-	-
dolabradieno	1981	1973	-	0,43	-	-	-	-	-
Hidrocarboneto de monoterpeno			70,17	32,07	79,76	68,5	1,47	69,07	20,21
Monoterpeno oxigenado			19,54	15,88	3,61	21,03	0,7	22,56	0

Hidrocarboneto de sesquiterpeno	2,02	31,55	9,16	1,91	92,03	6,06	65,34
Sesquiterpeno oxigenado	1,27	11,02	2,47	0,63	0,21	0	4,5
Total identificado (%)	93	90,52	95	92,07	95,37	94,69	90,05

<sup>a</sup> IRLit: Índice de retenção da literatura.

<sup>b</sup> IRcal: Índice de retenção calculado. – Elemento traço < 0,1%

<sup>c</sup> O símbolo (-) significa que esse componente não foi detectado.

Fonte: Autora, 2022.

#### 4.4.2 Seleção de óleos essenciais com atividade inseticida contra *Duponchelia fovealis*

A taxa de mortalidade de *D. fovealis* submetidos ao tratamento com OEs, apresentou diferença estatística entre os tratamentos e o controle ( $p < 0,0001$ ). Todos os OEs testados causaram mortalidade superior a 50% nas larvas em 48 h após a aplicação dos produtos. Entretanto, apenas os óleos essenciais de ED, MR, OG e PP apresentaram atividade inseticida acima de  $\geq 80\%$  no controle de *D. fovealis*. A menor mortalidade foi observada no tratamento CO com 62,30%, e o tratamento MR causou maior índice de mortalidade em *D. fovealis* com 97,50% na mesma concentração (Figura 1).

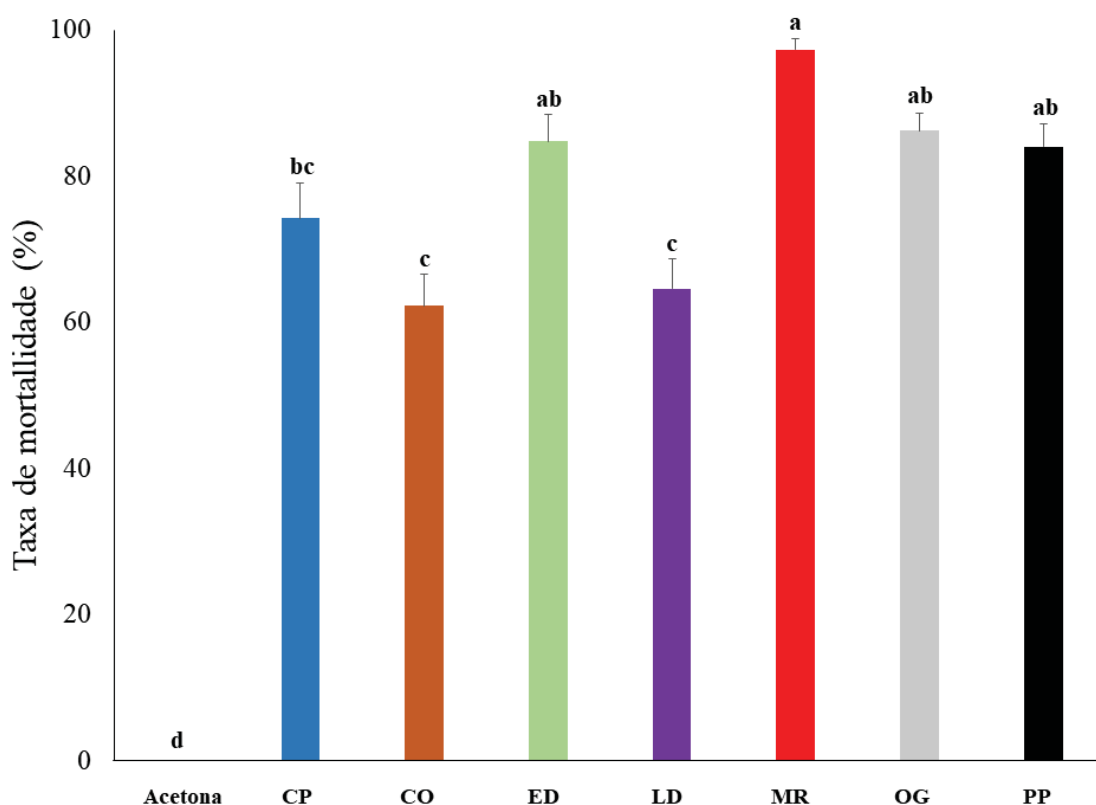


Figura 1. Mortalidade (média  $\pm$  desvio padrão) de *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) após 48 h de exposição à aos OEs de *Chamaecyparis obtusa* (CO), *Chamaecyparis pisifera* (CP), *Eucalyptus dunnii* (ED), *Lavanda dentata* (LD), *Melaleuca raphiophylla* (MR), *Ocimum gratissimum* (OG) e *Pimenta pseudocaryophyllus* (PP) na concentração de 10%. Acetona foi usada como controle negativo. Colunas com a mesma letra estão no mesmo grupo pela análise do teste de Tukey ( $p < 0,0001$ ).

#### 4.4.3 Avaliação da toxicidade e estimativa da concentração letal de óleos essenciais contra *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae)

Todos os OEs avaliados nesse experimento demonstraram elevada toxicidade em lagartas de terceiro instar de *D. fovealis*, sendo possível determinar a CL<sub>90</sub> para todos os produtos testados. Os OEs de ED e MR apresentaram maior toxicidade em comparação aos demais tratamentos, e o OE de OG demonstrou necessitar de concentrações mais elevadas para causar mortalidade de 90% da população de lagartas (Tabela 2). Não foi constatada mortalidade no controle negativo (acetona).

Tabela 2 Toxicidade dos óleos essenciais de *Eucalyptus dunnii* (ED), *Melaleuca raphiophylla* (MR), *Ocimum gratissimum* (OG) e *Pimenta pseudocaryophyllus* (PP) contra larvas de *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae), após 48 h de exposição.

Tratamento	N	Coefficiente Angular	CL <sub>25</sub> (IC 95%)	CL <sub>50</sub> (IC 95%)	CL <sub>90</sub> (IC 95%)	Chi-quadrado
ED	732	1,98 ± 0,124	0,62 (0,39-0,85)	1,36 (1,02-1,80)	6,04 (4,11-11,0)	9,5
MR	758	2,31 ± 0,190	0,87 (0,46-1,25)	1,72 (1,19-2,16)	6,17 (4,89-8,99)	11
OG	807	1,81 ± 1,39	1,57 (1,21-1,91)	3,70 (3,21-4,17)	18,80 (15,6-24,0)	0,98
PP	800	3,58 ± 0,228	1,66 (1,28-1,96)	2,56 (2,2-2,90)	5,83 (4,89-7,66)	12,8

#### 4.5 DISCUSSÃO

Os OEs são considerados produtos naturais promissores para serem utilizados como alternativa de controle visando o MIP, pois demonstram ter potencial como bioinseticidas para o controle de diversas espécies de insetos (Benelli et al. 2019). Os OEs de algumas espécies podem possuir efeito inseticida, repelente e antialimentar (Sombra et al. 2020). Alguns produtos podem possuir ação ovicida (Sombra et al. 2020) e/ou larvicida (Benelli et al. 2020), cujo modo de ação pode ser por contato ou fumigante (Zimmermann et al. 2022). Nesse contexto, o presente estudo é o primeiro relato da atividade inseticida dos OEs de *C. obtusa*, *C. pisifera*, *E. dunnii*, *L. dentata*, *M. raphiophylla*, *O. gratissimum* e *P. pseudocaryophyllus* contra *D. fovealis*.

Os OEs são definidos como uma mistura de compostos químicos (Benelli et al. 2020), com grande variabilidade entre eles, os quais são responsáveis pelas atividades biológicas desses produtos (Silva et al. 2020). No presente estudo, foi observado uma variação na composição química entre os OEs, incluindo entre espécies do mesmo gênero (*Chamaecyparis*), com uma predominância na ocorrência de monoterpenos entre os compostos. Essa variação na composição química, tanto qualitativa quanto quantitativa, demonstrada na análise da identificação dos compostos, pode ser ocasionada por influência de fatores como, a espécie vegetal, época de coleta, condições edafoclimáticas, genética, método e tempo de extração (Khani et al. 2017). Porém, nossos resultados demonstram que apesar de haver essa variabilidade, houve a prevalência de alguns compostos em todas ou na

maioria das espécies, com destaque para as moléculas  $\alpha$ -pineno,  $\beta$ -pineno, mirceno e limoneno, sendo 1 todas moléculas pertencentes ao grupo dos monoterpenos.

Dentre os OEs testados, apenas as espécies *E. dunnii*, *M. raphiophylla*, *O. gratissimum* e *P. pseudocaryophyllus* apresentaram eficácia no controle de *D. fovealis*, causando mortalidade  $\geq 80\%$ , o que indica que plantas bioativas da família Myrtaceae demonstram ter ação inseticida contra esse inseto. Até o presente momento, só há um relato da bioatividade de OEs contra essa praga, onde foi comprovado que o OE de *Zingiber officinale* teve um efeito inseticida em ovos e em diferentes instares da lagarta da coroa, porém a taxa de mortalidade foi inferior a 20% no 3º instar (Ataide et al. 2020).

Nossos resultados demonstraram que os compostos majoritários do OEs de *C. pisifera* foram  $\alpha$ -pineno, mirceno,  $\delta$ -3-careno, acetato de bornila e limoneno, corroborando com outros estudos sobre a composição química dessa planta, os quais identificaram os mesmos compostos como majoritários (De Pooter et al. 1991; Hong et al. 2001; Kim and Lee 2012). Não há relatos sobre atividade inseticida do OE dessa espécie, dessa forma, o presente trabalho se constitui como o primeiro relato. Para o OE da espécie *C. obtusa*, os compostos sabineno, limoneno, acetato de isobornila,  $\alpha$ -acetato de terpenila e elemol foram os majoritários. Os compostos identificados em nossa amostra foram similares a pesquisa conduzida por Hong et al. (2001), mas que apresentaram proporção quantitativa diferente dessas moléculas. Foram observados resultados similares aos nossos sobre a atividade inseticida do OE de *C. obtusa* contra pragas de grãos armazenados, *Callosobruchus chinensis* L. (Coleoptera: Chrysomelidae) e *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Chrysomelidae) (Park et al. 2003), e dípteros, *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) e *Drosophila melanogaster* (Diptera: Drosophilidae) (Lee et al. 2015), sendo identificado os mesmos compostos majoritários relatados em nosso estudo. Os resultados de Jeon et al. (2005) também demonstraram o potencial inseticida do OE de *C. obtusa* contra os mosquitos *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae) e *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae), porém não foi realizada análise da composição química da amostra estudada.

Em nossa amostra do OE de *E. dunnii* foram identificados os  $\alpha$ -pineno, 1,8-cineol e  $\gamma$ -terpineno como majoritários, sendo comprovada a ação inseticida desse OE contra *D. fovealis*. Outras pesquisas com o OE dessa espécie relataram a ação inseticida contra *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Mossi et al. 2011) e *Blattella germanica* (L.) (Alzogaray et al. 2011), sendo identificados os compostos  $\alpha$ -pineno e 1,8-cineol entre os majoritários, o

que pode indicar que a atividade inseticida desse OE pode estar atrelada a presença em altas quantidades desses monoterpenos.

Nos resultados da análise da composição química do OE de *L. dentata* foram constadas as substâncias  $\beta$ -pineno, 1.8-cineol, fenchone, cânfora como compostos majoritários em nossa amostra, a qual causou baixa taxa de mortalidade em lagartas de *D. fovealis*. Entretanto, outros estudos com o OE de *L. dentata* identificaram compostos majoritários similares aos nossos, variando apenas quantitativamente, e constando atividade inseticida contra *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) (Vicenzo et al. 2021), *S. zeamais* (Coleoptera: Curculionidae), *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae), *Epicauta atomaria* Germar (Coleoptera: Meloidae) (Wagner et al. 2021), *C. pipiens* L. (Diptera: Culicidae) (El-Akhal et al. 2021) e *Callosobruchus maculatus* Fabricius (Coleoptera: Chrysomelidae) (El Abdali et al. 2022).

O OE de *O. gratissimum* em nosso estudo apresentou os seguintes compostos majoritários eugenol, (E)-cariofileno, (E,E)- $\alpha$ -farneseno e  $\beta$ -bisaboleno e demonstrou ter ação inseticida contra *D. fovealis*. Pesquisas demonstraram efeito inseticida desse OE contra diferentes espécies de lepidópteros praga (Cruz et al. 2017; Kobenan et al. 2018; Benelli et al. 2019; Monteiro et al. 2020; Rosette et al. 2020), com compostos majoritários diferindo qualitativa e quantitativamente dos observados em nossos resultados.

A amostra do OE de *M. raphiophylla* apresentou ação inseticida em *D. fovealis*, com composição química semelhante ao relatado por Zimmermann et al. (2022), na qual os autores descreveram pela primeira vez a ação inseticida deste OE, nas espécies *S. zeamais* e *S. oryzae*, com alta taxa de mortalidade ao utilizar o método de fumigação, indicando que a toxicidade desses produtos pode ser afetada pelo método de aplicação (Zimmermann et al. 2021).

O OE de *P. pseudocaryophyllus* utilizado no presente estudo apresentou  $\beta$ -pineno, eugenol, metileugenol, (E)-cariofileno como compostos majoritários, e com elevada ação inseticida contra *D. fovealis*. Até o presente momento, só há um estudo com o OE *P. pseudocaryophyllus* no qual foi avaliado a ação inseticida contra *S. zeamais*, pelo método de fumigação, com os compostos  $\alpha$ -felandreno, p-cymeno, terpinoleno, chavibetol e metil eugenol em maior proporção na análise da composição química (Ribeiro et al. 2015a).

A variação observada na taxa de mortalidade de *D. fovealis* causada pelos os OEs, usados no presente estudo, pode ser atribuído a sua composição química qualitativa e quantitativamente (Murcia-Meseguer et al. 2018), pois esses compostos podem causar

alterações morfofisiológicas nos insetos (Sombra et al. 2020), e também em relação ao organismo alvo (Polatoğlu et al. 2017). Entretanto, a atividade inseticida dos OEs pode estar relacionada com outros fatores, como a espécie vegetal utilizada (Krinski et al. 2018; Murcia-Meseguer et al. 2018), o estágio de desenvolvimento do inseto (Ataide et al. 2020; Silva et al. 2020; Sombra et al. 2020), método de aplicação (Polatoğlu and Karakoç 2016; Zimmermann et al. 2022) e com o solvente utilizado para diluição (Krzyżowski et al. 2020).

Nesse estudo, foi observada uma elevada toxicidade dos OEs *E. dunnii*, *O. gratissimum*, *M. raphiophylla* e *P. pseudocaryophyllus* no controle de lagartas de terceiro instar de *D. fovealis*. Em hipótese, esse efeito está associado a algumas moléculas presentes em sua composição química, as quais apresentam-se em maior quantidade e que estão relacionadas com propriedade inseticida contra diferentes insetos (Afshar et al. 2017; Tak and Isman 2017; Benelli et al. 2018a; Ataide et al. 2020; Cai et al. 2020). Nossos resultados mostram que, além da composição química, a concentração também pode influenciar na toxicidade dos OEs, contribuindo para o aumento na taxa de mortalidade da praga (Krzyżowski et al. 2020) .

Os OEs possuem diversos modos de ação, sobretudo de forma neurotóxica, podendo atuar principalmente na inibição da acetilcolinesterase (Saad et al. 2018; Ataide et al. 2020), ácido gama aminobutírico, (Saad et al. 2018), receptores da octopamina (Kostyukovsky et al. 2002) e dos canais de cloro (Isman 2019). Entre os grupos químicos presente em OEs, os monoterpenos são os principais agentes responsáveis pelos efeitos inseticidas desses produtos (Abdelgaleil et al. 2021), pois podem atuar sobretudo no sistema nervoso dos insetos, causando distúrbios fisiológicos neurais e conseqüentemente a morte da praga (Park and Tak 2016).

Os OEs *E. dunnii*, *M. raphiophylla*, *O. gratissimum* e *P. pseudocaryophyllus* demonstram ser constituídos de diferentes moléculas químicas e com diferentes modos de ação (multisítios), e apresentaram alta toxicidade e com rápido efeito letal contra lagartas de 3º instar *D. fovealis*, demonstrando potencial inseticida para o manejo dessa praga.

## REFERÊNCIAS

Abbott WS (1925) The Value of the Dry Substitutes for Liquid Lime. *J Econ Entomol* 18:265–267

Abdelgaleil SAM, Gad HA, Ramadan GRM, et al (2021) Monoterpenes: chemistry, insecticidal activity against stored product insects and modes of action—a review. *Int J Pest Manag* 1–23. <https://doi.org/10.1080/09670874.2021.1982067>

Adams RP (2017) Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectroscopy, 5th ed. Texensis Publishing, New York.

Afshar FH, Maggi F, Iannarelli R, et al (2017) Comparative toxicity of *Helosciadium nodiflorum* essential oils and combinations of their main constituents against the cabbage looper, *Trichoplusia ni* (Lepidoptera). *Ind Crops Prod* 98:46–52. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.01.004>

Alzogaray RA, Lucia A, Zerba EN, Masuh HM (2011) Insecticidal activity of essential oils from eleven Eucalyptus spp. and two hybrids: Lethal and sublethal effects of their major components on *Blattella germanica*. *J Econ Entomol* 104:595–600. <https://doi.org/10.1603/EC10045>

Ataide JO, Pratisoli D, Melo Fragoso DF, Pinheiro PF (2020) Characterization and insecticide activity of essential oil of *Zingiber officinale* roscoe - zingiberaceae on *Duponchelia fovealis* zeller, 1847 (Lepidoptera: Crambidae). *Rev em Agronegocio e Meio Ambient* 13:693–705. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2020V13N2P693-705>

Basaid K, Chebli B, Mayad EH, et al (2020) Biological activities of essential oils and lipopeptides applied to control plant pests and diseases: a review. *Int J Pest Manag* 0:1–23. <https://doi.org/10.1080/09670874.2019.1707327>

Benatto A, de Souza MT, de Souza M. T, et al (2021). Sampling methods and meteorological factors on pests and beneficial organisms in strawberries. *EntomoBrasilis*, 14, e926-e926.

<https://doi.org/10.12741/ebrasilis.v14.e926>

Benelli G, Govindarajan M, AlSalhi MS, et al (2018a) High toxicity of camphene and  $\gamma$ -elemene from *Wedelia prostrata* essential oil against larvae of *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). *Environ Sci Pollut Res* 25:10383–10391. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9490-7>

Benelli G, Pavela R, Maggi F, et al (2019) Insecticidal activity of the essential oil and polar extracts from *Ocimum gratissimum* grown in Ivory Coast: Efficacy on insect pests and vectors and impact on non-target species. *Ind Crops Prod* 132:377–385. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.02.047>

Benelli G, Pavela R, Petrelli R, et al (2018b) The essential oil from industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) by-products as an effective tool for insect pest management in organic crops. *Ind Crops Prod* 122:308–315. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.05.032>

Benelli G, Pavoni L, Zeni V, et al (2020) Developing a highly stable carlina acaulis essential oil nanoemulsion for managing *Lobesia botrana*. *Nanomaterials* 10:1–15. <https://doi.org/10.3390/nano10091867>

Bernardi D, Botton, M, Nava DE, Zawadneak MAC. Guia para identificação e monitoramento de pragas e seus inimigos naturais em morangueiro. Brasília, DF: Embrapa, 46 p., 2015.

Bonsignore CP, Vacante V. *Duponchelia fovealis* Zeller. Une nuova emergenza per la fragola? *Protezione delle colture*, v. 3, p. 40-43, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Agrofit—sistema de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em: [http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons). Acesso em: 25 mai. 2022.

CABI (Centre of Agriculture and Biosciences International). Invasive species compendium,

2020. Disponível em: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/20168>. Acesso em: 24 mai. 2022.

Cai Y, Hu X, Wang P, et al (2020) Biological activity and safety profile of monoterpenes against *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae). *Environ Sci Pollut Res* 27:24889–24901. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08751-y>

CRUZ-ESTEBAN, S.; ROJAS, J. C. Pheromone-Baited Traps Confirm the Presence of *Duponchelia fovealis* in Strawberry Crops in Mexico. *Southwestern Entomologist*, v. 46, p. 533-536, 2021. DOI. <https://doi.org/10.3958/059.046.0224>.

Cruz GS, Wanderley-Teixeira V, da Silva LM, et al (2017) Chemical Composition and Insecticidal Activity of the Essential Oils of *Foeniculum vulgare* Mill., *Ocimum basilicum* L., *Eucalyptus staigeriana* F. Muell. ex Bailey, *Eucalyptus citriodora* Hook and *Ocimum gratissimum* L. and Their Major Components on Spodopter. *J Essent Oil-Bearing Plants* 20:1360–1369. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2017.1383192>

De Pooter HL, Vermeesch JR, De Buyck LF, et al (1991) Volatile fractions of *Chamaecyparis lawsoniana* (A. Murray) Parl, and *Chamaecyparis pisifera* (Sieb. et Zucc.) Endl. var. *filifera*. identification of oplopanonyl acetate. *J Essent Oil Res* 3:1–6. <https://doi.org/10.1080/10412905.1991.9697898>

Ebadollahi A, Ziaee M, Palla F (2020) Essential oils extracted from different species of the Lamiaceae plant family as prospective bioagents against several detrimental pests. *Molecules* 25:1–15. <https://doi.org/10.3390/molecules25071556>

Efil L, Ozgür O, Efil F (2014) A new pest, *Duponchelia fovealis* Zeller, on strawberries in Turkey: damage, distribution and parasitoid. *J Entomol Zool Stud* v. 2, p. 328–334. Disponível em: <https://www.entomoljournal.com/archives/2014/vol2issue4/PartG/29.pdf>>

El-Akhal F, Ramzi A, Farah A, et al (2021) Chemical Composition and Larvicidal Activity of *Lavandula angustifolia* Subsp. *angustifolia* and *Lavandula dentata* Spp. *dentata* Essential Oils against *Culex pipiens* Larvae, Vector of West Nile Virus. *Psyche J Entomol* 2021:.

<https://doi.org/10.1155/2021/8872139>

El Abdali Y, Agour A, Allali A, et al (2022) *Lavandula dentata* L.: Phytochemical Analysis, Antioxidant, Antifungal and Insecticidal Activities of Its Essential Oil. *Plants* 11: <https://doi.org/10.3390/plants11030311>

FAOSTAT, Crops and livestock products. Strawberries. 2020. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>> . Acesso em: 18 Jun. 2022

Filomeno CA, Barbosa LCA, Teixeira RR, et al (2017) *Corymbia* spp. and *Eucalyptus* spp. essential oils have insecticidal activity against *Plutella xylostella*. *Ind Crops Prod* 109:374–383. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.08.033>

Hong C-U, Kim C-S, Kim N-G, Kim Y-H (2001) Composition of Essential Oils from the Leaves and the Fruits of *Chamaecyparis obtusa* and *Chamaecyparis pisifera*. *J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol.* 44:116–121

Isman MB (2020) Bioinsecticides based on plant essential oils: A short overview. *Zeitschrift fur Naturforsch - Sect C J Biosci* 75:179–182. <https://doi.org/10.1515/znc-2020-0038>

Isman MB (2019) Commercial development of plant essential oils and their constituents as active ingredients in bioinsecticides. *Phytochem Rev* 9: <https://doi.org/10.1007/s11101-019-09653-9>

Jeon J-H, Lee S-H, Kim M-K, Lee H-S (2005) Larvicidal Activity of *Chamaecyparis obtusa* and *Thuja orientalis* Leaf Oils against Two Mosquito Species. *Agric Chem Biotechnol* 48:26–28

Khani M, Marouf A, Amini S, et al (2017) Efficacy of Three Herbal Essential Oils Against Rice Weevil, *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). *J Essent Oil-Bearing Plants* 20:937–950. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2017.1355748>

Kim MG, Lee HS (2012) Volatile constituents of essential oils extracted from two varieties

of *chamaecyparis pisifera* in korea. J Essent Oil-Bearing Plants 15:364–367.  
<https://doi.org/10.1080/0972060X.2012.10644061>

Kobenan KC, Tia VE, Ochou GEC, et al (2018) Comparaison du potentiel insecticide des huiles essentielles de *Ocimum gratissimum* L. et de *Ocimum canum* Sims sur *Pectinophora gossypiella* Saunders (Lepidoptera : Gelechiidae), insecte ravageur du cotonnier en Côte d’Ivoire. Eur Sci Journal, ESJ 14:286. <https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n21p286>

Kostyukovsky M, Rafaeli A, Gileadi C, et al (2002) Activation of octopaminergic receptors by essential oil constituents isolated from aromatic plants: Possible mode of action against insect pests. Pest Manag Sci 58:1101–1106. <https://doi.org/10.1002/ps.548>

Krinski D, Foerster LA, Deschamps C (2018) Efeito ovicida de óleos essenciais de 18 espécies Brasileiras de piper: Controlando *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera, Erebidæ) no estágio inicial de desenvolvimento. Acta Sci - Agron 40:.. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v40i1.35273>

Krzyżowski M, Baran B, Łozowski B, Francikowski J (2020) The role of dilution mediums in studies of fumigant insecticidal activity of essential oils. J Pest Sci (2004) 93:1119–1124. <https://doi.org/10.1007/s10340-020-01241-7>

Lahiri L, Smith HA, Midhula Gireesh M, et al (2022) Arthropod Pest Management in Strawberry. Insects (Basel, Switzerland), v. 1, n. 5 p. 475. <https://doi.org/10.3390/insects13050475>

Lee SH, Do HS, Min KJ (2015) Effects of Essential Oil from *Hinoki Cypress*, *Chamaecyparis obtusa*, on Physiology and Behavior of Flies. PLoS One 10:1–14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0143450>

Minho AP, Gaspar EB, Domingues R (2016) Guia Prático para Determinação de Curva Dose-Resposta e Concentração Letal em Bioensaios com Extratos Vegetais. Bagé, RS. Comunicado técnico 93. Bagé, RS. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/172038/1/Comunicado-Tecnico-n-93.pdf>.

Monteiro IN, Monteiro O dos S, Oliveira AKM de, et al (2020) Chemical analysis and insecticidal activity of *Ocimum gratissimum* essential oil and its major constituent against *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). Res Soc Dev 9:e4999119787. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i11.9787>

Mossi AJ, Astolfi V, Kubiak G, et al (2011) Insecticidal and repellency activity of essential oil of *Eucalyptus* sp. against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera, Curculionidae). J Sci Food Agric 91:273–277. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4181>

Murcia-Meseguer A, Alves TJS, Budia F, et al (2018) Insecticidal toxicity of thirteen commercial plant essential oils against *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). Phytoparasitica 46:233–245. <https://doi.org/10.1007/s12600-018-0655-9>

Park IK, Lee SG, Choi DH, et al (2003) Insecticidal activities of constituents identified in the essential oil from leaves of *Chamaecyparis obtusa* against *Callosobruchus chinensis* (L.) and *Sitophilus oryzae* (L.). J Stored Prod Res 39:375–384. [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(02\)00030-9](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(02)00030-9)

Park YL, Tak JH (2016) Essential oils for arthropod pest management in agricultural production systems. Elsevier Inc.

Pavela R (2016) History, presence and perspective of using plant extracts as commercial botanical insecticides and farm products for protection against insects – a review. Plant Prot Sci 52:229–241. <https://doi.org/10.17221/31/2016-PPS>

Piri A, Sahebzadeh N, Zibae A, et al (2020) Toxicity and physiological effects of ajwain (*Carum copticum*, Apiaceae) essential oil and its major constituents against *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). Chemosphere 256:127103. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127103>

Polatoğlu K, Karakoç ÖC (2016) Biologically Active Essential Oils against Stored Product Pests. In: Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety. Elsevier, pp 39–59

Polatoğlu K, Karakoç ÖC, Yücel Yücel Y, et al (2017) Insecticidal activity of *Salvia veneris* Hedge. Essential oil against coleopteran stored product insects and *Spodoptera exigua* (Lepidoptera). Ind Crops Prod 97:93–100. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.12.012>

Ribeiro LP, Ansante TF, Niculau ES, et al (2015a) *Pimenta pseudocaryophyllus* Derivatives: Extraction Methods and Bioactivity Against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). Neotrop Entomol 44:634–642. <https://doi.org/10.1007/s13744-015-0321-6>

Ribeiro RC, Zanuncio TV, Ramalho F de S, et al (2015b) Feeding and oviposition of *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae) with sublethal concentrations of ten condiments essential oils. Ind Crops Prod 74:139–143. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.03.057>

Rosette F, Essoung E, Tadjong AT, et al (2020) Repellence and fumigant toxicity of essential oils of *Ocimum gratissimum* and *Ocimum kilimandscharicum* on *Tuta absoluta* (Lepidoptera : Gelechiidae ). 37963–37976

Ruttanaphan T, Pluempanupat W, Aungsirisawat C, et al (2019) Effect of Plant Essential Oils and Their Major Constituents on Cypermethrin Tolerance Associated Detoxification Enzyme Activities in *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). J Econ Entomol 112:2167–2176. <https://doi.org/10.1093/jee/toz126>

Saad MMG, Abou-Taleb HK, Abdelgaleil SAM (2018) Insecticidal activities of monoterpenes and phenylpropenes against *Sitophilus oryzae* and their inhibitory effects on acetylcholinesterase and adenosine triphosphatases. Appl Entomol Zool 53:173–181. <https://doi.org/10.1007/s13355-017-0532-x>

Silva IM, Soares MA, Tavares WS, et al (2020) Toxicity of Essential Oils to *Diaphania hyalinata* (Lepidoptera: Crambidae) and Selectivity to Its Parasitoid *Trichospilus pupivorus* (Hymenoptera: Eulophidae). J Econ Entomol 113:2399–2406.

<https://doi.org/10.1093/jee/toaa172>

Sombra KES, de Aguiar CVS, de Oliveira SJ, et al (2020) Potential pesticide of three essential oils against *Spodoptera frugiperda* (J.e. smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Chil J Agric Res* 80:617–628. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392020000400617>

Stocks SD, Hodges A (2014) European Pepper Moth or Southern European Marsh Pyralid *Duponchelia fovealis* (Zeller). Disponível em: <http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/IN/IN91000.pdf>>. Acesso em: 12 Jun, 2022.

Tak JH, Isman MB (2017) Penetration-enhancement underlies synergy of plant essential oil terpenoids as insecticides in the cabbage looper, *Trichoplusia ni*. *Sci Rep* 7:1–11. <https://doi.org/10.1038/srep42432>

Tak JH, Jovel E, Isman MB (2016) Contact, fumigant, and cytotoxic activities of thyme and lemongrass essential oils against larvae and an ovarian cell line of the cabbage looper, *Trichoplusia ni*. *J Pest Sci* (2004) 89:183–193. <https://doi.org/10.1007/s10340-015-0655-1>

Van den Dool H, Dec. Kratz P (1963) A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas—liquid partition chromatography. *J Chromatogr A* 11:463–471. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(01\)80947-X](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(01)80947-X)

Vargas-Méndez LY, Sanabria-Flórez PL, Saavedra-Reyes LM, et al (2019) Bioactivity of semisynthetic eugenol derivatives against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae infesting maize in Colombia. *Saudi J Biol Sci* 26:1613–1620. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2018.09.010>

Vicenço CB, Silvestre WP, Menegol IV, et al (2021) Insecticidal Activity of *Lavandula dentata* L. Essential Oil on *Anticarsia gemmatalis* (Hübner, 1818). *Brazilian Arch Biol Technol* 64:1–10. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2021210327>

Wagner LS, Sequin CJ, Foti N, Campos-Soldini MP (2021) Insecticidal, fungicidal, phytotoxic activity and chemical composition of *Lavandula dentata* essential oil. *Biocatal*

Agric Biotechnol 35:102092. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102092>

Zawadneak MAC, Goncalves RB, Kuhn TM, et al (2011) Novo desafio. Cultivar HF 8/9, p. 24-26.

Zawadneak MAC, Gonçalves RB, Pimentel IC, et al (2016). First Record of *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) in South America. *Idesia*, v. 34, n. 3, p. 91-95, 2016. DOI. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292016000300011>.

Zawadneak MAC, Gonçalves RB, Poltronieri AS, et al (2017) Biological parameters of *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) reared in the laboratory on two diets. *European Journal of Entomology*, v.114, p. 291–294. <https://doi.org/10.14411/eje.2017.035>

Zimmermann RC, Aragão CE de C, Araújo PJP de, et al (2021) Insecticide activity and toxicity of essential oils against two stored-product insects. *Crop Prot* 144:105575. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105575>

Zimmermann RC, Poitevin CG, Bischoff AM, et al (2022) Insecticidal and antifungal activities of *Melaleuca raphiophylla* essential oil against insects and seed-borne pathogens in stored products. *Ind Crops Prod* 182:114871. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114871>

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cultivo do morango é relevante para pequenas propriedades, pois tem uma produção de alta rentabilidade, quando comparada com outras culturas e pode ser realizada principalmente pela agricultura familiar. Porém, esta cultura tem uma grande incidência de pragas, dentre elas se destaca o microlepidóptero *Duponchelia fovealis* Zeller, 1847 (Lepidoptera: Crambidae). Conhecida como lagarta-da-coroa do morangueiro, tem causado grandes prejuízos em diversas regiões do Brasil. Os fatores que caracterizam esse inseto como praga-chave são a sua recorrência durante todo o ciclo de cultivo, e por atacar todas as fases da cultura, podendo ocasionar a morte da planta. Agrotóxicos registrados para o seu controle são inexistentes. Desta forma, aplicações sem a devida recomendação técnica podem comprometer a sanidade dos frutos, de uso preferencialmente de consumo *in natura*. Portanto, alternativas viáveis de controle da praga, sem comprometer a qualidade do produto final, são necessárias.

Nossa pesquisa sobre resistência de cultivares de morango, demonstrou que de *D. fovealis* completou o ciclo em todas as cultivares estudadas (Albion, Aromas, Portola, San Andreas). Evidências de resistência do tipo antibiose foram observadas em ‘Aromas’, ‘Portola’ e, principalmente, ‘Albion’, cultivar na qual foi registrada aumento da duração do período de ovo a adulto dos insetos e redução da razão sexual.

A cultivar Albion apresentou o maior consumo foliar, apesar da alta densidade de tricomas glandulares, indicando que estes não afetaram a alimentação de larvas de *D. fovealis*. Portanto, nossos resultados sugerem que, embora não apresente antixenose, a cultivar Albion apresenta indícios de antibiose com relação à *D. fovealis*, levando à redução dos parâmetros de crescimento populacional, podendo ser utilizada no controle desta praga.

Nossos resultados sobre ação inseticida de OEs contra *D. fovealis*, demonstrou que as espécies *E. dunnii*, *M. raphiophylla*, *O. gratissimum* e *P. pseudocaryophyllus* demonstraram ter ação inseticida e apresentaram eficácia no controle de *D. fovealis*, causando mortalidade  $\geq 80\%$ , sendo constatada maior toxicidade para os OEs de *E. dunnii* e *M. raphiophylla*. A variação na taxa de mortalidade causada pelos os OEs, usados no presente estudo, pode ser atribuído a sua composição química qualitativa e quantitativa, identificada em nossos resultados, porém os monoterpenos são os principais agentes responsáveis pelos efeitos inseticidas desses produtos. Com isso, concluímos que os OEs acima mencionados, demonstram ser produtos eficazes contra lagartas de 3º instar *D. fovealis*, podendo serem

utilizados como substâncias químicas para o manejo dessa praga, sendo promissores dentro de estratégias de manejo integrado de pragas, podendo serem utilizados na produção orgânica de morangos.

Sendo assim, a utilização de plantas resistentes são de grande importância no manejo de *D. fovealis*, possibilitando a redução no uso de agroquímicos. A utilização de óleos essenciais demonstrou uma grande eficácia nos testes em laboratório em *D. fovealis*, podendo esta ser uma importante alternativa no combate a esta praga. Entretanto, é necessário o aprimoramento da pesquisa como estudos em campo para validar os resultados dos testes em laboratório, bem como avaliar os efeitos sobre organismos não alvo.

## REFERÊNCIA GERAL

ABBOTT W.S. The Value of the Dry Substitutes for Liquid Lime. **Journal of Economic Entomology**, v. 18, p. 265–267, 1925.

ABDELGALEIL, S. A. M.; GAD H. A.; RAMADAN G. R. M.; EL-BAKRY A. M.; EL-SABROUT A. M. Monoterpenes: chemistry, insecticidal activity against stored product insects and modes of action—a review. **International Journal of Pest Management**, p. 1–23, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/09670874.2021.1982067>

ADAMS, R. P. Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/ Mass Spectroscopy, 5th ed. Texensis Publishing, New York, 2017.

AFIFI, A. A. M.; EL-LAITHY, A. Y. M.; SHEHATA, S. A.; EL-SAIEDY, E. S. M. A. Resistance of strawberry plants against the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). In: Sabelis, M.; Bruin, J. (Ed.). **Trends in Acarology**. Springer, Dordrecht, 2010. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-90-481-9837-5\\_85](https://doi.org/10.1007/978-90-481-9837-5_85)

AFSHAR, F. H.; MAGGI, F.; IANNARELLI, R.; CIANFAGLIONE, K.; ISMAN, M. B. Comparative toxicity of *Helosciadium nodiflorum* essential oils and combinations of their main constituents against the cabbage looper, *Trichoplusia ni* (Lepidoptera). **Industrial Crops and Products**, v. 98, p. 46–52, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.01.004>

AGRAWAL, A. A. Current Trends in the Evolutionary Ecology of Plant Defence. **Functional Ecology**, v. 25, n. 2, p. 420-32, 2011.

ALANO, D. M.; ARAUJO, E. S.; MIRÁS-AVALOS, J. M.; PIMENTEL, I. C.; ZAWADNEAK, M. A. C. Short Communication: Sublethal Effects of Insecticides Used in Strawberry on *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Spanish Journal of Agricultural Research: SJAR**, v. 19, n. 1, 2021.

ALI, A.; RAKHA, M.; SHAHEEN, F.A.; SRINIVASAN, R. Resistance of certain wild tomato (*Solanum* spp.) accessions to *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) based on choice and no-choice bioassays. **Florida Entomologist**. v. 102, n. 3, p. 544-548, 2019.

ALMEIDA, A. C. de S.; SILVA, C. L. T.; LÍGIA ALVES DE PAIVA, L. A. de; ARAUJO, M. da S.; FLÁVIO GONÇALVES DE JESUS, F. G. de. Antibiosis in Soybean Cultivars to *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae). **Florida Entomologist**, v. 100, n. 2, p. 334-38, 2017.

ALVES, M. C.; MATOSO, E. S.; PEIL, R. M. N. What is the profile of strawberry producers in the south Brazilian region and what do they think about substrate cultivation? **Horticultura Brasileira**, v. 38, p. 428-433, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-0536202004014>.

ALZOGARAY, R. A.; LUCIA, A; ZERBA, E. N.; MASUH, H. M. Insecticidal activity of

essential oils from eleven *Eucalyptus* spp. and two hybrids: Lethal and sublethal effects of their major components on *Blattella germanica*. **Journal of Economic Entomology**, v. 104, p. 595–600, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1603/EC10045>

AMATUZZI, R. F.; POITEVIN, C. G.; POLTRONIERI, A. S.; ZAWADNEAK, M. A. C.; AND IDA C PIMENTEL, I. C. Susceptibility of *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae) to Soil-Borne Entomopathogenic Fungi. **Insects** (Basel, Switzerland), v. 9, n. 2, p. 70, 2018a.

AMATUZZI, R. F.; CARDOSO, N.; POLTRONIERI, A. S.; POITEVIN, C. G.; DALZOTO, P.; ZAWADNEAK, M. A. C.; PIMENTEL, I. C. Potential of Endophytic Fungi as Biocontrol Agents of *Duponchelia fovealis* (Zeller) (Lepidoptera: Crambidae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 78, n. 3, p. 429-35, 2018b.

AMOABENG, B. W.; JOHNSON, A. C.; GURR, G. M. Natural enemy enhancement and botanical insecticide source: a review of dual use companion plants. **Applied Entomology and Zoology**, v. 54, p. 1-19, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s13355-018-00602-0>.

ANDRADE, P. **Fruticultura – Morango**. Paraná – Governo do Estado Secretaria da Agricultura e Abastecimento. Departamento de Economia Rural – DERAL, Divisão de Conjuntura Agropecuária, 2021. Boletim Semanal.

ANDREWARTHA, H. G.; BIRCH, C. **The distribution and abundance of animals**. Chicago University Press, Chicago, 1954.

ANTUNES, L. E. C.; BONOW, S. **Morango**: produção aumenta ano a ano. Anuário HF 2021, Campo & Negócios, 2021. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/222342/1/Antunes-Anuario-HF-2021-pag-87.pdf>. Acesso em: 24 maio de 2022.

ANTUNES, L. E. C.; BONOW, S.; REISSER JUNIOR, C. **Morango – Crescimento constante em área e produção**. Anuário HF 2020, Campo & Negócios, 2020. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/213216/1/Anuario-HF-2020-LEC-Antunes.pdf>. Acesso em: 24 mai. 2022.

ARAUJO, E. S.; BENATTO, A.; MÓGOR, A. F. PENTEADO, S. C.; ZAWADNEAK, M. A. C. Biological Parameters and Fertility Life Table of *Aphis forbesi* Weed, 1889 (Hemiptera: Aphididae) on Strawberry. **Brazilian Journal of Biology**, v. 76, n. 4 p. 937-41, 2016.

ARAUJO, E. S.; BENATTO, A.; RIZZATO, F. B.; POLTRONIERI, A. S.; POITEVIN, C. G.; ZAWADNEAK, M. A. C.; PIMENTEL, I. C. Combining Biocontrol Agents with Different Mechanisms of Action to Control *Duponchelia fovealis*, an Invasive Pest in South America. **Crop Protection**, v.134, p. 105-184, 2020a.

ARAUJO, E. S.; POLTRONIERI, A. S.; POITEVIN, C. G.; MIRÁS-AVALOS, J. M.; ZAWADNEAK, M. A. C.; PIMENTEL, I. C. Compatibility between Entomopathogenic Fungi and Egg Parasitoids (Trichogrammatidae): A Laboratory Study for Their Combined Use to Control *Duponchelia fovealis*. **Insects** (Basel, Switzerland), v. 11, n. 9, p. 630, 2020b.

ARAUJO, E. S.; BENATTO, A.; MIRÁS-AVALOS, J. M.; ROGOSKI, T.; OELKE, S.F.; SCHUSSLER, M.; FERLA, N. J.; CARVALHO, S. A. DE; ZAWADNEAK, M. A. C. Acarofauna present in organic strawberry fields and associated weed species in southern Brazil. **Experimental and Applied Acarology**, v. 86, p. 91-115, 2022.

ATAIDE, J. O.; PRATISSOLI, D.; FRAGOSO, D. F. M.; PINHEIRO, P. F. Caracterização e atividade inseticida do óleo essencial de *Zingiber officinale* Roscoe - Zingiberaceae sobre *Duponchelia fovealis* zeller, 1847 (Lepidoptera: Crambidae). **Revista Em Agronegócio E Meio Ambiente**, v. 13, n. 2, p. 693-705, 2020.

AWADALLA, S. S.; ZAYED, G. M.; HASHEM, A. S. Chemical Composition and Bioactivity of Three Plant Essential Oils against *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus oryzae* (L.). **Journal of Plant Prot and Path**, v. 8, n. 10, p. 535–539, 2017.

BACHROUCH, O.; FERJANI, N.; HAOUEL, S.; JEMÂA, J. M. B. Major compounds and insecticidal activities of two *Tunisian artemisia* essential oils toward two major coleopteran pests. **Industrial Crops and Products**, v. 65, p. 127–133, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.12.007>.

BAJA, F.; POITEVIN, C. G.; ARAUJO, E. S.; MIRÁS-AVALOS, J. M.; ZAWADNEAK, M. A. C.; PIMENTEL, I. C. Infection of *Beauveria Bassiana* and *Cordyceps Javanica* on Different Immature Stages of *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae). **Crop Protection**, v. 138, p. 105-347, 2020.

BALDIN, E. L. L.; PANNUTI, L. E. DA R.; BENTIVENHA, J. P. F. Antixenose. In: BALDIN, E. L. L.; VENDRAMIN, J. D.; LOURENÇÃO, A. L. (Ed.). **Resistência de plantas a insetos: fundamentos e aplicações**. Piracicaba, São Paulo, p. 137-183, 2019.

BARBOSA, L. R.; CARVALHO, C. F.; AUAD, A. M.; BRÍGIDA DE SOUZA, B. DE; BATISTA, E. S. DE P. Tabelas De Esperança De Vida E Fertilidade De *Myzus Persicae* Sobre Pimentão Em Laboratório E Casa De Vegetação. **Bragantia**, v. 70, n. 2, p. 375-82, 2011.

BASAID, K.; CHEBLI, B.; MAYAD, E.; FURZE, J. N.; BOUHARROUD, R.; KRIER, F.; BARAKATE, M.; PAULITZ, T. Biological activities of essential oils and lipopeptides applied to control plant pests and diseases: a review. **International Journal of Pest Management**, v. 0 p. 1–23, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/09670874.2019.1707327>

BENATTO, A.; MÓGOR, A. F.; PENTEADO, S. C.; PEREIRA, L. S.; SALAS, F. J. S.; ZAWADNEAK, M. A. C. Influence of trichomes in strawberry cultivars on the feeding behavior of *Chaetosiphon fragaefolii* (Cockerell) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, v. 47, p. 569-576, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13744-018-0596-5>

BENATTO, A.; PENTEADO, S. C.; ZAWADNEAK, M. A. C. Performance of *Chaetosiphon fragaefolii* (Hemiptera: Aphididae) in different Strawberry Cultivars. **Neotropical Entomology**, v. 48, p. 692-698, 2019.

BENATTO, A.; DE SOUZA, M. T.; DE SOUZA, M. T.; MÓGOR, A. F.; PIMENTEL, I.

C.; ZAWADNEAK, M. A. C. Sampling methods and meteorological factors on pests and beneficial organisms in strawberries. **EntomoBrasilis**, 14, e926-e926, 2021.

BENELLI, G.; GOVINDARAJAN, M.; ALSALHI, M. S.; DEVANESAN, S.; MAGGI F. High toxicity of camphene and  $\gamma$ -elemene from *Wedelia prostrata* essential oil against larvae of *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, p. 10383–10391, 2018a. [https DOI: doi.org/10.1007/s11356-017-9490-7](https://doi.org/10.1007/s11356-017-9490-7)

BENELLI, G.; PAVELA, P.; PETRELLI, R.; CAPPELLACCI, L.; SANTINI, G.; FIORINI, D.; SUT, S.; DALL'ACQUA, S.; CANALE, A.; MAGGI, F. The essential oil from industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) by-products as an effective tool for insect pest management in organic crops. **Industrial Crops and Products**, v. 122, p. 308–315, 2018b. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.05.032>

BENELLI, G.; PAVONI, L.; ZENI, V.; RICCIARDI, R.; COSCI, F.; CACOPARDO, G.; GENDUSA, S.; SPINOZZI, E.; PETRELLI, R.; CAPPELLACCI, L.; MAGGI, F.; PAVELA, R.; BONACUCINA, G.; LUCCHI, A. Developing a highly stable *Carlina acaulis* essential oil nanoemulsion for managing *Lobesia botrana*. **Nanomaterials**, v. 10, p. 1–15, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/nano10091867>

BENELLI, G.; PAVELA, R.; MAGGI, F.; NKUIMI WANDJOU, J. G.; YVETTE FOFIE, N. G. B.; KONÉ-BAMBA, D.; SAGRATINI, G.; VITTORI, S.; CAPRIOLI, G. Insecticidal activity of the essential oil and polar extracts from *Ocimum gratissimum* grown in Ivory Coast: Efficacy on insect pests and vectors and impact on non-target species. **Industrial Crops and Products** v. 132, p. 377–385, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.02.047>

BENTO, M. G. R. **Avaliação da atividade fungicida de óleos essenciais e suas substâncias ativas no controle de fungos de armazenamento**. (Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Agrônoma, especialização em Proteção de Plantas). 121 p. 2016.

BENZI, V.; STEFANAZZI, N.; MURRAY, A. P.; WERDIN GONZÁLEZ, J. O.; FERRERO, A. Composition, Repellent, and Insecticidal Activities of Two South American Plants against the Stored Grain Pests *Tribolium castaneum* and *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae). **ISRN Entomology**, v. 2014, p. 1–5, 2014.

BERNARDI, D.; BOTTON, M.; NAVA, D. E.; ZAWADNEAK, M. A. C. **Guia para identificação e monitoramento de pragas e seus inimigos naturais em morangueiro**. Brasília, DF: Embrapa, 46 p., 2015.

BETHKE, J.; VANDER MEY, B. **Pest Alert: *Duponchelia fovealis***. University of California Cooperative Extension, San Diego. 2010. Disponível em: <http://ucanr.org/sites/cetest/files/55177.pdf>. Acesso em: 18 Jun. 2022.

BOIÇA JÚNIOR, A. L.; BOTTEGA, D. B.; SOUZA, B. H. S. DE; RODRIGUES, N. E. L.; MICHELIN, V. Determination of the resistance types to *Spodoptera cosmioides* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) in soybean genotypes. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 2, p. 607-618, 2015.

BONSIGNORE, C. P.; VACANTE, V. *Duponchelia fovealis* Zeller. Une nuova emergenza per la fragola? **Protezione delle colture**, v. 3, p. 40-43, 2010.

BORTOLI, L. C.; BERTIN, A.; EFROM, C. F. S.; BOTTON, M. Biologia e Tabela De Vida De Fertilidade De *Spodoptera Eridania* (Cramer) (Lepidoptera: Noctuidae) Em Morangueiro E Videira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 4, p. 1068-073, 2012.

BOTTON, M.; NAVA, D. E.; ZAWADNEAK, M. A. C.; BERNARDI, D.; NONDILLO, E. A. Manejo Integrado de Pragas. In: CORREA ANTUNES, L. E.; C. REISSER JÚNIOR, C.; SCHWENGBER, J. E. (Ed.). **Morangueiro**. Brasília, DF: Embrapa, p. 361-411, 2016.

BRAGA, F. T.; NUNES, C. F.; FAVERO, A. C.; PASQUAL, M.; CARVALHO, J. G.; CASTRO, E. M. Anatomical characteristics of the strawberry seedlings micropropagated using different sources of silicon. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 44, n. 2, p. 128–132, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009000200003>.

BRAMBILA, J.; STOCKS, I. The European pepper moth, *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae), a Mediterranean pest moth discovered in central Florida. **FDACS - Division of Plant Industry**, 2010. DOI: 10.13140/RG.2.2.33554.86723

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agrofit—sistema de agrotóxicos fitossanitários**. Disponível em: [http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons). Acesso em: 25 mai. 2022.

BUTT, B. A.; CANTU, E. Sex determination of lepidopterous pupae. **Agricultural Research Service**. v. 7, p. 33-75, 1962.

CABI (Centre of Agriculture and Biosciences International). **Invasive species compendium**, 2020. Disponível em: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/20168>. Acesso em: 24 mai. 2022.

CAI, Y.; HU, X.; WANG, P.; XIE, Y.; LIN, Z.; ZHANG, Z. Biological activity and safety profile of monoterpenes against *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae). **Environmental Science and Pollution Research**. v. 27, p. 24889–24901, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08751-y>

CAMPOLO, O.; GIUNTI, G.; RUSSO, A.; PALMERI, V.; ZAPPALÀ, L. Essential Oils in Stored Product Insect Pest Control. **Journal of Food Quality**, v. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1155/2018/6906105>.

CARVALHO, J. R.; PRATISSOLI, D.; QUADROS, I. P. DA S.; PAES, J. P. P.; KAISER, I. S.; RODRIGUES, H. DE S.; TÚLLER, A. C.; ZUIM, V. Tabela De Esperança De Vida De *Trichogramma Pretiosum* Riley Em Ovos De *Trichoplusia Ni* Hübner Em Diferentes Condicionamentos Térmicos. **EntomoBrasilis**, v. 5, n. 3, p. 173-78, 2012.

CARVALHO, S. P. de. Histórico e evolução da cultura do morangueiro no Brasil nos últimos 50 anos. **Horticultura Brasileira**. Viçosa, v. 29, n. 2, 2011.

COAPIO, G. G.; LÓPEZ, L. C.; GUERENSTEIN, P.; MALO, E. A.; ROJAS, J. C. Oviposition preference and larval performance and behavior of *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae) on host and nonhost plants. **Arthropod-Plant Interact.** v. 12, p. 267–276, 2018.

COSTA, A. F. da; ROSSI, D. A.; LEAL, N. R. Origem, evolução e o melhoramento do morangueiro. In: ZAWADNEAK, M. A. C. SCHUBER, J. M.; MOGOR, A. F. (Eds.). **Como produzir morangos**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, p. 13-43, 2018.

CRUZ, G. S.; WANDERLEY-TEIXEIRA, V.; SILVA, L. M. DA; DUTRA, K. A.; GUEDES, C. A.; OLIVEIRA, J. V. DE; NAVARRO, D. M. A. F.; ARAÚJO, B. C.; TEIXEIRA, Á. A. C. Chemical Composition and Insecticidal Activity of the Essential Oils of *Foeniculum vulgare* Mill., *Ocimum basilicum* L., *Eucalyptus staigeriana* F. Muell. ex Bailey, *Eucalyptus citriodora* Hook and *Ocimum gratissimum* L. and Their Major Components on Spodopter. **Journal of Essential Oil-Bearing Plants**, v. 20, p.m1360–1369, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1080/0972060X.2017.1383192>

CRUZ-ESTEBAN, S.; ROJAS, J. C. Pheromone-Baited Traps Confirm the Presence of *Duponchelia fovealis* in Strawberry Crops in Mexico. **Southwestern Entomologist**, v. 46, p. 533-536, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3958/059.046.0224>.

CURI, P. N.; PECHE, P. M.; PIO, R.; CAPRONI, C. M.; OLIVEIRA, M. S. de. Relationship between Production, Nematodes and "redness" in Strawberries. **Ciência Rural**, v. 46, n. 8, p. 1309-315, 2016.

POOTER, H. L. de; VERMEESCH, J. R.; DE BUYCK, L. F.; DE BRUYN, A. Volatile fractions of *Chamaecyparis lawsoniana* (A. Murray) Parl, and *Chamaecyparis pisifera* (Sieb. et Zucc.) Endl. var. filifera. identification of oplopanonyl acetate. **Journal of Essential Oil Research.** v. 3, p. 1–6, 1991. DOI: <https://doi.org/10.1080/10412905.1991.9697898>

DUARTE, A. F.; BASTOS, P. J. DE; DUARTE, J. L. P.; SILVA, L. R. DA.; CUNHA, U. S. Compatibility of pesticides used in strawberry crops with predatory mites *Stratiolaelaps scimitus* (Womersley) and *Cosmolaelaps brevistilis* (Karg). **Ecotoxicology.** v. 29, p. 148–155, 2020.

EBADOLLAHI, A.; ZAVIEH, E. A.; NAZIFI, A.; SENDI, J. J.; FARJAMINEZHAD, M.; SAMADZADEH, A.; TAJMIRI, P. Chemical composition and bio-pesticidal values of essential oil isolated from the seed of *Heracleum persicum* Desf. ex Fischer (Apiaceae). **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 4, p. 1166–1174, 2014.

EBADOLLAHI, A.; ZIAEE, M.; PALLA, F. Essential oils extracted from different species of the Lamiaceae plant family as prospective bioagents against several detrimental pests. **Molecules** 25:1–15. 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules25071556>

EFIL, L.; OZGÜR, O.; EFIL, F. A new pest, *Duponchelia fovealis* Zeller, on strawberries in Turkey: damage, distribution and parasitoid. **Journal of Entomology and Zoology Studies.** v. 2, p. 328–334, 2014.

EL ABDALI, Y.; AGOUR, A.; ALLALI, A.; BOURHIA, M.; EL MOUSSAOUI, A.; ELOUTASSI, N.; SALAMATULLAH, A. M.; ALZHRANI, A.; OUAHMANE, L.; ABOUL-SOUD, M. A. M.; GIESY, J. P.; BOUIA, A. *Lavandula dentata* L.: Phytochemical Analysis, Antioxidant, Antifungal and Insecticidal Activities of Its Essential Oil. **Plants**, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11030311>

EL-AKHAL, F.; RAMZI, A.; FARAH, A.; EZ ZOUBI, Y.; BENBOUBKER, M.; TAGHZOUTI, K.; EL OUALI LALAMI, A. Chemical Composition and Larvicidal Activity of *Lavandula angustifolia* Subsp. *angustifolia* and *Lavandula dentata* Spp. *dentata* Essential Oils against *Culex pipiens* Larvae, Vector of West Nile Virus. **Psyche Entomology Journal**, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/8872139>

EMPRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Pesquisa pretende desenvolver morango brasileiro**. 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/4350480/pesquisa-pretende-desenvolver-morango-brasileiro>. Acesso em: 10 Jun. 2022.

ESPERK, T.; TAMMARU, T.; NYLIN, S. Intraspecific variability in number of larval instars in insects. **Journal of Economic Entomology**. V. 100, n. 3, p. 627-645, 2007.

ESSOUNG, F. R. E.; TADJONG, A. T.; CHHABRA, S. C.; MOHAMED, S. A.; HASSANALI, A. Repellence and fumigant toxicity of essential oils of *Ocimum gratissimum* and *Ocimum kilimandscharicum* on *Tuta absoluta* (Lepidoptera : Gelechiidae). p. 37963–37976, 2020.

FAEDI, W.; ANGELINI, R. La Fragola. Collana Coltura e Cultura, **Bayer Crop Science**, Ed. Script, Bologna, p. 548, 2010.

FAGHERAZZI, A. F.; GRIMALDI, F.; KRETZSCHMAR, A. A.; RUFATO, L.; SANTOS, M. F. S.; SBRIGHI, P.; LUCCHI, P.; BARUZZI, G.; FAEDI, W. Pircinque: new strawberry cultivar for Brazilian producers. **Horticultura Brasileira**, v. 39, p. 458-463, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-0536-20210416>.

FAOSTAT, Área colhida, rendimento e produção nos principais países produtores de morangueiro. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 29 jun. 2021.

FAVETTI, B. M.; BUTNARIU, A. R.; FOERSTER, L. A. Biology and reproductive capacity of *Spodoptera eridania* (Cramer) (Lepidoptera, Noctuidae) in different soybean cultivars. **Revista Brasileira de Entomologia**. v. 59, p. 89-95, 2015.

FILOMENO, C. A.; ALMEIDA BARBOSA, L. C.; TEIXEIRA, R. R.; PINHEIRO, A. L.; FARIAS, E. DE S.; DE PAULA SILVA, E. M.; PICANCO, M. C. *Corymbia* spp. and *Eucalyptus* spp. essential oils have insecticidal activity against *Plutella xylostella*. **Industrial Crops and Products**. v. 109, p. 374–383, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.08.033>

FORNAZIER, M. J.; PRATISSOLI, D.; MARTINS, D dos S.; DALVI, L. P.; TEIXEIRA, C. P.; SILVA, A. T. DA; THOMPSON, E. L.; RODRIGUES, A. K.; PRATES, R. S.;

COZER, E.; MOREIRA, J. P. de A.; BECALLI, L.; PAES, J. P. P.; TIBURCIO, M. O. Praga exótica no estado do Espírito Santo – *Duponchelia fovealis* Zeller, 1847 (Lepidoptera: Crambidae). **Morango mais saudável – Morango monitorado e rastreado**. Vitória. ES, 2011.

FRANCO, M. C.; BAPTISTA, M. C. *Duponchelia fovealis* Zeller - nova praga em Portugal. **Frutas, legumes e flores**, v. 110, p. 34-35, 2010.

GOLLA S. K.; RAJASEKHAR, P.; SHARMA, S. P.; HARI PRASAD, K. V.; SHARMA, H. C. Antixenosis and antibiosis mechanisms of resistance to pod borer, *Helicoverpa armigera* in wild relatives of chickpea, *Cicer arietinum*. **Euphytica**. p. 1-16, 2018.

GONÇALVES, R. B.; SOUZA, M. T. de; SOUZA, M. T. de; DANIEL BERNARDI, RIBEIRO, L. do P.; PIMENTEL, I. C.; ZAWADNEAK, M. A. C. Annona (Annonaceae) By-products Derivatives: Toxicity to the European Pepper Moth and Histological Assessment. **Crop Protection**, v. 155, 2022.

GUIMARÃES, A. G.; SOARES, M. A.; ANDRADE JÚNIOR, V. C. DE; SILVA, I. M. DA; GUIMARÃES, C. G.; PIRES. E. M. Resistência Varietal De Morangueiro Aos Pulgões *Cerosipha Forbesi* (Weed) E *Chaetosiphon Fragaefolii* (Cockerell) (Hemiptera: Aphididae). **EntomoBrasilis**, v. 11, n. 3, p. 216-19, 2018.

HANDLEY, R.; EKBOM, B.; ÅGREN, J. Variation in trichome density and resistance against a specialist insect herbivore in natural populations of *Arabidopsis thaliana*. **Ecological Entomology**, v. 30, p. 284–292, 2005.

HANLEY, M. E.; LAMONT, B. B.; FAIRBANKS, M. M.; RAFFERTY, C. M. Plant structural traits and their role in anti-herbivore defence. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**. v. 8, p. 157–178, 2007.

HOFFMANN-CAMPO, C. B.; GRAÇA, J. P. da. O papel dos metabólitos secundários na resistência de plantas a insetos. In: BALDIN, E. L. L.; VENDRAMIN, J. D.; LOURENÇÃO, A. L. (Ed.). **Resistência de plantas a insetos: Fundamentos e aplicações**. Piracicaba, São Paulo, p. 99-126, 2019.

HONG, C. U.; KIM, C. S.; KIM, N. G.; KIM, Y. H. Composition of Essential Oils from the Leaves and the Fruits of *Chamaecyparis obtusa* and *Chamaecyparis pisifera*. **Journal of the Korean Society of Agricultural Chemistry and Biotechnology**. v. 44, p. 116–121, 2001.

HOTHORN, T.; BRETZ, F.; WESTFALL, P. Simultaneous inference in general parametric models. **Biometrics**, v. 50, n. 3, p. 346–363, 2008.

ISMAN, M. B. Bioinsecticides based on plant essential oils: A short overview. **Zeitschrift fur Naturforschung - Section C Journal of Biosciences**, v. 75, n. 78, p. 179–182, 2020.

ISMAN, M. B. Commercial development of plant essential oils and their constituents as active ingredients in bioinsecticides. **Phytochemistry Reviews**, v. 9, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11101-019-09653-9>

ISMAN, M. B. Plant essential oils for pest and disease management. **Crop Protection**, v. 19, p. 603-608, 2000. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/s0261-2194\(00\)00079-x](http://dx.doi.org/10.1016/s0261-2194(00)00079-x)

ISMAN, M. B.; GRIENEISEN, M. L. Botanical insecticide research: many publications, limited usefull data. **Trends Plant Sci.**, v. 19, pp. 140-145, 2014. DOI: 10.1016/j.tplants.2013.11.005

JAYAKUMAR, M.; ARIVOLI, S.; RAVEEN, R.; TENNYSON, S. Repellent activity and fumigant toxicity of a few plant oils against the adult rice weevil *Sitophilus oryzae* Linnaeus 1763 (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of entomology and zoology studies**, v. 5, n. 2, p. 324–335, 2017.

JEON, J. H.; LEE, S. H.; KIM, M. K.; LEE, H. S. Larvicidal Activity of *Chamaecyparis obtusa* and *Thuja orientalis* Leaf Oils against Two Mosquito Species. **Journal of Agricultural Chemistry and Biotechnology**. v. 48, p. 26–28, 2005.

KARLEC, F.; DUARTE, A. F.; OLIVEIRA, A. C. B. de.; CUNHA, U. S da. Development of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) in different strawberry cultivars. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, p. 1-8, 2016.

KHANI, M.; MAROUF, A.; AMINI, S.; et al. Efficacy of Three Herbal Essential Oils Against Rice Weevil, *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Essential Oil-Bearing Plants**, v. 20, n. 4, p. 937–950, 2017.

KIM, M. G.; LEE, H. S. Volatile constituents of essential oils extracted from two varieties of *Chamaecyparis pisifera* in korea. **Journal of Essential Oil-Bearing Plants**, v. 15, p. 364–367, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1080/0972060X.2012.10644061>

KIRAN, S.; PRAKASH, B. Toxicity and biochemical efficacy of chemically characterized *Rosmarinus officinalis* essential oil against *Sitophilus oryzae* and *Oryzaephilus surinamensis*. **Industrial Crops and Products**, v. 74, p. 817–823, Elsevier B.V, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.05.073>.

KOBENAN, K. C.; TIA, V. E.; OCHOU, G. E.; KOUAKOU, M.; BINI, K. K.; DAGNOGO, M.; DICK, A. E.; OCHOU, O. G. Comparaison du potentiel insecticide des huiles essentielles de *Ocimum gratissimum* L. et de *Ocimum canum* Sims sur *Pectinophora gossypiella* Saunders (Lepidoptera : Gelechiidae), insecte ravageur du cotonnier en Côte d’Ivoire. **European Scientific Journal**, ESJ, v. 14, n. 286, 2018. DOI: <https://doi.org/10.19044/esj.2018.v14n21p286>

KOSTYUKOVSKY, M.; RAFAELI, A.; GILEADI, C.; DEMCHENKO, N.; SHAAYA, E. Activation of octopaminergic receptors by essential oil constituents isolated from aromatic plants: Possible mode of action against insect pests. **Pest Management Science**, v. 58, p. 1101–1106, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.548>

KRINSKI, D.; FOERSTER, L. A.; DESCHAMPS, C. Efeito ovicida de óleos essenciais de 18 espécies Brasileiras de piper: Controlando *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera, Erebidae) no estágio inicial de desenvolvimento. **Acta Scientiarum: Agronomy**, v. 40, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v40i1.35273>

KRZYŻOWSKI, M.; BARAN, B.; ŁOZOWSKI, B.; FRANCIKOWSKI, J. The role of dilution mediums in studies of fumigant insecticidal activity of essential oils. **Journal of Pest Science**. V. 9, p. 1119–1124, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10340-020-01241-7>

KUHN, T. M. de A.; LOECK, A. E.; ZAWADNEAK, M. A. C.; GARCIA, M. S.; BOTTON, M. Parâmetros Biológicos E Tabela De Vida De Fertilidade De *Neopamera bilobata* (Hemiptera: Rhyparochromidae) Em Morangueiro. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 49, n. 6, p. 422-27, 2014.

KUMAR, P.; MISHRA, S.; MALIK, A.; SATYA, S. Insecticidal properties of Mentha species: A review. **Industrial Crops and Products**, v. 34, n. 1, p. 802–817, 2011. Elsevier B.V. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.02.019>.

LAHIRI, L.; SMITH, H. A.; MIDHULA GIREESH, M.; GAGANDEEP KAUR, G.; MONTEMAYOR, J. D. Arthropod Pest Management in Strawberry. **Insects** (Basel, Switzerland), v. 1, n. 5 p. 475, 2022.

LANDAL, M. C. T.; BACH, R. P.; GOMES, S. R.; MARCOS BOTTON, M.; ZAWADNEAK, M. A. C. Terrestrial Gastropods as *Fragaria X Ananassa* Pests in Southern Brazil: Morphological Identification/Gastropodes Terrestres Como Pragas Do Cultivo De *Fragaria X Ananassa* No Sul Do Brasil: Identificacao Morfologica. **Ciência Rural**, v. 49, n. 3, 2019.

LANGE, B. M. The evolution of plant secretory structures and the emergence of terpenoid chemical diversity. **Annual Review of Plant Biology**. v. 66, p. 139–159, 2015.

LARA, F. M. Princípios de resistência de plantas a insetos. **Ícone**, São Paulo, 336 p, 1991.

LEE, S. H.; DO, H. S.; MIN, K. J. Effects of Essential Oil from *Hinoki Cypress*, *Chamaecyparis obtusa*, on Physiology and Behavior of Flies. **PLOS One**, v. 10, p. 1–14, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0143450>

LOPES, U. P.; ZAMBOLIM, L.; CAPOBIANGO, N. P.; GRACIA, N. A. O.; FREITAS-LOPES, R. L. Resistance of *Botrytis cinerea* to Fungicides Controlling Gray Mold on Strawberry in Brazil. **Bragantia**, v. 76, n. 2, p. 266-72, 2017.

LOURENÇÃO, G. J. M.; PASSOS, F. A.; AMBROSANO, G. M. B.; SILVA, L. V. F. Resistência de morangueiros a *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). **An. Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 29, p. 339-34, 2000.

MACHADO, V. D. O. F.; FERREIRA, G. A.; ROSA, S. R. A.; GARCIA, A. H.; PINHEIRO, J. B.; VELOSO, V, DA R, S. Aspectos biológicos de *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) em cultivares de soja (*Glycine max* MERRIL). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 29, n. 1, p. 39-41, 1999.

MAEDEH, M.; HAMZEH, I.; HOSSEIN, D.; MAJID, A.; REZA, R. K. Bioactivity of essential oil from *Satureja hortensis* (Lamiaceae) against three stored-product insect species. **African Journal of Biotechnology**, v. 10, n. 1, p. 6620–6627, 2011.

MAIA, A. H. N.; LUIZ, A. J. B.; CAMPANHOLA, C. Statistical inference on associated fertility life table parameters using Jackknife technique: Computational aspects. **Journal of Economic Entomology**, v. 93, n. 2, p. 511-518, 2000.

MEIHLS, L. N.; HUYNH, M. P.; LUDWICK, D. C.; COUDRON, T. A.; FRENCH, B. W.; SHELBY, K. S.; HITCHON, A. J.; SMITH, J. L.; SCHAAFSMA, A. W.; PEREIRA, A. E.; HIBBARD, B.E. Comparison of six artificial diets for western corn rootworm bioassays and rearing. **Journal of Economic Entomology**, v. 111, p. 2727-2733, 2018.

MENEZES, C. W. G. DE; STEIN, H. B.; SHILAP, A. V. M.; CARVALHO, G. A.; TAVARES, W. S.; PEREIRA, A. I. A.; ZANUNCIO, J. C. First record of *Duponchelia fovealis* (Cambridae) as a pest of commercial crops of strawberry in Campo das Vertentes, Minas Gerais, Brazil. **Journal of the Lepidopterists' Society**, v. 73, n. 2, p. 131–134, 2019. DOI: <https://doi.org/10.18473/lepi.73i2.a8>.

MERTENS, D.; BOBADILLA, M. H. de; RUSMAN, Q.; BLOEM, J.; DOUMA, J. C.; ERIK, H. Poelman Plant defence to sequential attack is adapted to prevalent herbivores. **Nature Plants**, v. 7, p. 1347–1353, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41477-021-00999-7>.

MEYER, J. S.; INGERSOLL, C. G.; MCDONALD, L. L.; BOYCE, M. S. Uncertainty in population growth rates: Jackknife vs. Bootstrap techniques. **Ecology**, v. 67, n. 5, p. 1156-1166, 1986.

MONTEIRO, I. N.; MONTEIRO, O. dos S.; OLIVEIRA, A. K. M. de.; FAVERO, S.; GARCIA, N. Z. T.; FERNANDES, Y. M. L.; JACINTO, G. S. S.; RIVERO-WENDT, C. L. G.; MATIAS, R. Chemical analysis and insecticidal activity of *Ocimum gratissimum* essential oil and its major constituent against *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **Research, Society and Development**. 9:e4999119787, 2020. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i11.9787>

MONTEZANO, D. G.; HUNT, T. E.; SPECHT, A.; LUZ, P. M. C.; PETERSON, J. E. Life-history parameters of *Striacosta albicosta* (Lepidoptera: Noctuidae) under laboratory conditions. **Journal of Insect Science**, v. 19, n. 4, p. 1–8, 2019.

MOSSI, A.; ASTOLFI, V.; KUBIAK, G.; LERIN, L.; ZANELLA, C.; TONIAZZO, G.; OLIVEIRA, D.; TREICHEL, H.; DEVILLA, I.; CANSIAN, R.; RESTELLO, R. Insecticidal and repellency activity of essential oil of *Eucalyptus* sp. against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera, Curculionidae). **Journal of the science of food and agriculture**, v. 91, p. 273–277, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.4181>

MOYA-RAYGOZA, G. Early development of leaf trichomes is associated with decreased damage in teosinte, compared with maize, by *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Annals of the Entomological Society of America**, v. 109, n. 5, p. 737–743, 2016.

MURCIA-MESEGUER, A.; ALVES, T. J.; BUDIA, F.; ORTIZ, A.; MEDINA, P. Insecticidal toxicity of thirteen commercial plant essential oils against *Spodoptera exigua*

(Lepidoptera: Noctuidae). **Phytoparasitica**, v. 46, p. 233–245, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12600-018-0655-9>

MUSAQAF, N.; SIGSGAARD, L.; MARKUSSEN, B.O.; STENBERG, J. A. Effects of Strawberry Resistance and Genotypic Diversity on Aphids and Their Natural Enemies. **Biological Control**, v. 170, 2022.

NENAAH, G. E. Chemical composition, toxicity and growth inhibitory activities of essential oils of three *Achillea* species and their nano-emulsions against *Tribolium castaneum* (Herbst). **Industrial Crops and Products**, v. 53, p. 252–260, Elsevier B.V, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.12.042>

NONDILLO, A.; REDAELLI, L. R.; PINENT, S. M. J.; BOTTON, M. Biologia E Tabela De Vida De Fertilidade De *Frankliniella Occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera, Thripidae) Em Morangueiro. **Revista Brasileira De Entomologia**, v. 53, n. 4, p. 679-83, 2009.

OBOH, G.; ADEMOSUN, A. O.; OLUMUYIWA, T. A.; OLASEHINDE, T. A.; ADEMILUYI, A. O.; ADENIKE C. ADEYEMO, A. C. Insecticidal activity of essential oil from orange peels (*Citrus sinensis*) against *Tribolium confusum*, *Callosobruchus maculatus* and *Sitophilus oryzae* and its inhibitory effects on acetylcholinesterase and Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>-ATPase activities. **Phytoparasitica**, v. 45, n. 4, p. 501–508, 2017.

OGENDO, J. O.; KOSTYUKOVSKY, M.; RAVID, U.; MATASYOH, J. C.; DENG, A. L.; OMOLO, E. O.; KARIUKI, S.T.; SHAAAYA, E. Bioactivity of *Ocimum gratissimum* L. oil and two of its constituents against five insect pests attacking stored food products. **Journal of Stored Products Research**, v. 44, p. 328– 334, 2008.

OLIVEIRA, A. C. B. DE; ANTUNES, L. E. C. MELHORAMENTO GENÉTICO E PRINCIPAIS CULTIVARES. In: ANTUNES, L. E.C.; C. REISSER JÚNIOR, C.; SCHWENGBER, J. E. (Ed.). **Morangueiro**. Brasília, DF: Embrapa, 2016. p. 133-147, 2016.

OLIVEIRA, A. P.; SANTOS, A. A.; SANTANA, A. S.; LIMA, A. P. S.; MELO, C. R.; SANTANA, E. D. R.; SAMPAIO, T. S.; BLANK, A. F.; ARAÚJO, A. P. A.; CRISTALDO, P. F.; BACCI, L. Essential oil of *Lippia sidoides* and its major compound thymol: Toxicity and walking response of populations of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Crop Protection**, v. 112, p. 33–38, 2018. Elsevier. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.05.011>.

OLIVEIRA, N. C DE; SUZUKAWA, A. K.; PEREIRA, C. B.; SANTOS, H. V.; HANEL, A.; ALBUQUERQUE, F. A.; SCAPIM, C. A. Popcorn genotypes resistance to fall armyworm. **Ciência Rural**, v. 48, n. 2, e20170378, 2018.

OLIVEIRA, R. P. de; SCIVITTARO, W. B. Produção De Frutos De Morango Em Função De Diferentes Períodos De Vernalização Das Mudanças. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 1, p. 91-95, 2009.

OLIVEIRA, R. P. de; SCIVITTARO, W. B.; ROCHA, P. S. G. da. Produção De Cultivares De Morango, Utilizando Túnel Baixo Em Pelotas. **Revista Ceres**, v. 58, n. 5, p. 625-31, 2011.

ONGARATTO, S.; SILVEIRA, C. M.; SANTOS, M. C.; GORRI, J. E. R.; SARTORI, M. M. P.; HUNT, T. E.; LOURENÇÃO, A. L.; BALDIN, E. L. L. Resistance of soybean genotypes to *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Erebidae): Antixenosis and antibiosis characterization. **Journal of Economic Entomology**, v. 114, p. 2571-2580, 2021.

PADILLA-JIMÉNEZ, S. M.; ANGOA-PÉREZ, M. V.; MENA-VIOLANTE, H. G.; OYOQUE-SALCEDO, G.; MONTAÑEZ-SOTO, J. L.; OREGEL-ZAMUDIO, E. Identification of organic volatile markers associated with aroma during maturation of strawberry fruits. **Molecules**, v. 26, p. 504, 2021. DOI: 10.3390/molecules26020504

PAINTER, R. H. **Insect resistance in crops plants**. London: University of Kansas, 1951.

PARANÁ. Agência Estadual de Notícias. **Com foco no aumento da produtividade, Paraná lança Rede Morangos do Brasil**. 2022. Disponível em: <https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Com-foco-no-aumento-da-produtividade-Parana-lanca-Rede-Morangos-do-Brasil>. Acesso em: 10 Jun. 2022.

PARK I-K.; LEE, S-G.; CHOI, D-H.; PARK, J-D.; AHN, Y-J. Insecticidal activities of constituents identified in the essential oil from leaves of *Chamaecyparis obtusa* against *Callosobruchus chinensis* (L.) and *Sitophilus oryzae* (L.). **Journal of Stored Products Research**. v. 39, p. 375–384, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(02\)00030-9](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(02)00030-9)

PARK, Y.L.; TAK, J. H. Essential oils for arthropod pest management in agricultural production systems. **Elsevier Inc.**, 2016.

PARRA, J. R. P. Técnicas de criação de insetos para programa de controle biológico. 6ªed., Piracicaba, FEALQ, 134p., 2001.

PARRA, J. R. P.; PINTO, A. de S.; NAVA, D. E.; OLIVEIRA, R. C. de; DINIZ, A. J. F. Conceitos e evolução do controle biológico. In: PARRA, J. R. P.; PINTO, A. de S.; NAVA, D. E.; OLIVEIRA, R. C. de; DINIZ, A. J. F. (Ed.). **Controle Biológico com parasitoides e predadores na agricultura brasileira**. Piracicaba: FEALQ, p. 17-38, 2021.

PAVELA, R. History, presence and perspective of using plant extracts as commercial botanical insecticides and farm products for protection against insects – a review. **Plant Protection Science**, v. 52, p. 229–241, 2016. DOI: <https://doi.org/10.17221/31/2016-PPS>

PEIXOTO, M. G.; BACCI, L.; FITZGERALD BLANK, A.; ARAÚJO, A. P. A.; ALVES, P. B.; SILVA, J. H. S.; SANTOS, A. A.; OLIVEIRA, A. P. COSTA, A. S. da; ARRIGONI-BLANK, M. de F. Toxicity and repellency of essential oils of *Lippia alba* chemotypes and their major monoterpenes against stored grain insects. **Industrial Crops and Products**, v. 71, p. 31–36, 2015. Elsevier B.V. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.03.084>.

PENTEADO, S. DO. R. C.; OLIVEIRA, E. B. DE; LAZZARI, S. M. N. TabVida: sistema computacional para cálculo de parâmetros biológicos e de crescimento populacional de afídeos [recurso eletrônico]. Dados eletrônicos. - Colombo: Embrapa Florestas, p. 1-30, 2010.

PERCZAK, A.; GWIAZDOWSKA, D.; MARCHWIŃSKA, K.; JUŚ, K.; GWIAZDOWSKI, R.; WAŚKIEWICZ, A. Antifungal activity of selected essential oils against *Fusarium culmorum* and *F. graminearum* and their secondary metabolites in wheat seeds. **Archives of Microbiology**, v. 201, n. 8, p. 1085–1097, Springer Berlin Heidelberg, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00203-019-01673-5>.

PETRUCCI, K. P. de O. S.; PRATISSOLI, D.; DAMASCENA, A. P.; ARAUJO JUNIOR, L. M. de; CARVALHO, J. R. de; RODRIGUES, H. de S.; BUENO, R. C. O. de F. Susceptibility of *Duponchelia fovealis* zeller (Lepidoptera: Crambidae) to *Bacillus thuringiensis* berliner (Bacillaceae). **Nucleus** (São Paulo, Brazil), v. 17, n. 1 p. 293-304, 2020.

PINENT, S. M. J.; NONDILLO, A.; BOTTON, M.; REDAELLI, L. R.; PINENT, C. E. DA C. Species of Thrips (Insecta, Thysanoptera) in Two Strawberry Production Systems in Rio Grande Do Sul State, Brazil. **Revista Brasileira De Entomologia**, v. 55, n. 3, p. 419-23, 2011.

PIRI, A.; SAHEBZADEH, N.; ZIBAEI, A.; SENDI, J. J.; SHAMAKHI, L.; SHAHRIARI, M. Toxicity and physiological effects of ajwain (*Carum copticum*, Apiaceae) essential oil and its major constituents against *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Chemosphere**, v. 256, P. 127103, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127103>

PIROVANI, V. D. **Métodos de manejo para *Duponchelia fovealis* zeller (Lepidoptera: Crambidae) na cultura do morangueiro.** (Doutorado em Produção Vegetal, na área de concentração Fitossanidade, linha Entomologia) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Espírito Santo, ES, Brasil, 113 p., 2015.

PIROVANI, V. D.; PRATISSOLI, D.; TIBÚRCIO, M. O.; CARVALHO, J. R. de; DAMASCENA, A. P.; FARIA, L. V. *Trichogramma Galloi* and *Trichogramma Pretiosum* for the Management of *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) in Strawberry Plants. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 52, n. 8, p. 690-93, 2017.

PIROVANI, V.; PRATISSOLI, D.; CARVALHO, J.; ALEGRE, L. **Manejo de Pragas para Cultura do Morangueiro: sem resíduo de agrotóxicos.** 2015. Centro de Ciências Agrárias, UFES, 2015. 64p. (Série Técnica / NUDEMAFI). DOI: 10.13140/RG.2.1.3987.7364.

PIZZAMIGLIO-GUTIERREZ, M. A. Interação inseto-planta. In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. (Ed.). **Bioecologia e nutrição dos insetos: bases para o manejo integrado de pragas.** Brasília, DF: Embrapa, Informação Tecnológica, p. 211-249, 2009.

POLATOĞLU, K.; KARAKOÇ, Ö. C. Biologically Active Essential Oils against Stored Product Pests. In: Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety. **Elsevier**, pp 39–59, 2016.

POLATOĞLU, K.; KARAKOÇ, Ö. C.; YÜCEL, Y. Y.; GUCEL, S.; DEMIRCI, B.; DEMIRCI, F.; BASER, K. H. Insecticidal activity of *Salvia veneris* Hedge. Essential oil

against coleopteran stored product insects and *Spodoptera exigua* (Lepidoptera). **Industrial Crops and Products**. V. 97, p. 93–100, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.12.012>

PORSANI, M. V.; POITEVIN, C. G.; TRALAMAZZA, S. M.; SOUZA, M. T. de; SOUZA, M. T. de; SILVA, E. D. B. da; ZAWADNEAK, M. A. C.; PIMENTEL, I. C.; MELO, I. S. de. *Streptomyces* Spp. Isolated from Marine and Caatinga Biomes in Brazil for the Biological Control of *Duponchelia fovealis*. **Neotropical Entomology**, v. 51, n. 2, p. 299-310, 2022.

PRASANNA, B. M.; BRUCE, A.; BEYENE, Y.; MAKUMBI, D.; MANJE GOWDA, M.; ASIM, M.; MARTINELLI, S.; HEAD, G. P.; PARIMI, S. Host plant resistance for fall armyworm management in maize: relevance, status and prospects in Africa and Asia. **Theoretical and Applied Genetics**, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00122-022-04073-4>

QUEIROZ, E. B DE; MIRANDA, D. S.; SILVA, F. C DA; BORELLA JUNIOR, C.; ALMEIDA A. C. DE S.; HIROSE, E.; GONÇALVES DE JESUS, F. Antibiosis in soybean genotypes to *Spodoptera cosmioides* (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Brasileira de Entomologia**. V. 64, n. 2, e20200010, 2020.

R Core Team, R: A Language and Environment for Statistical Computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2019. Disponível em: <https://www.r-project.org/>

RABINOVICH, J. E. Ecología de poblaciones animales, Organización de los Estados Americanos, Washington DC, pp. 9-42, 1978.

RESENDE, J. T. V. de; LIMA FILHO, R. B. de; RIBEIRO, L. K.; CORRÊA, J. V. W.; MACIEL, C. D. de G.; YOUSSEF, K. Strawberry Genotypes with Resistance to *Tetranychus Urticae* Mediated by Leaf Trichomes. **Ciência E Agrotecnologia**, v. 44, 2020.

RIBEIRO, L. P.; ANSANTE, T. F.; NICULAU, E. S.; PAVARINI, R.; SILVA, M. F.G.F.; SEFFRIN, R. C.; VENDRAMIM, J. D. *Pimenta pseudocaryophyllus* Derivatives: Extraction Methods and Bioactivity Against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). **Neotropical Entomology**, v. 44, p. 634–642, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13744-015-0321-6>

RIBEIRO, R.; ZANUNCIO, T.; RAMALHO, F.; SILVA, C.; SERRÃO, J.; ZANUNCIO, J. Feeding and oviposition of *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae) with sublethal concentrations of ten condiments essential oils. **Industrial Crops and Products**, v. 7, p. 139-143, 2015. DOI: [10.1016/j.indcrop.2015.03.057](https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.03.057).

RODRIGUES, R.; PIMENTEL, I. C.; ZAWADNEAK, M. A. C.; POLTRONIERI, A. S.; JARAS, L. I. Seletividade De Inseticidas Reguladores De Crescimento E Botânico No Parasitismo De Três Espécies De Trichogramma Em Ovos De *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae). **EntomoBrasilis**, v. 10, n. 1, p. 26-32, 2017.

RUTTANAPHAN, T.; PLUEMPANUPAT, W.; AUNGSIRISAWAT, C.; BOONYARIT, P.; GOFF, G. L.; BULLANGPOTI, V. Effect of Plant Essential Oils and Their Major

Constituents on Cypermethrin Tolerance Associated Detoxification Enzyme Activities in *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 112, p. 2167–2176. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/toz126>

SAAD, M. M. G.; ABOU-TALEB, H. K.; ABDELGALEIL, S. A. M. Insecticidal activities of monoterpenes and phenylpropenes against *Sitophilus oryzae* and their inhibitory effects on acetylcholinesterase and adenosine triphosphatases. **Applied Entomology and Zoology**, v. 53, p. 173–181, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13355-017-0532-x>

SAEIDI, K.; PEZHMAN, H. Insecticidal Activity of Four Plant Essential Oils against Two Stored Product Beetles. **Entomology, Ornithology & Herpetology: Current Research**, v. 07, n. 03, p. 3–7, 2018. DOI: <https://www.omicsonline.org/open-access/insecticidal-activity-of-four-plant-essential-oils-against-two-stored-product-beetles-2161-0983-1000213-103609.html>.

SANTOS, F. M.; CARVALHO, J. R.; PRATISSOLI, D.; BUENO, R. C.; PIROVANI, V. D.; RODRIGUES, H.S. Toxicity of Insecticides in *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae), a new pest in Brazil under laboratory conditions. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 39, p. 1–7, 2019. DOI: <https://doi.org/10.9734/jeai/2019/v39i530344>.

SAS Institute, Statistical Analysis Systems. SAS/STAT. User's Guide. 9th Edition, SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, 2011.

SCHEUNEMANN, T.; MANICA-BERTO, R.; NÖRNBERG, S. D.; GONÇALVES, R. DA S.; GRÜTZMACHER, A. D.; NAVA, D. E. Biology and Fertility Life Tables for *Palpita forficifera* (Lepidoptera: Crambidae) Reared on Three Olive Cultivars and Privet. **Journal of Economic Entomology**, v. 112, n. 1, p. 450-56, 2018.

SCHWENGBER, J. E.; MARTINS, D. DE S.; STRASSBURGER, A. S.; WATTHIER, M. Produção de base ecológica. In: ANTUNES, L. E.C.; C. REISSER JÚNIOR, C.; SCHWENGBER, J. E. (Ed.). **Morangueiro**. Embrapa, Brasília, DF, p. 343-360, 2016.

SILVA, I. M. DA; SOARES, M. A.; TAVARES, W. DE S.; SANTOS, A. DOS; SERRÃO, J. E.; ZANUNCIO, A. J. V.; WILCKEN, C. F.; ZANUNCIO, J. C.; SEDIYAMA, C. S. Toxicity of Essential Oils to *Diaphania hyalinata* (Lepidoptera: Crambidae) and Selectivity to Its Parasitoid *Trichospilus pupivorus* (Hymenoptera: Eulophidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 113, n. 5, p. 2399–2406, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/toaa172>

SILVA, B. E. A.; CANDIDO, W. S. C.; COSTA, M. L.; SMANIOTTO, A. O.; MAIA, J. P.; GIELFI F. S.; REIS, E. F. Characterization of inbred corn lineages for resistance to the fall armyworm based on non-feeding preference and antibiosis. **Genetics and Molecular Research**, v. 19, n. 4, GMR18446, 2020. DOI: <https://doi.org/10.4238/gmr18446>

SILVA, F. A. C. da; PANIZZI, A. R. Interações inseto-planta. In: BALDIN, E. L. L.; VENDRAMIN, J. D.; LOURENÇÃO, A. L. (Ed.). **Resistência de plantas a insetos: fundamentos e aplicações**. Fundação de Estudos Agrários, Piracicaba, São Paulo, p. 65-98, 2019.

SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARDIN, D.; VILLA NOVA, N. A. Manual de ecología de insectos. São Paulo: Ceres, 420 p, 1976.

SMITH, C. M. Plant Resistance to Arthropods: Molecular and Conventional Approaches. Springer, Berlin, 423 p., 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/1-4020-3702-3>.

SOMBRA, K.; AGUIAR, C.; OLIVEIRA, S.; BARBOSA, M.; ZOCCOLO, G.; PASTORI, P. Potential pesticide of three essential oils against *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Chilean journal of agricultural research**, v. 80, p. 617-628, 2020. DOI: 10.4067/S0718-58392020000400617.

SOUFBAF, M.; FATHIPOUR, Y.; KARIMZADEH, J.; ZALUCKI, M. P. Bottom-up effect of different host plants on *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae): A life-table study on canola. **Journal of Economic Entomology**, v. 103, n. 6, p. 2019-2027, 2010.

SOUTHWOOD, T. R. E. **Ecological methods, with particular reference to the study of insect populations**. The English Language Book Society and Chapman-Hall, London, 524 pp, 1978.

SOUZA, B. H. S.; COSTA, E. N.; RIBEIRO, Z. A.; PERLATTI, B.; CRUZ, M. C. P.; FORIM, M. R.; BOIÇA JÚNIOR, A. L.; STOUT, M. J. Soybean leaf age and plant stage influence expression of resistance to velvet bean caterpillar and fall armyworm. **Chemoecology**, v. 31, p. 377–390, 2021.

SOUZA, D. P.; PIMENTEL, R. B. Q.; SANTOS, A. S.; ALBUQUERQUE, P. M.; FERNANDES, A. V.; JUNIOIR, S. D.; OLIVEIRA, J. T. A.; RAMOS, M. V.; RATHINASABAPATHI, B.; GONÇALVES, J. F. C. Fungicidal properties and insights on the mechanisms of the action of volatile oils from Amazonian Aniba trees. **Industrial Crops and Products**, v. 143, Elsevier, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111914>.

SOUZA, J. C.; SILVA, R. A.; SILVEIRA, E. C.; ABREU, F. A.; TOLEDO, M. A. **Ocorrência de nova praga nas lavouras de morango no Sul de Minas**. EPAMIG. Circular técnica n.180, p.1-5, 2013.

SOUZA, MIRELI T. de; SOUZA, MICHELE T. de; ZAWADNEAK, M. A. C. Biology and life table parameters of the *Heliethrips haemorrhoidalis* on strawberries. **Phytoparasitica**, v. 50, p. 35–41, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12600-021-00943-7>.

SOUZA, MIRELI T. de; SOUZA, MICHELE T. de; IVANKIO, L. B. D.; DURAU, B. C.; MALESKI, L. T.; ZAWADNEAK, M. A. C. First Record of *Heliethrips Haemorrhoidalis* (Thysanoptera: Thripidae) Causing Damage on Greenhouse Strawberries. **Florida Entomologist**, v. 102, n. 3 p. 651-53, 2019.

STOCKS, S. D.; HODGES, A. European Pepper Moth or Southern European Marsh Pyralid *Duponchelia fovealis* (Zeller). 2014. Disponível em: <http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/IN/IN91000.pdf>>. Acesso em: 12 Jun. 2022.

STUART, A. K. C.; FURUIE, J. L.; ZAWADNEAK, M. A. C.; PIMENTEL, I. C. Increased mortality of the European Pepper Moth *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae)

using entomopathogenic fungi consortia. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 177, p.107-503, 2020.

TAK, J. H.; ISMAN, M. B. Penetration-enhancement underlies synergy of plant essential oil terpenoids as insecticides in the cabbage looper, *Trichoplusia ni*. **Scientific Reports**, v. 7, p. 1–11. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1038/srep42432>

TAK, J. H.; JOVEL, E.; ISMAN, M. B. Contact, fumigant, and cytotoxic activities of thyme and lemongrass essential oils against larvae and an ovarian cell line of the cabbage looper, *Trichoplusia ni*. **Journal of Pest Science**, v. 89, p. 183–193, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10340-015-0655-1>

UPADHYAY, N.; DWIVEDY, A. K.; KUMAR, M.; PRAKASH, B.; DUBEY, N. K. Essential Oils as Eco-friendly Alternatives to Synthetic Pesticides for the Control of *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). **Journal of Essential Oil-Bearing Plants**, v. 21, n. 2, p. 282–297, 2018.

VAN DEN DOOL, H.; Dec. Kratz, P. A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. **Journal of Chromatography A** 11:463–471, 1963. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(01\)80947-X](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(01)80947-X)

VAN LENTEREN, J. C.; BOLCKMANS. K.; KOHL, J.; RAVENSBERG, W. J.; URBANEJA, A. Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. **BioControl**, v, 63, p. 39–59, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10526-017-9801-4>

VARGAS-MÉNDEZ, L. Y.; SANABRIA-FLÓREZ, P. L.; SAAVEDRA-REYES, L. M.; MERCHAN-ARENAS, D. R.; KOUZNETSOV, V. V. Bioactivity of semisynthetic eugenol derivatives against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae infesting maize in Colombia. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 26, p. 1613–1620, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2018.09.010>

VENDRAMIM, J. D.; GUZZO, E. C. Resistência de plantas e a bioecologia e nutrição dos insetos. In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. (Ed.). **Bioecologia e nutrição dos insetos: bases para o manejo integrado de pragas**. Brasília, DF: Embrapa, Informação Tecnológica, P. 1055-1105, 2009.

VENDRAMIN, J. D.; GUZZO, E. C.; RIBEIRO L. P. Antibiose. In: BALDIN, E. L. L.; VENDRAMIN, J. D.; LOURENÇÃO, A. L. (Ed.). **Resistência de plantas a insetos: fundamentos e aplicações**. Fundação de Estudos Agrários, Piracicaba, São Paulo, p. 185-224, 2019.

VICENÇO, C. B.; SILVESTRE, W. P.; MENEGOL, I. V.; CARRARO, M. C.; PAULETTI, G. F. Insecticidal Activity of *Lavandula dentata* L. Essential Oil on *Anticarsia gemmatalis* (Hübner, 1818). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 64, p. 1–10. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2021210327>.

WAGNER, G. J.; WANG, E.; SHEPHERD, R. W. New approaches for studying and exploiting an old protuberance, the plant trichome. **Annals of Botany**, v. 93, p. 3–11, 2004.

WAGNER, L. S.; SEQUIN, C. J.; FOTI, N.; CAMPOS-SOLDINI, M. P. Insecticidal, fungicidal, phytotoxic activity and chemical composition of *Lavandula dentata* essential oil. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 35, p. 102092, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102092>

WANG, K.; LIAO, Y.; XIONG, Q.; KAN, J.; CAO, S.; ZHENG, Y. Induction of Direct or Priming Resistance against *Botrytis cinerea* in Strawberries by  $\beta$ -Aminobutyric Acid and Their Effects on Sucrose Metabolism. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 64, n. 2, p. 5855-865, 2016.

WAQUIL, J. M.; LOPES, J. R. S.; MARTINS, J. F. da S.; VIANA, P. A.; MALUTA, N. K. P. In: BALDIN, E. L. L.; VENDRAMIN, J. D.; LOURENÇÃO, A. L. (Ed.). **Resistência de plantas a insetos: fundamentos e aplicações**. Fundação de Estudos Agrários, Piracicaba, São Paulo, p. 255-322, 2019.

WURZ, D. A.; DUBIELA, R. C.; NUNES, H. F. Perfil socioeconômico de produtores de morango no município de canoinhas – santa catarina. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 21, n. 3, p. 1-16, 2019. DOI: 10.30945/rcr-v21i3.2721.

ZAWADNEAK, M. A. C.; GONÇALVES, R. B.; BISCHOFF, A. M. **Duponchelia fovealis (Zeller) (Lepidoptera: Crambidae): nova praga no Brasil**. Curitiba: M.A.C. Zawadneak, 15 p. 2014.

ZAWADNEAK, M. A. C.; GONCALVES, R. B.; KUHN, T. M.; ARAUJO, E.; DOLCI, E.; SILVA ROCHA, C.; SANTOS, B.; BENATTO, A.; VIDAL, H. R. **Novo desafio. Cultivar HF** 8/9, p. 24-26, 2011.

ZAWADNEAK, M. A. C.; GONÇALVES, R. B.; PIMENTEL, I. C.; SCHUBER, J. M.; BRÁULIO SANTOS, B.; POLTRONIERI, A. S.; ALMA SOLIS, M. First Record of *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) in South America. **Idesia**, v. 34, n. 3, p. 91-95, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292016000300011>.

ZAWADNEAK, M. A. C.; GONÇALVES, R. B.; POLTRONIERI, A. S.; SANTOS, B.; BISCHOFF, A. M.; BORBA, A. M.; PIMENTEL, I. C. Biological parameters of *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) reared in the laboratory on two diets. **European Journal of Entomology**, v.114, p. 291–294, 2017.

ZAWADNEAK, M. A. C.; JARAS, L.; SILVEIRA, R. R. da; PIMENTEL, I. C.; BERNARDI, D.; RIBEIRO, L. do P. Growth Inhibitory Action of Acetogenin-rich Formulated Extracts against *Duponchelia fovealis*. **Ciência Rural**, v. 52, n. 11, 2022.

ZAWADNEAK, M. A. C.; M. BOTTON, M.; SCHUBER, J. M.; SANTOS, B.; H. R. E VIDAL, H.R.E.; BERNARDI, D. Pragas do Morangueiro. In: ZAWADNEAK, M. A. C. SCHUBER, J. M.; MOGOR, A. F. (Eds.). **Como produzir morangos**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, p. 101-145, 2018.

ZAWADNEAK, M. A. C.; REINHART, V.; DA ROSA, J. M.; SOUZA, M. T. de; SOUZA, M. T. de. **Manejo integrado de pragas do morangueiro**. Caderno de Campo. Curitiba, SENAR AR/PR, 124p., 2020.

ZAWADNEAK, M.A.C.; VIDAL, H. R.; SANTOS, B. Lagarta-da-coroa, *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae). In: VILELA, E.; ZUCCHI, R. A. (Ed.). **Pragas introduzidas: insetos e ácaros**. Piracicaba, ESALQ/ FEALQ, p. 216-231, 2015.

ZIMMERMANN, R. C.; ARAGÃO, C. L. DE C.; ARAÚJO, P. J. P. DE; BENATTO, A.; CHAABAN, A.; MARTINS, C. E. N.; AMARAL, W. DO.; CIPRIANO, R. R.; ZAWADNEAK, M. A. C. Insecticide activity and toxicity of essential oils against two stored-product insects. **Crop Protection**, v. 144, p. 105575, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105575>

ZIMMERMANN, R. C.; POITEVIN, C. G.; BISCHOFF, A. M.; BEGER, M.; LUZ, T. S. DA; MAZAROTTO, E. J.; BENATTO, A.; MARTINS, C. E. N.; MAIA, B. H. L. N. S.; SARI, R.; ROSA, J. M. DA; PIMENTEL, I. C.; ZAWADNEAK, M. A. C. Insecticidal and antifungal activities of *Melaleuca raphiophylla* essential oil against insects and seed-borne pathogens in stored products. **Industrial Crops and Products**, v. 182, p. 114871, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114871>

ZÜST, T.; AGRAWAL, A. A. Mechanisms and evolution of plant resistance to aphids. **Nature Plants**, v. 2, p. 15206, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1038/nplants.2015.206>.