

Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD
Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais - FCBA
Programa de Pós-Graduação em
Entomologia e Conservação da Biodiversidade - PPGEGB

Bioatividade de extratos aquosos de *Serjania* spp. sobre *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae) e *Tetrastichus howardi* (Olliff, 1893) (Hymenoptera: Eulophidae)

Eduardo Carvalho Faca

Dourados-MS
Abril de 2022

Universidade Federal da Grande Dourados
Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais
Programa de Pós-Graduação em
Entomologia e Conservação da Biodiversidade

Eduardo Carvalho Faca

BIOATIVIDADE DE EXTRATOS AQUOSOS DE *Serjania* spp. SOBRE *Plutella xylostella* (LINNAEUS, 1758) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE) E *Tetrastichus howardi* (OLLIFF, 1893) (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE)

Tese apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de DOUTOR EM ENTOMOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE.
Área de Concentração: Biodiversidade e Conservação

Orientadora: Prof^ª Dr^ª Rosilda Mara Mussury Franco Silva

Dourados-MS
Abril de 2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

F137b Faca, Eduardo Carvalho

Bioatividade de extratos aquosos de *Serjania* spp. sobre *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae) e *Tetrastichus howardi* (Olliff, 1893) (Hymenoptera: Eulophidae) [recurso eletrônico] / Eduardo Carvalho Faca. -- 2023.

Arquivo em formato pdf.

Orientador: Rosilda Mara Mussury Franco Silva.

Tese (Doutorado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2022.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Bioinseticidas. 2. Interação inseto-planta. 3. Parasitoide. 4. *Serjania* spp.. 5. Traça-das-crucíferas. I. Silva, Rosilda Mara Mussury Franco. II. Título.

“Bioatividade de extratos aquosos de *Serjania* spp. sobre *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae) e *Tetrastichus howardi* (Olliff, 1893) (Hymenoptera: Eulophidae)”.

Por

EDUARDO CARVALHO FACA

Tese apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD),
como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de
DOUTOR EM ENTOMOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE
Área de Concentração: Biodiversidade e Conservação



Dr.^a Rosilda Mara Mussury Franco Silva
Orientadora/Presidente – UFGD

Participação remota

Dr. Wedson Desidério Fernandes

Participação remota

Dr.^a Ivana Fernandes da Silva

Participação remota

Dr.^a Eliana Aparecida Ferreira

Participação remota

Dr.^a Elizete Cavalcante de Souza Vieira

Tese aprovada em: 07 de abril de 2022.

BIOGRAFIA DO ACADÊMICO

Eduardo Carvalho Faca, natural de Colorado do Oeste – Rondônia, nascido no dia 08 de janeiro de 1991, filho de Sebastião de Barros Faca e Jeane de Jesus Carvalho Faca. Cursou o Ensino Fundamental no Instituto Educacional Dimensão e na Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio “Manuel Bandeira” em Colorado do Oeste/RO. O ensino médio foi cursado na Escola Agrotécnica Federal de Colorado do Oeste (EAF-RO), atual IFRO.

Cursou Técnico agrícola com habilitação em Agropecuária (2006-2008) pela Escola Agrotécnica Federal de Colorado do Oeste. É Bacharel em Biotecnologia (2010-2014) e Licenciado em Ciências Biológicas (2018-2022) pela Universidade Federal da Grande-UFGD, Dourados, MS. Mestre em Entomologia e Conservação da Biodiversidade (2015-2017) pela UFGD, sob orientação do Professor Dr. Fabricio Fagundes Pereira e bolsista pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). A dissertação foi resultado da investigação das interações biológicas entre os parasitoides *Ooencyrtus submetallicus* (Hymenoptera: Encyrtidae) e *Trissolcus* sp. aff. *urichi* (Hymenoptera: Scelionidae) sobre hospedeiros Pentatomidae.

Ingressou no Programa de Doutorado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade em 2018 para investigar a bioatividade dos extratos aquosos de *Serjania* spp. sobre a biologia e comportamento de *P. xylostella* e *T. howardi*. Foi bolsista de doutorado pela CAPES de 2018 a 2021.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus e a todas as forças e energias positivas que movem o bem e contribuem para o crescimento espiritual de cada ser.

À Universidade Federal da Grande Dourados e ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade pela oportunidade de cursar o doutorado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro investido nas pesquisas.

À professora Dr^a Mara Mussury pela orientação, ensinamentos, companheirismo e paciência durante toda jornada científica da pesquisa de doutorado. Sou muito grato por ter sido acolhido no Laboratório de Interação Inseto-Planta (LIIP) e por proporcionar-me inúmeras experiências acadêmicas.

À professora Dr^a Laura Jane Gislotti por ter inicialmente me acolhido para orientação do doutorado com um lindo projeto de pesquisa e por ter tido a bondade e humanidade de entender meu processo de transição entre linhas de pesquisa.

Ao Laboratório de Controle Biológico de Insetos (LECOBIOL) e ao professor Dr. Fabricio Fagundes Pereira pela disponibilidade, contribuição, ensinamentos e concessão dos parasitoides e das instalações laboratoriais utilizados na montagem dos experimentos do último capítulo.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade da Universidade Federal da Grande Dourados pelas incríveis disciplinas ministradas e pela aprendizagem entomológica proporcionada e construída ao longo do curso.

Ao secretário do Programa de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade, Vítor Cunha Gomes Sfeir, pela assistência, suporte e disponibilidade durante todo o doutorado.

Ao grupo de pesquisa Botânica aplicada, do Laboratório de Interação Inseto-Planta, pelas amizades, profissionalismo, ética e companheirismos na divisão de tarefas, na concretização de pesquisas e nas trocas de conhecimentos e experiências científicas.

À minha família pelo amor, carinho, paciência e suporte emocional, permanecendo presente em todos os momentos da minha vida. Ao meu querido pai,

Sebastião de Barros Faca, pelo acalento e sabedoria em seus ternos conselhos. À minha querida mãe, Jeane de Jesus Carvalho Faca, pelos constantes cuidados, sensibilidade e amorosidade. À minha querida irmã, Camila Carvalho Faca, pelo companheirismo e eterna irmandade.

Aos meus grandes amigos Elizete Cavalcante, Abelardo Junior, Winnie Fernandes, Eliana Ferreira, Adrielly Torres, Thais Cremon e Pedro Patrício pelos belos momentos compartilhados, pelos inúmeros conselhos fraternais e por sempre estarem presentes nos momentos mais difíceis desta caminhada.

Aos amigos Marizete Cavalcante, Paula Gregorini, Alexandre Banari, Mayara Limeira, Bárbara Ortiz, Jessika Anne, Juliana Alves, Caroline Arenhardt, Robledo Maks, Juliana Justorriz, Manuela Scarpa, Ivana Fernandes, Bianca Dáuria, Gisele Oliveira, Aline Rocha e José Irlan pela amizade, conversas e vários momentos felizes.

Finalmente, aos heróis profissionais da saúde, que durante a Pandemia causada pelo COVID-19, atuaram na linha de frente para o combate do vírus, trabalhando e sacrificando-se para cuidar da saúde e do bem-estar da população. E ao Sistema Único de Saúde (SUS) e demais órgãos responsáveis que trabalharam a favor da vacinação e da ciência.

Dedico

Aos meus amados pais,
Sebastião de Barros Faca e Jeane de Jesus Carvalho Faca,
Por serem meu porto seguro, calma e paz.
Às minhas avós Tereza Camoleze de Barros (*in memoriam*)
e Yeda Cerveira Carvalho (*in memoriam*)

(...) Todo amanhã se cria num ontem, através de um hoje (...). Temos de saber o que fomos, para saber o que seremos.

(Paulo Freire)

LISTA DE TABELA – CAPÍTULO I

Tabela 1. Duração larval e pupal (dias) ($\pm$ EP), sobrevivência larval e pupal (%), peso pupal (mg) e razão sexual para os fatores isolados planta (*S. erecta* e *S. marginata*) e concentração (5 e 10%) (25 ± 2 °C; 55 ± 5 UR; 12 h fotofase).....74

Tabela 2. Longevidade de macho e fêmea (dias) ($\pm$ EP), fecundidade, total de larvas, período de oviposição e fertilidade de ovos (%) de *P. xylostella* para os fatores isolados planta (*S. erecta* e *S. marginata*) e concentração (5 e 10%) (25 ± 2 °C; 55 ± 5 UR; 12 h fotofase)..... 75

LISTA DE TABELA – CAPÍTULO II

Tabela 1. Médias de fecundidade, fertilidade dos ovos e viabilidade dos ovos para os fatores isolados planta (*S. erecta* e *S. marginata*) e concentração (5% e 10%) no teste de oviposição sem chance de escolha (25 ± 2 °C; 55 ± 5 UR; 12h fotofase).....94

Tabela 2. Índice de Dissuasão de oviposição obtido em teste sem chance de escolha os tratamentos com extratos vegetais das espécies de *S. erecta* e *S. marginata* nas concentrações 5% e 10% (25 ± 2 °C; 55 ± 5 UR; 12h fotofase)..... 95

Tabela 3. Médias do controle e do extrato aquoso vegetal em cada tratamento para a fecundidade, fertilidade dos ovos e viabilidade de ovos no teste de oviposição com chance de escolha (25 ± 2 °C; 55 ± 5 UR; 12h fotofase).....97

LISTA DE TABELA – CAPÍTULO III

Tabela 1. Médias ($\pm$ EP) para o ganho de peso médio (mg), área foliar média consumida (cm²) e Índice Alimentar (%) para o fator isolado planta (*S. erecta* e *S. marginata*) e concentração (5% e 10%) analisados no teste de atividade alimentar sem a chance de escolha, durante 24 horas (25 ± 2 °C; 55 ± 5 UR; 12h fotofase). Dourados, MS, 2022.....113

Tabela 2. Médias ($\pm$ EP) da área foliar consumida (cm²) de *P. xylostella* em discos de couve tratados com extratos aquosos de *S. erecta* e *S. marginata* nas concentrações de 5

e 10% analisados no teste de atividade alimentar com chance de escola, durante 24 horas ha ($25 \pm 2^{\circ}\text{C}$; 55 ± 5 UR; 12h fotofase)..... 114

Tabela 3. Médias ($\pm$ EP) e classificações do Índice de Preferência alimentar analisados após o teste de atividade alimentar com chance de escolha ($25 \pm 2^{\circ}\text{C}$; 55 ± 5 UR; 12h fotofase)..... 115

LISTA DE TABELA – CAPÍTULO IV

Tabela 1. Médias ($\pm$ EP) da viabilidade de ovos (%) e sobrevivência larval e pupal (%) para os fatores isolados planta (*S. erecta* e *S. marginata*) e concentração (5% e 10%) nos testes de toxicidade em ovos, larvas e pupas de *P. xylostella* ($25 \pm 2^{\circ}\text{C}$; 55 ± 5 UR; 12h fotofase). Dourados, MS. 2022..... 135

LISTA DE TABELA – CAPÍTULO V

Tabela 1. Interação entre planta e concentração para razão sexual de *T. howardi* reproduzido no hospedeiro *P. xylostella* tratado topicamente com extratos aquosos de *S. erecta* e *S. marginata*, nas concentrações 5% e 10%.....160

Tabela 2. Características biológicas de *T. howardi* reproduzido em *P. xylostella* tratada topicamente com extratos aquosos de *Serjania* spp.....161

LISTA DE FIGURA – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Figura 1. Fases de desenvolvimento biológico de *P. xylostella*. **A)** Indivíduo adulto (Fonte: James Lindsey); **B)** Ovos depositados no substrato (Fonte: Yingjie Zhou); **C)** Fase larval (Fonte: Alberto Luiz Marsaro Júnior); **D)** Pupa de *P. xylostella* envolta por um casulo de fios de seda (Fonte: Whitney Cranshaw)..... 10

Figura 2. Dimorfismo sexual de adultos de *P. xylostella*. **A)** Fêmea caracterizada pela presença de duas manchas circulares no final do abdome; **B)** Macho caracterizado pela presença de uma “fenda” na porção terminal do abdome..... 11

Figura 3. Espécie *T. howardi* caracterizada morfologicamente pela presença de duas setas dorsais na veia submarginal (Jonh La Salle).....25

Figura 4. Dimorfismo sexual de adultos de *T. howardi* caracterizados pela quantidade de funículos da antena, coloração dos funículos e coloração do fêmur anterior. **A)** Fêmea caracterizada pela coxa e fêmur das pernas anteriores pigmentados (mogno) (Fonte: Helter Carlos Pereira); **B)** Macho caracterizados pela coxa e fêmur de coloração amarelo claro (Fonte: Helter Carlos Pereira); **C)** Fêmea caracterizadas pela presença de funículo antenal pigmentado com três segmentos e escapo sem placa sensorial na margem ventral (Fonte: Jonh La Salle); **D)** Macho caracterizado pela presença de quatro segmentos no funículo, sendo que somente a clava é pigmentada e o escapo dotado de placa sensorial na margem ventral (Fonte: Jonh La Salle)..... 26

LISTA DE FIGURA – CAPÍTULO I

Figura 1. Representação esquemática da metodologia utilizada para a criação e multiplicação de *P. xylostella*, sob condições controladas de temperatura (25 ± 2 °C), umidade relativa ($55 \pm 5\%$) e fotoperíodo (12 h). Dourados, MS, 2022).....65

Figura 2. **A)** Folhas expandidas de *Serjania* spp. recém coletadas; **B)** Folhas de *Serjania* spp. colocadas em câmara de circulação forçada de ar a 40 °C (± 1 °C) (3 dias); **C)** Folhas de *Serjania* spp. sendo trituradas em moinho industrial; **D)** Pó fino de *S. erecta* e *S. marginata* para o preparo dos extratos aquosos.....66

Figura 3. **A)** Extratos aquosos de *S. erecta* e *S. marginata*, nas concentrações 5% e 10%, preparados a partir da técnica de maceração; **B)** Discos de couve com 8 cm de diâmetro tratados; **C)** Bioensaio contendo larvas de *P. xylostella* (avaliação fase larval)..... 67

Figura 4. **A)** Larva de 1º instar de *P. xylostella* no interior do disco foliar; **B)** Larva de *P. xylostella* no 4º instar de desenvolvimento; **C)** Pré-pupa de *P. xylostella*; **D)** Pupa de *P. xylostella* individualizada em tubo de ensaio para avaliação da fase pupal..... 68

Figura 5. A) Sexagem de adultos de *P. xylostella* e formação de casais individualizados em gaiolas; B) Ovos de *P. xylostella* com 3 dias de incubação oriundos do tratamento controle (água destilada); C) Avaliação da fase reprodutiva (fecundidade, número de larvas, fertilidade de ovos e longevidade de adultos)..... 69

Figura 6. Representação esquemática do delineamento experimental utilizado para avaliação das características biológicas do ciclo de vida de *P. xylostella*, sob condições controladas de temperatura (25 ± 2 °C), umidade relativa ($55 \pm 5\%$) e fotoperíodo (12 h) Dourados, MS, 2022..... 70

Figura 7. A), B), C) e D) Mortalidade de larvas de *P. xylostella* alimentadas a partir de discos de couve tratados com extratos aquosos de *Serjania* spp. 72

Figura 8. A) e B) Adultos de *P. xylostella* com as asas deformadas, recém emergidos de pupas oriundas de larvas alimentadas com discos de couve cotendo extrato aquoso de *S. marginata* na concentração 10%. C) Indivíduo adulto, apresentando deformação na porção terminal abdominal, oriundo do tratamento com *S. marginata* na concentração 10% 72

LISTA DE FIGURA – CAPÍTULO II

Figura 1. Esquema representativo da metodologia de criação e multiplicação de *P. xylostella* em condições controladas de temperatura (25 ± 2 °C), umidade relativa ($55 \pm 5\%$) e fotoperíodo (12 horas)..... 91

Figura 2. Esquema representativo dos bioensaios sem chance e com chance de escolha para oviposição de *P. xylostella* em discos de couve tratados. Bioensaios desenvolvidos em condições controladas de temperatura (25 ± 2 °C), umidade relativa ($55 \pm 5\%$) e fotoperíodo (12 horas)..... 93

Figura 3. Média da fecundidade (número de ovos) ($p < 0,05$) de *P. xylostella* nos discos de couve foliares tratados com água destilada (controle) e extratos aquosos de

Serjania spp. nas concentrações 5% e 10% no teste de oviposição com chance de escolha. Médias comparadas pelo teste de t Student a 5% de probabilidade..... 95

Figura 4. Média da fertilidade dos ovos (número de larvas recém-emergidas) de *P. xylostella* ($P < 0,05$) ovipositados nos discos de couve foliares tratados com água destilada (controle) e extratos aquosos de *Serjania* spp. nas concentrações 5% e 10% no teste de oviposição com chance de escolha. Médias comparadas pelo teste t de Student a 5% de probabilidade..... 96

Figura 5. Comparação dos índices de dissuasão de oviposição de *P. xylostella* para os tratamentos com extratos aquosos de *Serjania* spp. nas concentrações 5% e 10% no teste de oviposição com a chance de escolha ($P < 0,05$). Médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.....97

LISTA DE FIGURA – CAPÍTULO III

Figura 1. Esquema representativo da metodologia de criação de *P. xylostella* estabelecida e multiplicada em laboratório sob condições controladas de temperatura ($25 \pm 2^{\circ}\text{C}$), umidade relativa (UR) ($55 \pm 5\%$) e fotoperíodo (12 h). Dourados, MS, 2022.
..... 107

Figura 2. Esquema representativo da metodologia utilizada para os bioensaios de atividade alimentar de *Plutella xylostella* em discos foliares de couve imersos em extratos aquosos de *S. erecta* e *S. marginata* a 5 e 10% sem chance e com chance de escolha, durante 24 horas, desenvolvidos em laboratório, sob condições controladas de temperatura ($25 \pm 2^{\circ}\text{C}$), umidade relativa (UR) ($55 \pm 5\%$) e fotoperíodo (12 h). Dourados, MS, 2022..... 109

Figura 3. A) Montagem e preparo do bioensaio antialimentar sem chance de escolha; B) placas de Petri contendo discos foliares de couve tratados com água destilada ou com extrato aquoso de *S. erecta* 5 % ou 10% ou *S. marginata* 5% ou 10% e larvas de *P.*

xylostella; C) Escaneamento dos discos foliares de couve para obtenção da área foliar média consumida (cm²) em cada tratamento..... 110

Figura 4. A) Placas de Petri contendo discos de couve tratados (2 discos tratados com água destilada e dois com extrato aquoso vegetal); B) Placa de Petri contendo discos foliares de couve, de forma equidistante, e larvas de *P. xylostella* no bioensaio com chance de escolha; C) Escaneamento dos discos foliares de couve para obtenção da área foliar média consumida em cada tratamento..... 112

Figura 5. Área foliar média consumida (cm²), por larvas de *P. xylostella*, de discos de couve tratados com água destilada (controle) e extratos aquosos de *Serjania* spp. nas concentrações 5% e 10%, no teste de atividade alimentar com chance de escolha. Médias comparadas pelo teste de t Student a 5% de probabilidade..... 115

LISTA DE FIGURA – CAPÍTULO IV

Figura 1. Esquema representativo da metodologia de criação e multiplicação de *P. xylostella* em condições controladas de temperatura (25 ± 2 °C), umidade relativa ($55 \pm 5\%$) e fotoperíodo (12 horas). Dourados, MS, 2022..... 131

Figura 3. Esquema representativo da metodologia utilizada para avaliação da toxicidade dos extratos de *S. erecta* e *S. marginata*, nas concentrações 5% e 10%, aplicados topicamente em ovos, larvas e pupas de *P. xylostella*..... 133

LISTA DE FIGURA – CAPÍTULO V

Figura 1. Esquema representativo da metodologia utilizada para a criação e multiplicação de *P. xylostella* (temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa de $55 \pm 5\%$ e fotoperíodo de 12 horas). Dourados, MS, 2022..... 152

Figura 2. Esquema representativo do desenvolvimento experimental da reprodução de *T. Howard* sobre larvas de quarto instar de *P. xylostella* tratadas topicamente com extratos aquosos de *Serjania* spp., nas concentrações 5% e 10% (temperatura de $25 \pm$

2 °C, umidade relativa (UR) de 70 ± 10 % e fotofase de 14 horas). Dourados, MS, 2022.

..... 154

Figura 3. A) Larva de *P. xylostella* no 4º instar de desenvolvimento; B) Aplicação tópica de extratos aquosos de *Serjania* spp. sobre larvas de *P. xylostella*; C) Aplicação de 20 µL dos tratamentos; D) Fêmea de *T. howardi* parasitando *P. xylostella* topicamente tratada. Dourados, MS, 2022..... 155

Figura 4. Características sintomatológicas de larvas e pupas parasitadas e imaturos de *T. howardi*. A) As setas vermelhas indicam imaturos de *T. howardi* oriundas do interior da pupa de *P. xylostella* parasitada e dissecada; B) Pupa de *P. xylostella* parasitada por *T. howardi*, apresentando aspecto mumificado e coloração escura; C) Imaturos de *T. howardi*; D) Larva de 4º instar de *P. xylostella* parasitada 156

Figura 5. Sistema ASPECLE para avaliação de seletividade e as respectivas etapas de montagem do bioensaio. A) Discos foliares de couve tratados com extratos aquosos de *Serjania* spp.; B) Cilindro de vidro (Borosilicate, Laborglas™, São Paulo, SP, Brazil) com 3,50 cm de diâmetro x 25,00 cm de comprimento); C) Transferências dos discos foliares de couve tratados para o interior do cilindro; D) Introdução dos dois cilindros de papel cartão azul celeste (8,0 cm de comprimento e 3,6 cm de diâmetro) nas extremidades do cilindro de vidro; E) Introdução de duas tampas de plástico nas extremidades do cilindro de vidro, juntamente com 1 círculo de 9,0 cm de diâmetro de tecido do tipo voil para cada extremidade, sendo que uma das tampas de plástico apresentava um conector central para conectar a mangueira do sistema de ventilação. Introdução de um círculo plástico de 9,0 cm de diâmetro colocado juntamente com o círculo voil na extremidade contendo o conector; F) Inserção da mangueira de ventilação (1,0 cm de diâmetro x 13 cm de comprimento) no conector central da tampa introduzida no cilindro de vidro; G) Conexão das mangueiras de ventilação das gaiolas aos conectores do tubo de PVC central (2,2 cm de diâmetro), sendo o tubo central ligado a 1 bomba de vácuo (Aspirador/Compressor Mod 089/Cal Fanen®); H) Liberação dos parasitoides adultos..... 157

Figura 6. **A), B) e C)** Fêmea de *T. howardi* parasitando *P. xylostella* topicamente tratada com extrato aquoso de *Serjania* spp.; **D)** Progenie de *T. howardi* emergida de *P. xylostella* topicamente tratadas com extrato aquoso de *Serjania* spp..... 160

Figura 7. Curva de sobrevivência de fêmeas de *T. howardi* expostas a extratos aquosos de *Serjania* spp. durante 24, 48, 72, 96 e 120 horas, sob condições controladas de laboratório (Temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 h). Dourados, MS, 2022..... 162

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	01
ABSTRACT	03
1. INTRODUÇÃO GERAL	05
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	07
2.1. Família Brassicaceae	07
2.2. <i>Plutella xylostella</i>	09
2.2.1. Danos e prejuízos	09
2.2.2. Descrição e biologia	10
2.3. Interação inseto-planta	12
2.4. Inseticidas sintéticos e seus impactos	14
2.5. Inseticidas botânicos	17
2.6. Família Sapindaceae e as espécies <i>Serjania erecta</i> e <i>Serjania marginata</i>	20
2.7. Controle biológico	22
2.8. Parasitoide <i>Tetrastichus howardi</i>	24
2.8.1. Descrição e biologia	24
3. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	27
4. OBJETIVO GERAL	59
5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	59
6. HIPÓTESES	60
CAPÍTULO I: Bioatividade dos extratos aquosos de <i>Serjania</i> spp. no controle de <i>Plutella xylostella</i> (Lepidoptera: Plutellidae)	61
Resumo	61
Abstract	61
1. Introdução	62
2. Material e métodos	64
2.1. Criação de <i>P. xylostella</i>	64
2.2. Material botânico	65
2.3. Preparação dos extratos aquosos	66
2.4. Bioatividade dos extratos aquosos de <i>serjania</i> spp. contra <i>P. xylostella</i>	67
2.5. Análise estatística dos dados	71
3. Resultados	71
4. Discussão	76
5. Conclusões	78
Referências Bibliográficas	78
CAPÍTULO II: Efeito de extratos vegetais de <i>Serjania</i> sp. sobre a oviposição de <i>Plutella xylostella</i> L. (Lepidoptera: Plutellidae)	87
Resumo	87
Abstract	88

Resumen	88
1. Introdução	89
2. Materiais e Métodos	90
2.1. Criação de <i>P. xylostella</i>	90
2.2. Material botânico	91
2.3. Preparo dos extratos aquosos	91
2.4. Bioensaios de oviposição com extratos aquosos em <i>P. xylostella</i>	92
2.4.1. Bioensaio de oviposição sem chance de escolha	92
2.4.2. Bioensaio de oviposição com chance de escolha	92
2.5. Análise de dados	93
3. Resultados	93
3.1. Teste de oviposição de <i>P. xylostella</i> sem chance de escolha	93
3.2. Teste de oviposição de <i>P. xylostella</i> com chance de escolha	95
4. Discussão	98
5. Conclusão	99
Agradecimentos	99
Referências bibliográficas	99

CAPÍTULO III: Atividade antialimentar dos extratos aquosos de *Serjania* sp.

contra <i>Plutella xylostella</i> (L.) (Lepidoptera: Plutellidae)	103
Resumo	103
Abstract	104
1. Introdução	104
2. Material e Métodos	106
2.1. Criação de <i>P. xylostella</i>	106
2.2. Material botânico	107
2.3. Preparo dos extratos aquosos	108
2.4. Bioensaios para atividade antialimentar com extratos aquosos de <i>Serjania</i> spp. .	108
2.4.1. Bioensaio para atividade antialimentar sem chance de escolha	110
2.4.2. Bioensaio para atividade antialimentar com chance de escolha	111
2.5. Análise estatística dos dados	112
3. Resultados	113
3.1. Teste sem chance de escolha	113
3.2. Teste com chance de escolha	114
4. Discussão	116
5. Conclusões	117
Referências bibliográficas	118

CAPÍTULO IV: Toxicidade de extratos aquosos de *Serjania* spp. sobre ovos, larvas e pupas de *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae)

Resumo	127
Abstract	127
1. Introdução	128
2. Material e métodos	130
2.1. Criação de <i>P. xylostella</i>	130
2.2. Material botânico	131
2.3. Preparo dos extratos aquosos	131
2.4. Bioensaio de toxicidade de contato em ovos de <i>P. xylostella</i>	132

2.5. Bioensaio de toxicidade de contato em larvas de <i>P. xylostella</i>	132
2.6. Bioensaio de toxicidade de contato em pupas de <i>P. xylostella</i>	133
2.7. Análise estatística dos dados	134
3. Resultados	134
4. Discussão	135
5. Conclusões	137
Referências bibliográficas	138

CAPÍTULO V: Toxicidade e seletividade de extratos aquosos de *Serjania* spp. sobre *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae), um endoparasitoide de

<i>P. xylostella</i> (Lepidoptera: Plutellidae)	147
Resumo	147
Abstract	148
1. Introdução	148
2. Material e Métodos	151
2.1. Criação de <i>P. xylostella</i>	151
2.2. Identificação e criação do parasitoide <i>T. howardi</i>	152
2.3. Material botânico	153
2.4. Preparo dos extratos aquosos	153
2.5. Desenvolvimento experimental	153
2.5.1. Bioensaio 01: Reprodução de <i>T. Howard</i> sobre larvas de <i>P. xylostella</i> topicamente tratadas com extratos aquosos de <i>Serjania</i> spp.	153
2.5.2. Bioensaio 02: Sobrevivência de fêmeas de <i>T. howardi</i> expostas a extratos aquosos de <i>Serjania</i> spp.	156
2.6. Análise estatística dos dados	158
3. Resultados	159
3.1. Bioensaio 01: Reprodução de <i>T. Howard</i> sobre larvas de <i>P. xylostella</i> topicamente tratadas com extratos aquosos de <i>Serjania</i> spp.	159
3.2. Bioensaio 02: Sobrevivência de fêmeas de <i>T. howardi</i> expostas a extratos aquosos de <i>Serjania</i> spp.	162
4. Discussão	163
5. Conclusões	165
Referências bibliográficas	165

CONSIDERAÇÕES FINAIS 177

RELEVÂNCIA SOCIAL, ECONÔMICA E CIENTÍFICA DA PESQUISA 178

RESUMO GERAL

A traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella* Linnaeus (Lepidoptera: Plutellidae), é um microlepidóptero que causa importantes prejuízos econômicos a cultura das brássicas. O principal método empregado para o seu controle é o químico, através da utilização de inseticidas sintéticos, entretanto, as constantes aplicações destes produtos têm gerado impactos negativos ao meio ambiente e a saúde humana. Além disso, a utilização constante de produtos com o mesmo modo de ação tem favorecido a evolução da resistência. Como alternativa, a utilização de inseticidas botânicos é um método de controle viável e sustentável, pois apresenta baixo custo, rápida ação e degradação e, quase sempre, baixa toxicidade e seletividade em organismos não-alvos. Diante disso, foi avaliado a ação e atividade inseticida dos extratos aquosos das espécies vegetais *Serjania erecta* e *S. marginata*, nas concentrações 5% e 10%, sobre o ciclo de vida, reprodução e alimentação de *P. xylostella*, além da toxicidade dos extratos aquosos sobre ovos, larvas e pupas de *P. xylostella*. E, por último, foram avaliados os efeitos dos extratos aquosos na reprodução e sobrevivência de *Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae), um endoparasitoide da traça-das-crucíferas. Em todos os experimentos foram utilizados discos foliares de couve tratados com água destilada (controle) ou com extratos aquosos de *S. erecta* 5% ou 10% ou *S. marginata* 5 ou 10%. No primeiro experimento (ciclo de vida), foram selecionadas 50 larvas de *P. xylostella* (10 repetições de 5 subamostras) e individualizadas em placas contendo discos foliares de couve tratados. Foram avaliados a duração e sobrevivência larval e pupal (%), o peso pupal (mg), a razão sexual ($rs = \text{fêmea/fêmea} + \text{macho}$), a longevidade de adultos (dias), a fecundidade, o total de larvas, o período de oviposição (dias) e a fertilidade de ovos (%). No segundo experimento (oviposição) foram selecionados 15 casais de adultos, individualizados em gaiolas, totalizando 15 repetições e foram realizados teste sem chance e com chance de escolha. No bioensaio sem chance de escolha cada gaiola de adultos continha apenas um disco foliar de couve devidamente tratado. No bioensaio com chance de escolha foram colocados em cada gaiola quatro discos de couve, sendo dois discos tratados com água destilada (controle) e dois discos com extratos aquosos de *Serjania* spp. Foram avaliados a fecundidade, a fertilidade dos ovos, a viabilidade dos ovos (%) e o Índice de Dissuasão de oviposição (IDO). No terceiro experimento (atividade antialimentar) foram selecionadas e individualizadas, em cada placa de Petri, três larvas de terceiro instar de *P. xylostella* e cada tratamento foi constituído por 15 repetições. Foram realizados dois testes, um sem chance de escolha e outro com chance de escolha. No bioensaio sem chance de escolha foram disponibilizados em cada placa três discos foliares de couve. No bioensaio com chance de escolha foram disponibilizados 4 discos foliares de couve em cada placa, sendo dois discos tratados com água destilada (controle) e dois discos tratados com extratos aquosos de *Serjania* spp. Foram avaliados o peso larval (mg), a área foliar consumida, e o Índice Antialimentar (IA). No quarto experimento (toxicidade dos extratos aquosos de *Serjania* spp. sobre ovos, larvas e pupas), cada tratamento foi constituído por 10 repetições. Foram selecionados 300 ovos (30 ovos por repetição), 50 larvas (5 larvas por repetição) e 100 pupas (10 pupas por repetição) de *P. xylostella* por tratamento. Os ovos foram mergulhados nos respectivos tratamentos e as larvas e pupas foram tratadas topicamente com 20 µL de água destilada ou extrato aquoso de *Serjania* spp. Foi avaliada a viabilidade dos ovos (%), sobrevivência larval e pupal (%). No quinto experimento (seletividade dos extratos aquosos de *Serjania* spp. sobre *T. howardi*)

foram montados dois bioensaios. No primeiro bioensaio foram selecionadas larvas de 4º instar de *P. xylostella* e foram aplicados topicamente 20 µL de cada tratamento. As larvas foram submetidas ao parasitismo por *T. howardi* durante 48 horas. Foi avaliado a porcentagem de parasitismo (%) e emergência (%), duração do ciclo de vida (dias), número de progênie total, número de progênie masculina e feminina, razão sexual e longevidade de macho e fêmea (dias). No segundo bioensaio, utilizando o sistema ASPECLE (Avaliação de Seletividade de Praguicidas em Condições Estendidas de Laboratório), foram introduzidos em cada gaiola de vidro do sistema cinco discos foliares de couve devidamente tratados com água destilada ou extratos aquosos de *S. erecta* ou *S. marginata*, nas concentrações 5% ou 10%, ou acefato e foram liberadas dez fêmeas de *T. howardi* em cada gaiola. Este experimento foi constituído por 12 repetições de 10 subamostras, totalizando 120 parasitoides por tratamento. Foi avaliada a sobrevivência de *T. howardi* durante 24, 48, 72, 96 e 120 horas de exposição. De acordo com os resultados obtidos, os extratos aquosos de *Serjania* spp. causaram alterações no ciclo biológico de *P. xylostella* (primeiro experimento) e apresentam um efeito dissuasor na reprodução deste inseto (segundo experimento). Além disso, foi verificada a atividade antialimentar (terceiro experimento) dos extratos aquosos de *Serjania* spp., sendo fagodeterrentes para larvas de *P. xylostella* nos testes com chance de escolha. Os extratos aquosos de *Serjania* spp. diminuíram a viabilidade de ovos (%) e a sobrevivência larval (%) e pupal (%) de *P. xylostella*, sendo a concentração 10% mais eficaz na redução da sobrevivência larval (experimento quatro). Por último, foi observado que os extratos aquosos de *Serjania* spp. não influenciaram no parasitismo e na sobrevivência de *T. howardi* (quinto experimento).

PALAVRAS-CHAVE: bioinseticidas, interação inseto-planta, parasitoide, *Serjania* spp., traça-das-crucíferas

ABSTRACT

The diamondback moth, *Plutella xylostella* Linnaeus (Lepidoptera: Plutellidae), is a microlepidopteran that causes important damage in the cultivation of brassicas. The main method used for its control is chemical, through the use of synthetic insecticides. However, the applications of these products have human impacts on the environment and health. In addition, the constant use of products with the same mode of action has favored the evolution of resistance. As an alternative, a use of insecticidal botanicals is a low cost, action and sustainable reduction method, a method of low cost, action and reduction, as always, toxicity and low efficiency in non-target organisms. Therefore, the action and insecticidal activity of aqueous extracts of plant species and *Serjania marginata*, in activities 5% and 10%, on the life cycle, reproduction and feeding of *P. xylostella* were evaluated. In addition to the toxicity of aqueous extracts on eggs, larvae and pupae of *P. xylostella*. Finally, the effects of aqueous extracts on the reproduction and survival of *Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae), an endoparasitoid of the diamondback moth, were evaluated. In all experiments, foliar disc covers were treated with distilled water (control) or with aqueous extracts of *S. erecta* 5 or 10% or *S. marginata* 5% or 10%. In the first experiment (life cycle), 50 larvae of *P. xylostella* were selected (10 repetitions of 5 subsamples) and individualized in plates containing leaf discs of treated cabbage. They were larval and pupal duration and survival (%), pupal weight (the sex ratio (rs = female/female + male), adult pupal weight (days), pupal fecundity weight, total larvae, period of oviposition (days) and egg fertility (%). chance of choice, each cage of adults contained only one leaf disc of properly treated cabbage. In the bio with chance of choice, they were chosen by coverage in each water, with four clubs treated with distilled water (control) and two clubs with *serjania* spp. They were the fecundity, egg fertility, egg viability (%) and Oviposition Deterrence Index (IDO). ment consisted of 15 repetitions. Two tests were performed, one with no choice and the other with choice. In the no-choice bioassay, three kale leaf discs were available on each plate. In the free-choice bioassay, 4 cabbage leaf discs were made available on each plate, two discs treated with distilled water (control) and two discs treated with aqueous extracts of *Serjania* spp. They were the larval weight (mg), the leaf area consumed, and the Antifeeding Index (AI). In the fourth experiment, each treatment consisted of 10 replications. 300 eggs (30 eggs per replicate), 50 larvae (5 larvae per replicate) and 100 pupae (10 pupae per replicate) of *P. xylostella* per treatment were selected. The eggs were immersed in the respective treatments and as larvae and pupae they were treated topically with 20 µL of distilled water or aqueous extract of *Serjania* spp. (%) the possibility of eggs (%), survival and pupal In the fifth experiment (selectivity of aqueous extracts of *Serjania* spp. over *T. howardi*) two bioassays were set up. In the first bioassay, 4th instar larvae of *P. xylostella* were selected and 20 µL of each treatment were applied topically. Larvae were parasitized by *T. howardi* for 4 hours. It was evaluated as progeny (%) and emergence (duration), female life cycle number (days), total progeny number, sex ratio and male and female progeny (days). The second bioassay of the fifth experiment was performed using the ASPECLE system (Assessment of Pesticide Selectivity in Extended Laboratory Conditions). Leaf discs properly treated with distilled water or aqueous extracts of *S. erecta* or *S. marginata*, at 5% or 10%, or acephate, were selected in each glass cage of the system. Ten females of *T. howardi* were released in each cage. This experiment was performed for 122 per 1 treatment subsamples, totaling 120 parasites. and. According to the results obtained, the aqueous extracts of

Serjania spp. caused alterations in the biological cycle of *P. xylostella* (first experiment) and have a deterrent effect on the reproduction of this insect (second experiment). In addition, the anti-feeding activity (third experiment) of aqueous extracts of *Serjania* spp. was verified, being phagodeterrent for *P. xylostella* larvae in free-choice tests. The aqueous extracts of *Serjania* spp. decreased egg viability (%) and larval (%) and pupal survival (%) of *P. xylostella*, with the concentration being 10% more effective in reducing larval survival (experiment four). Finally, it was observed that the aqueous extracts of *Serjania* spp. did not influence the parasitism and survival of *T. howardi* (fifth experiment).

KEYWORDS: *Serjania* spp., bioinsecticides, diamondback moth, insect-plant interaction; parasitoid.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A utilização de inseticidas sintéticos ganhou destaque no final da década de 60, a partir da Revolução Verde, que tinha como objetivo aumentar a produção agrícola a partir do desenvolvimento e uso de novas tecnologias no campo (DAYAN et al., 2009; SILVA & FALCHETTI, 2011). Entretanto, a utilização das novas tecnologias associadas as aplicações de pesticidas sem as devidas preocupações com a segurança ambiental, fizeram com que esses produtos gerassem inúmeras consequências negativas, a longo prazo, tanto para o ambiente quanto para a saúde humana (SIQUEIRA & KRUSE, 2008).

Vários problemas de saúde já foram relatados devido a exposição e contato direto com inseticidas, incluindo distúrbios respiratórios e neurológicos, câncer, diabetes, síndromes reprodutivas e estresse oxidativo (RANI et al., 2021). Alguns autores relatam, a partir de relatórios investigativos, que existe uma profunda relação entre a exposição de inseticidas e o desenvolvimento de câncer de mama, cerebral, próstata, cólon, melanoma e leucemia (ALAVANJA et al., 2003; GREENBURG et al., 2008; BRASIL et al., 2018; PLUTH et al., 2019; BRUREAU et al., 2021; GATTO et al., 2021; KARALEXI et al., 2021; MATICH et al., 2021; RANI et al., 2021).

Além dos problemas relacionados a saúde humana, os inseticidas também podem ser nocivos ao meio ambiente, pois quando são aplicados, passam por vários processos de transferência e degradação, produzindo novos compostos (SCHOLTZ et al., 2007; SINGH, 2012; LIU et al., 2015; MARIE et al., 2017). Os inseticidas podem ser realocados em novos meios, atingindo organismos e plantas não alvos, através de vários processos como adsorção, lixiviação, volatilização, escoamento e deriva de pulverização (ROBINSON et al., 1999). Ademais, também podem apresentar toxicidade aguda e alta persistência, permanecendo no ambiente por muitos anos (DAMALAS & ELEFTHEROHORINOS, 2011).

Os inseticidas, geralmente, também são responsáveis pela poluição das águas, sendo constantemente detectados em águas superficiais e subterrâneas (CONNELL, 2005; SINGH, 2012). Os sistemas hídricos superficiais como rios, córregos, lagos e reservatórios são os mais vulneráveis e suscetíveis a contaminação (ANSARA-ROSS et al., 2012). Já as águas subterrâneas são atingidas, principalmente, pela lixiviação de

inseticidas em locais onde foram aplicados os produtos e pelo seu descarte indevido (BEN SALEM et al., 2016).

A demanda por alimentos isentos, minimamente, de tratamentos químicos e a busca pela ascensão na qualidade de vida estão motivando os consumidores a se preocuparem cada vez mais com a segurança alimentar, especialmente quando estão explícitos os problemas causados pelos inseticidas (ALENCAR et al., 2013). Em razão disso, a adoção de métodos alternativos de controle fitossanitário está cada vez mais presente nos cultivos agrícolas, principalmente na agricultura familiar, caracterizada pela produção agroecológica, pela valorização do ambiente e pela segurança alimentar (PAULA et al., 2017; DAMALAS & KOUTROUBAS, 2018).

Neste contexto, a utilização de bioinseticidas a partir de extratos botânicos é considerada uma alternativa sustentável e viável, quando comparada aos inseticidas sintéticos, para o manejo de pragas no campo (KUMAR et al., 2021). Além disso, os inseticidas vegetais são considerados naturais, pois são derivados de plantas, sendo caracterizados pela presença de vários compostos químicos bioativos em sua composição, podendo apresentar atividade inseticida contra determinados insetos, causando repelência, inibição de alimentação e oviposição, diminuição da emergência de adultos e até mesmo efeitos larvicidas e ovicidas (TRIPATHI et al., 2009; HELDER et al., 2013; ALI et al., 2017; MAGIEROWICZ et al., 2020).

Uma outra alternativa sustentável que pode ser integrada a utilização de biopesticidas, em sistemas de produção agrícola, é o controle biológico, através da utilização de parasitoides (MONSREAL-CEBALLOS et al., 2018). Esses insetos são agentes biológicos essenciais na regulação e supressão de populações de insetos fitófagos (WANG et al., 2019). Entretanto, aqui temos que ter atenção, pois são necessários estudos que demonstrem a compatibilidade do uso dos inseticidas botânicos no controle de pragas, através de pesquisas e avaliações sobre a seletividade e toxicidade dos inseticidas botânicos sobre os inimigos naturais (MONSREAL-CEBALLOS et al., 2018; AMOABENG et al., 2019; IAMBA & YOBA, 2019).

Diante disso, a ideia central do trabalho foi avaliar se os extratos aquosos de duas espécies botânicas do gênero *Serjania*, pertencentes à família Sapindaceae, apresentam atividade inseticida e alteram o ciclo de vida de *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Plutellidae). Bem como, avaliar a toxicidade e seletividade

dos extratos aquosos sobre a reprodução e sobrevivência do endoparasitoide *Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae), inimigo natural de *P. xylostella*.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Família Brassicaceae

Também conhecida como crucífera, é originária da costa do mediterrâneo e apresenta ampla distribuição global, podendo ser encontrada em quase todos os continentes (WARWICK, 2011). Esta família é representada por diversas espécies botânicas de importância alimentar e econômica na agricultura (CELESTINO et al., 2015). Apesar da sua ampla distribuição territorial e alta capacidade adaptativa, as crucíferas apresentam melhor desenvolvimento em climas frios, entretanto, estes vegetais também se desenvolvem em regiões com temperaturas mais elevadas (CELESTINO et al., 2015).

A família Brassicaceae é composta por aproximadamente 4.000 espécies (NIKOLOV et al., 2019), distribuídas entre plantas ornamentais, medicinais, forragens, espécies produtoras de óleos e hortaliças (SANTOS et al., 2006). As hortaliças compreendem o grupo de crucíferas com maior importância econômica, destacando-se a couve-de-folhas (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.), repolho (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L.), brócolis (*Brassica oleracea* L. var. *italica* P.), couve-flor (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis* L.), couve-de-bruxelas (*Brassica oleracea* L. var. *Gemmifera*) e a couve-chinesa (*Brassica rapa* L. var. *pekinensis* L.) (FILGUEIRA, 2008). Além destas espécies, outras crucíferas também se destacam economicamente como a mostarda-de-folha (*Brassica juncea* L.), rúcula (*Eruca versicaria* ssp. *sativa* Mill.) e o rabanete (*Raphanus sativus* L.) (FILGUEIRA, 2008).

As espécies de crucíferas comestíveis são caracterizadas por serem ricas em fibras, nutrientes, vitaminas (A, B1, B2, B6, C, E e K) e minerais (cálcio, magnésio e ferro) (WINK & VAN WYK, 2008; SHANKAR et al., 2019; RAZA et al., 2020). Além disso, uma gama de espécies da família Brassicaceae, como a couve-de-folhas, couve-flor, couve de Bruxelas, repolho, brócolis, entre outras, apresentam propriedades medicinais e podem diminuir o risco de muitos tipos de câncer (WANG et al., 2004).

As propriedades anticancerígenas destes crucíferos são atribuídas aos compostos antioxidantes, isotiocianatos, glucosinolatos e outras fitoalexinas (compostos secundários sintetizados pelas plantas a partir de uma resposta infecciosa) (ZUKALOVÁ & VASAK 2002). Os compostos anticarcinogênicos como o indol3-carbinol atuam conjuntamente com determinados hormônios, agindo no metabolismo e prevenção de tumores (STAUB et al., 2002; HANF & GONDER 2005). As crucíferas também são caracterizadas pela grande presença de aminoácidos em sua composição como ácido L-aspartico, L-alanina, L-fenilalanina, L-glutamina, L-histidina, L-metionina, L-treonina, L-triptofano e L-valina, e de compostos fenólicos como antocianinas, caféico, kamepferol, quercetina, isoferuloilcolina, entre outros, sendo caracterizados por suas propriedades antioxidantes, anticarcinogênicas e cardiovasculares (JAHANGIR et al. 2009).

No Brasil, embora existam uma grande variedade de vegetais pertencentes ao grupo das crucíferas, a espécie *B. oleracea* var. *acephala* ou couve manteiga, é uma das mais consumidas, apresentando grande importância econômica e contribui para segurança alimentar, principalmente na agricultura familiar (AMARO et al., 2007; FILGUEIRA, 2008).

A couve manteiga é uma hortaliça originária do continente asiático e europeu, sendo caracterizada como uma hortaliça anual ou bienal e apresenta, assim como outras brássicas, elevada composição e qualidade nutricional (proteínas, carboidratos, iodo, fibras, vitaminas, cálcio e ferro) (TRANI et al., 2015). Além disso, a espécie *B. oleracea* var. *acephala* apresenta seu desenvolvimento ideal nos períodos de outono e inverno, porém é tolerante ao calor, o que favorece sua produção em várias regiões do Brasil (EMBRAPA, 2010).

A couve manteiga também é caracterizada por apresentar um caule reto que sustenta a planta e emite novas folhas, não havendo formação de “cabeça” (como no caso da couve-flor) (FILGUEIRA, 2008). A colheita da couve é iniciada de 80 a 90 dias após o transplante das mudas e pode durar até 8 meses e sua produtividade depende de vários fatores como adubação, irrigação, condições edafoclimáticas e controle fitossanitário (SHINGO & VENTURA, 2009; CELESTINO et al., 2015). Embora as condições edafoclimáticas favoreçam o aumento da produtividade da cultura, elas também podem ser responsáveis por impactos fitossanitários, oferecendo

condições ideais para o desenvolvimento de doenças e multiplicação de pragas que causam a depreciação do produto e geram grandes prejuízos econômicos (HOLTZ et al., 2015).

Os cultivos de couve sofrem ataques de diversas pragas como a *Ascia monuste orseis* (Godart) (Lepidoptera: Pieridae), curuquerê-da-couve; *Agrotis ipsilon* (Hufnagel) (Lepidoptera: Noctuidae), lagarta rosca; *Hellula phidilealis* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae), broca-da-couve; *Trichoplusia ni* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), lagarta mede palmo e *P. xylostella*, a traça-das-crucíferas. Para maximizar a produtividade dos cultivos de hortaliças e diminuir os ataques de pragas é necessário conhecer a biologia dos insetos e adotar estratégias e técnicas de manejo para o ideal controle destes organismos (HOLTZ et al., 2015).

2.2. *Plutella xylostella*

2.2.1 Danos e prejuízos

Plutella xylostella, conhecida como traça-das-crucíferas, é um lepidóptero que se alimenta de vegetais da família Brassicaceae, sendo uma das principais pragas de importância econômica dentro do grupo das crucíferas (TALEKAR & SHELTON, 1993). Presume-se que a traça-das-crucíferas tenha origem em alguma região entre a Europa e a Ásia (HARDY, 1938). Este microlepidóptero é considerado um inseto cosmopolita, pois está presente em todas as regiões globais que apresentam cultivo de brássicas, podendo ocasionar perdas superiores a 90% na produção destes vegetais, quando em altas populações (VERKERK & WRIGHT 1996; CHENG et al., 2008; MACHEKANO et al., 2020).

Os prejuízos econômicos ocasionados pela *P. xylostella* eram estimados, na década de 1990, em aproximadamente 1 bilhão de dólares anuais. Entretanto, o manejo e o controle desta praga estão ficando cada vez mais complexos, sendo estimados os gastos, atualmente, entre 4 e 5 bilhões de dólares anuais (TALEKAR, 1992; FURLONG et al., 2013). Ou seja, cerca de 10% a 30% dos custos totais são gastos com o controle de *P. xylostella* (SRINIVASAN et al., 2011).

Os danos são causados diretamente pelas larvas que se alimentam de folhas e inflorescências, causando a diminuição da área fotossintética do vegetal e inviabilizando os órgãos da planta que seriam comercializados (CELESTINO et al.,

2015; CAPINERA, 2012). O dano é maximizado, principalmente, pela grande quantidade de larvas que consomem rapidamente todo tecido foliar, interferindo no desenvolvimento da planta (CAPINERA, 2012).

2.2.1 Descrição e biologia

A traça-das-crucíferas é uma mariposa que apresenta um curto ciclo de desenvolvimento e alta capacidade reprodutiva, apresentando rápida multiplicação em temperaturas favoráveis de 17 °C a 25 °C (TORRES et al., 2006). Entretanto, a variação de temperatura pode acelerar ou retardar o ciclo de desenvolvimento de *P. xylostella*, pois em temperaturas mais elevadas o ciclo torna-se mais curto e em temperaturas mais baixas o ciclo é prolongado (VACARI, 2009; MAGALHÃES, 2016).

Este microlepidóptero apresenta coloração parda e envergadura de 7 a 10 mm, sendo marcada por uma faixa de coloração castanho-claro ou creme no decorrer da margem anal ou interna das asas (GALLO et al., 2002; CAPINERA, 2012) (Figura 1A; 1B; 1C e 1D). A longevidade dos adultos está diretamente relacionada às condições climáticas e a disponibilidade de recursos alimentares, podendo variar de 4,9 a 7,7 dias, de acordo com as variedades de cultivares (THULER et al., 2007; CHAGAS FILHO et al., 2010).

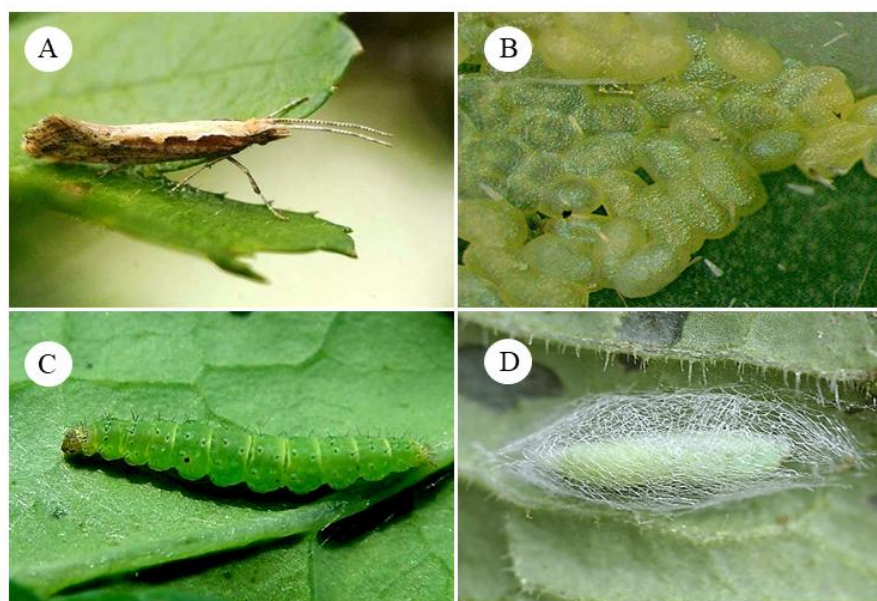


Figura 1. Fases de desenvolvimento biológico de *P. xylostella*. **A)** Indivíduo adulto (Fonte: James Lindsey); **B)** Ovos depositados no substrato (Fonte: Yingjie Zhou); **C)**

Fase larval (Fonte: Alberto Luiz Marsaro Júnior); **D)** Pupa de *P. xylostella* envolta por um casulo de fios de seda (Fonte: Whitney Cranshaw)

Os adultos, geralmente, não voam muito, ficando a aproximadamente 2 metros do solo e se alimentam de néctar. Apesar de não voarem por longas distâncias, esse microlepidóptero é levado facilmente para outros locais através do vento que favorece sua dispersão, distribuição e multiplicação (CAPINERA, 2012). O dimorfismo sexual é observado na parte ventral dos adultos, sendo a fêmea caracterizada por duas manchas escuras e circulares na região final do abdome e o macho por uma fenda (VACARI, 2009) (Figura 2A e 2B).

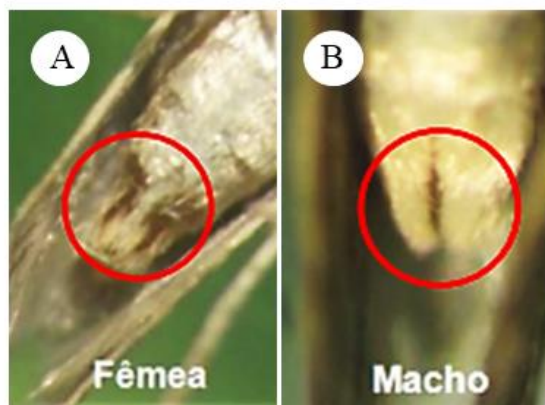


Figura 2. Dimorfismo sexual de adultos de *P. xylostella* (Fonte: Alessandra Marielli Vacari). **A)** Fêmea caracterizadas pela presença de duas manchas circulares no final do abdome; **B)** Macho caracterizado pela presença de uma “fenda” na porção terminal do abdome.

As fêmeas, geralmente, ovipositam seus ovos em grupos ou isoladamente na face abaxial ou nas concavidades das folhas (GUPTA & THORSTEINSON, 1960; TALEKAR & SHELTON, 1993). Entretanto, alguns fatores físicos e químicos como substâncias voláteis, ambiente, temperatura, tricomas e cera vegetal podem influenciar o processo de escolha e oviposição da fêmea (PIVNICK et al., 1990).

Os ovos são pequenos e arredondados, apresentam coloração amarelada, tamanho inferior a 1 mm e o tempo de incubação varia de 3 a 4 dias (VACARI, 2009; MAGALHAES, 2016) (Figura 1 B). A fecundidade de fêmeas de *P. xylostella* pode variar de acordo com o substrato, sendo que para os cultivares de couve, couve-flor,

repolho e repolho roxo, o número de ovos variou de 109,5 a 165,7 ovos por fêmea (THULER et al., 2007; CHAGAS FILHO et al., 2010). Entretanto, alguns autores já contabilizaram fecundidade superior a 290 ovos por fêmea em couve *B. oleracea* var. *acephala* (FERREIRA et al., 2020).

As larvas de *P. xylostella* apresentam coloração verde clara, capsula cefálica com coloração parda e pelos escuros e esparsos sobre o corpo, sendo caracterizada por quatro instares de desenvolvimento (Figura 1 C). Após a eclosão, as larvas neonatas, de primeiro instar, penetram no mesófilo foliar até alcançarem o segundo instar de desenvolvimento, apresentando tamanho aproximado de 2 a 3 mm. No último instar as larvas apresentam máximo desenvolvimento larval com tamanho aproximado de 8 a 10 mm de comprimento. A duração da fase larval pode variar de acordo com as condições ambientais, variando de 4 a 10 dias. O término da fase larval é caracterizado pela formação de um casulo, dando início ao período pré-pupal, com duração aproximada de 24 horas, e pupal, que varia de 3 a 4 dias. A fase pupal acontece dentro do casulo que oferece proteção até a emergência do adulto, que ocorre entre 3 e 4 dias (TALEKAR & SHELTON, 1993; VACARI, 2009; MAGALHAES, 2016) (Figura 1 D).

O ciclo de vida da traça-das-crucíferas apresenta duração de 12 a 20 dias, dependendo dos recursos alimentares e da temperatura (BARROS & VENDRAMIM, 1999; CARVALHO et al., 2010). Além disso, os recursos nutricionais e as condições climáticas podem influenciar no número de gerações deste inseto durante o ano (TALEKAR & SHELTON, 1993).

2.3. Interação inseto-planta

A interação entre inseto e planta ocorre a partir de processos coevolutivos, principalmente entre planta e herbívoros (WHITNEY & GLOVER et al., 2013). Este processo ocorre de maneira gradual, sendo que a medida em que a planta desenvolve seus sistemas de defesa, os insetos herbívoros, paralelamente, desenvolvem mecanismos para superá-los. Ou seja, a planta exerce uma pressão seletiva sobre o inseto que, por sua vez, desenvolve habilidades para transpor sua defesa (WHITNEY & GLOVER, 2013).

As plantas, durante os processos coevolutivos, desenvolveram vários mecanismos de defesa como barreiras físicas e químicas, através de compostos voláteis que atraem inimigos naturais de insetos herbívoros, produção de proteínas de defesa, tricomas e metabólitos secundários (ANDAMA et al., 2020; ANDRADE et al., 2020; PINTO-ZEVALLOS et al., 2020; YACTAYO-CHANG et al., 2020; KORTBEEK et al., 2021; NINKOVIC et al., 2021).

Da mesma maneira que as plantas, os insetos também desenvolveram estratégias para vencer as barreiras de defesa construídas por elas, através de metabolização de compostos tóxicos, mecanismos de fuga, plasticidade genética, estratégias ontogenéticas e mudanças morfológicas (CLARKE & ZALUCKI, 2000; ÔMURA et al., 2006; CARO et al., 2016; DUSSOURD, 2017; BOEGE et al., 2019). Portanto, o sucesso da herbivoria está relacionado a capacidade do inseto em neutralizar e adaptar-se a toxicidade dos compostos químicos produzidos pela defesa da planta (FÜRSTENBERG-HÄGG et al., 2013).

Os vegetais da família Brassicaceae apresentam um sistema particular e complexo de defesa, denominado glucosinolatos-mirosinase (CHHAJED et al., 2020). As mirosinases coexistem com os glucosinolatos, sendo responsáveis pela sua hidrólise e produção de vários produtos bioativos, sendo este sistema especializado na defesa vegetal (ANGELINO et al., 2015; CHHAJED et al., 2020).

De acordo com estudos filogenéticos os glucosinolatos estão presentes em várias famílias de plantas (EDGER et al., 2018). Estes compostos especializados podem atuar como anticarcinogênicos e na defesa contra patógenos e insetos, incluindo *P. xylostella* (KIM e JANDER, 2007; SANTOLAMAZZA-CARBONE et al., 2014; JOHNSON et al., 2015; HUMPHREY et al., 2016; KAISER et al., 2017).

Os glucosinolatos são compostos hidrofílicos aniônico e apresentam em sua composição nitrogênio e enxofre, sendo solúvel em água e dissolvidos em acetona e metanol (ISHIDA et al., 2014; BLAŽEVIĆ et al., 2020). Além disso, os glucosinolatos podem ser divididos em três grupos principais, conforme a distribuição de seus aminoácidos precursores, sendo alifáticos, quando derivados de alanina, glutamato, isoleucina, leucina, metionina ou valina; indólicos quando sintetizados a partir de triptofano; e os glucosinolatos benzênicos, sintetizados a partir de fenilalanina e tirosina (AGERBIRK & OLSEN, 2012; BLAŽEVIĆ et al., 2020).

Os glucosinolatos e as mirosinases estão presentes na célula vegetal em compartimentos separados e são liberados a partir do rompimento celular ocasionado pela herbivoria (FÜRSTENBERG-HÄGG et al., 2013). Após o rompimento celular ocorre a interação entre os dois compostos, onde a enzima mirosinase realiza a clivagem da β -glucose a fim de desestabilizar os compostos glucosinolatos e assim gerar os isotiocianatos (FÜRSTENBERG-HÄGG et al., 2013). Os compostos isotiocianatos são considerados tóxicos para vários insetos e podem inibir seu crescimento (antibiose) e causar deterrence alimentar (antixenose) (SANTOLAMAZZA-CARBONE et al., 2014).

Os insetos especialistas como a traça-das-crucíferas desenvolveram mecanismos para superar a toxicidade destes compostos (CHHAJED et al., 2020). O intestino destes insetos apresenta sulfatases que hidrolisam a ligação éster sulfato dos compostos glucosinolatos e evitam a formação de isotiocianatos (RATZKA et al., 2002; MA et al., 2018). Outra estratégia utilizada por alguns insetos é a produção de outros compostos menos tóxicos que os isotiocianatos como os nitrilos (WITTSTOCK et al., 2004). Além disso, a rápida velocidade de absorção e excreção pode ser outra tática empregada pelos insetos, evitando a atuação da mirosinase e a formação de produtos tóxicos (HOPKINS et al., 2009).

2.4. Inseticidas sintéticos e seus impactos

Desde o século XX a utilização de inseticidas sintéticos é considerada o principal método de controle utilizado para a redução dos danos causados por populações de insetos nas grandes culturas (OBEREMOK et al., 2015). A utilização destes produtos ascendeu após a Segunda Guerra Mundial, em resposta a expansão da atividade agrícola e ao aumento da produtividade das culturas (DAYAN et al., 2009).

O diclorodifeniltricloroetano (DDT) foi um dos primeiros produtos químicos que foi utilizados para o controle de pragas no Brasil (D'AMATO et al., 2002), incluindo *P. xylostella* (ANKERSMIT, 1953). Registros mostram que a traça-das-crucíferas foi a primeira praga agrícola que desenvolveu resistência ao DDT (ANKERSMIT, 1953). Além dos problemas relacionados a resistência em insetos, o DDT foi responsável por vários impactos ambientais, devido ao seu efeito residual

persistente e bioacumulativo, entretanto, a utilização deste produto foi proibida em 2002 e outros produtos menos bioacumulativos o substituíram (CARVALHO, 2017).

O desenvolvimento da resistência em insetos é ocasionado devido ao aumento da pressão de seleção, ocasionado pelas excessivas aplicações de inseticidas (SUBRAMANYAM et al., 2018). Segundo Castelo Branco et al. (2003) os problemas de resistência enfrentados pela *P. xylostella* estão diretamente relacionados as suas características biológicas, pois apresentam um curto ciclo de vida e alta capacidade reprodutiva, favorecendo sua multiplicação e sua plasticidade genética. A não rotação do modo de ação dos inseticidas e sua superdosagem também contribuem para o desenvolvimento deste fator. Além disso, não seguir a recomendação do fabricante contida no rótulo dos produtos fitossanitários também pode ser um fator determinante (CASTELO BRANCO et al., 2003)

Atualmente, estão disponíveis no mercado vários grupos de inseticidas com diferentes modos de ação para o controle de lepidópteros, podendo atuar no sistema nervoso, digestivo, respiratório, muscular e no crescimento e desenvolvimento destes insetos (SPARKS et al., 2015). Diversos estudos já relataram a resistência de *P. xylostella* a vários grupos químicos de inseticidas, incluindo os organofosforados, piretroides (WANG et al., 2020), neonicotinóides, carbamatos e diamidas (NINSIN & TANAKA, 2005; SOLEYMANZADE et al., 2019; ZOLFAGHARI et al., 2019; WANG et al., 2020; BANAZEER et al., 2021; JIANG et al., 2021), apresentando resistência a mais de 101 princípios ativos de agrotóxicos, sendo um dos insetos mais difíceis de gerenciamento e controle (APRD, 2021)

Várias estratégias e medidas de segurança são desenvolvidas para desacelerar o processo de resistência de *P. xylostella* e ao mesmo tempo estabelecer o equilíbrio de sua população no campo, através da rotação dos mecanismos de ação dos vários grupos de inseticidas e de seus diferentes alvos sistêmicos no inseto (UESUGI, 2021). Além disso, atualmente, estão sendo desenvolvidas estratégias genéticas, através de marcadores moleculares, que revelam frequências de mutações, a fim de monitorar a resistência de insetos na agricultura, sendo uma ferramenta diagnóstica importante para futuras tomadas de decisão (VAN LEEUWEN et al., 2020).

Além dos problemas relacionados ao desenvolvimento de resistência, a utilização frequente destes produtos e a não adoção das recomendações de aplicação,

contribuem para o desenvolvimento de impactos negativos, afetando a saúde humana, o meio ambiente e os organismos não alvos, como inimigos naturais e polinizadores (HAN et al., 2018; MEENA et al., 2020; PISA et al., 2021).

Embora os polinizadores não sejam alvos diretos da aplicação de pesticidas, estes insetos são constantemente alcançados por estes produtos (LUNDIN et al., 2015). Alguns autores já relataram as consequências da mortalidade de populações de polinizadores para a segurança alimentar global e local (VAN DER SLUIJS & VAAGE, 2016).

Alguns estudos preditores realizados através de análises multiresiduais e observacionais investigaram a presença de inseticidas em abelhas mortas, pólen, mel e cera, e presumiram que os inseticidas podem ser responsáveis pela mortalidade e pelo desequilíbrio de algumas populações de polinizadores (KASIOTIS et al., 2014; VAN DER ZEE et al., 2015). Calatayud-Vernich et al. (2016) evidenciam a correlação do aumento da mortalidade de abelhas ao aumento da presença de alguns inseticidas, medindo a concentração de 58 pesticidas agrícolas presentes em abelhas mortas. Mogren e Lundgren (2016), verificaram a presença de inseticidas em flores semeadas em áreas próximas as de cultivos e observaram que a presença de alguns inseticidas em flores está relacionada ao baixo sucesso nutricional em abelhas.

Wegener et al. (2016) estudaram o efeito de dois inseticidas (um do grupo dos neonicotinóides e outro do grupo dos carbamatos) em *Apis mellifera* (Linnaeus) (Hymenoptera: Apidae) e verificaram que o inseticida do grupo dos neonicotinóides afetou o número total de abelhas, a produtividade de mel e a atividade enzimática das operárias. Garbuzov et al. (2015) também observaram em seu estudo de campo, que a presença de alguns inseticidas em cultivos de brássicas foram responsáveis pela redução do forrageamento de abelhas.

Além dos impactos negativos ocasionados aos polinizadores, alguns inseticidas podem afetar a biologia de vários inimigos naturais como predadores e parasitoides e, dependendo da sua toxicidade, podem ocasionar a mortalidade desses agentes (PISA et al., 2021; SUROSHE et al., 2021). Skouras et al. (2019) estudaram o efeito de cinco inseticidas sobre a mortalidade, tempo de desenvolvimento e consumo de larvas de dois coccinelídeos predadores e verificaram que o inseticida sistêmico pertencente ao grupo químico neonicotinóide foi moderadamente tóxico para estes inimigos naturais.

Pasini et al. (2021) também pesquisaram o efeito residual de cinco inseticidas pertencentes aos grupos químicos dos piretroides, carbamatos, neonicotinóides, organoclorados e organofosfatos sobre os predadores *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) e *Eriopis connexa* (Germar) (Coleoptera: Coccinellidae) e recomendaram a não utilização desses inseticidas quando larvas e adultos de *C. externa* e *E. connexa* estiverem em altas populações nos campos.

Os parasitoides também são um grupo de inimigos naturais especialistas responsáveis pelo controle biológico de vários insetos no campo e são constantemente relatados em estudos sobre toxicidade de inseticidas e efeitos residuais (PISA et al., 2021; RICUPERO et al., 2020). Milonas et al. (2021) realizaram um estudo sobre a suscetibilidade dos parasitoides *Trichogramma achaeae* (Nagaraja e Nagarkatti) (Hymenoptera: Tricogrammatidae) e *Trichogramma cordubensis* (Vargas & Cabello) (Hymenoptera: Trichogrammatidae) quando em contato com inseticidas dos grupos organofosforado, piretroide, neonicotinóides e reguladores de crescimento e notaram que o tipo inseticida e a época de aplicação influenciaram no parasitismo e na emergência destes parasitoides, apresentando diferentes níveis de suscetibilidade. Lowenstein et al. (2019) também verificaram em seu estudo sobre a sensibilidade do parasitoide *Trissolcus japonicus* (Ashmead) (Hymenoptera: Scelionidae) sobre resíduos de inseticidas em laboratório e campo e notaram que os resíduos de neonicotinóides e piretroides foram letais para este parasitoide de ovos de percevejo.

Além dos danos causados aos polinizadores, predadores e parasitoides, vários pesticidas são responsáveis por apresentarem efeitos letais e subletais em um vasto grupo de microorganismos terrestres e aquáticos e a vários representantes do grupo de vertebrados, prejudicando e afetando diretamente a manutenção do ecossistema (VAN DER SLUIJS et al., 2015; AL-ANI et al., 2019; BORSUAH et al., 2020; GARCÊS et al., 2020 PISA et al., 2021).

2.5. Inseticidas botânicos

Uma vez que a constante utilização de inseticidas sintéticos desencadeou sérios problemas ao meio ambiente, à biodiversidade e ao homem, foi necessário o desenvolvimento e implementação de métodos alternativos para controle de insetos,

como a utilização de inseticidas botânicos (MENEZES, 2005; VERMA et al., 2015; CAMPOS et al., 2019).

Os inseticidas botânicos são produtos derivados de plantas e oriundos de seus metabólitos secundários com propriedades inseticidas, sendo resultado de um complexo processo evolutivo do sistema de defesa vegetal para evitar e conter o ataque de insetos herbívoros (WIESBROOK, 2004). Os bioinseticidas são preparados a partir de material vegetal que, geralmente, são moídos ou reduzidos a pó ou a partir de produtos derivados de extração aquosa ou de outros tipos de solventes (álcool, éter, acetona, entre outros) (WIESBROOK, 2004).

Grande parte dos compostos bioativos derivados de plantas são classificados como alcaloides, compostos nitrogenados, esteroides, fenilpropanoides, fenólicos e terpenoides e são caracterizados pela defesa de plantas contra herbívoros e patógenos (MIRESMAILLI & ISMAN 2014; LIU et al., 2021). Um dos primeiros compostos bioativos utilizado como inseticida botânico foi a nicotina, extraída a partir do tabaco. Entretanto, atualmente, já existe uma grande diversidade de metabólitos secundários disponíveis no mercado como azadiractina, matrina, rotenona, veratrina, limoneno, piretrina, entre outros (LIU et al., 2021).

Estes compostos atuam em diferentes vias e apresentam modos de ação distintos, podendo inibir enzimas respiratórias (rotenona) e inibir o crescimento de insetos (azadiractina); causar alterações motoras e sensoriais, excitando, paralisando e causando a morte do inseto (piretrina); atuar no sistema nervoso, precisamente nos receptores de acetilcolina nas células nervosas (nicotina); causar alterações no sistema muscular, aumentando a concentração de cálcio neste tecido (flubendiamida); e também afetar o sistema digestivo (coprinol) (LIU et al., 2021).

As plantas com potencial ação inseticida causam diversos efeitos sobre populações de insetos-praga, sendo inibidoras de alimentação e de crescimento de insetos. Interferem na biologia desses organismos, afetando seu desenvolvimento e sua reprodução. Além disso, os bioinseticidas causam alterações comportamentais, mortalidade, atuando no sistema nervoso central e podem inibir a alimentação de insetos, ocasionando sua morte por inanição (MENEZES, 2005).

Os inseticidas botânicos também podem interferir no metabolismo celular dos insetos, dificultando seu crescimento e seu desenvolvimento (MENEZES, 2005).

Alguns estudos mostram que determinados extratos vegetais desenvolvidos a partir de plantas medicinais reduzem a sobrevivência de ovos, larvas, pupas, ninfas e diminuir a fecundidade, viabilidade e longevidade de adultos, afetando diretamente sua reprodução (COSTA et al., 2004; PERES et al., 2017; COUTO et al., 2019; 2020; FERREIRA et al., 2020; FACA et al., 2021; GHONGADE et al., 2021). Além disso, algumas dessas substâncias podem atuar por contato, sendo absorvidas pela quitina ou pelo exoesqueleto de insetos, ou podem atuar nas vias respiratórias, através de ação fumigante (COSTA et al., 2004).

As principais vantagens da utilização dos inseticidas botânicos são: a rápida degradação no ambiente, ocasionada pela ação da luz solar, ar, umidade, chuva e enzimas desintoxicantes; baixa persistência, apresentando menor risco dos insetos alvos desenvolverem resistência; menor risco para insetos não alvos e benéficos; baixo ou reduzido efeito residual; ação rápida; baixa ou moderada toxicidade; viabilidade de custo e disponibilidade de material vegetal (BUSS & PARK-BROWN, 2002; KATHRINA & ANTONIO, 2004; WIESBROOK, 2004; LIU et al., 2021).

Apesar das inúmeras vantagens e praticidade que os bioinseticidas oferecem, algumas desvantagens estão presentes na sua utilização como: necessidade de sinergistas, pois, na maioria das vezes, os inseticidas botânicos são rapidamente degradados ou metabolizados por ação enzimática que ocorre no processo de desintoxicação dos insetos-alvo, não causando a mortalidade do inseto. Entretanto, a adição de um agente sinergistas pode inibir a ação destas enzimas desintoxicantes, aumentando a eficácia do produto; baixa persistência, devido a sua rápida degradação no ambiente, propiciando o aumento da frequência das aplicações e dos custos; modo de ação não sistêmico, geralmente; deficiência do desenvolvimento de pesquisas sobre toxicidade e efeitos residuais em organismos não alvos e alimentos; e dificuldade de registro (BUSS & PARK-BROWN, 2002; KATHRINA & ANTONIO, 2004; WIESBROOK, 2004).

A biodiversidade botânica e a disponibilidade de plantas nativas são fatores importantes que agregam praticidade a preparação e ao desenvolvimento de inseticidas botânicos, além de ser economicamente viável ao produtor (BHAT et al., 2021). Portanto, a prospecção de novas fontes botânicas com potencial ação inseticida é uma alternativa viável para a diminuição de aplicações de inseticidas sintéticos e para o

controle sustentável de insetos-praga (MEISYARA et al., 2019). Várias famílias vegetais já foram investigadas para o desenvolvimento de extratos botânicos e biopesticidas, incluindo espécies da família Annonaceae, Amaryllidaceae, Anacardiaceae, Asteraceae, Euphorbiaceae, Meliaceae, Rubiaceae, Solanaceae e Sapindaceae (PERES et al., 2017; GIRALDO-RIVERA et al., 2019; RIVERA et al., 2020; COUTO et al., 2020; IFEANYIEZE et al., 2021; KANMANI et al., 2021; SHAHINFAR et al., 2021).

2.6. Família Sapindaceae e as espécies *S. erecta* e *S. marginata*

A família cosmopolita Sapindaceae foi descrita por Antoine Laurent de Jussieu (1789), sendo distribuída, principalmente, em regiões tropicais e subtropicais, apresentando aproximadamente 1900 espécies em 144 gêneros (CRONQUIST et al., 1981; BUERKI et al., 2021). No Brasil, estima-se que existam aproximadamente 32 gêneros e 436 espécies representantes da família Sapindaceae (SOMNER et al., 2016). No estado do Mato Grosso do Sul foram levantadas 62 espécies, sendo pertencentes a 17 gêneros, incluindo o gênero *Serjania* (GROPPO et al., 2018).

O gênero *Serjania* é nativo das regiões do neotrópico e apresenta mais de 230 espécies distribuídas principalmente no México e no Brasil (QUINTANILHA & PINTO et al., 2014). Várias espécies de *Serjania* já foram investigadas e são caracterizadas por suas propriedades medicinais anti-inflamatórias, combatendo úlceras, dores estomacais, enxaqueca e hipertensão (BOURDY et al., 2004; NAPOLITANO et al., 2005; ARRUDA et al., 2009; PÉRICO et al., 2015; SALINAS-SÁNCHEZ et al., 2017). Além disso, extratos de espécies de *Serjania* já foram relatados apresentando atividade analgésica, antioxidante, antiprotozoária, anticâncer, inseticida, antifúngica, bactericida, gastroprotetora e repelente (LIMA et al., 2006; QUINTANILHA & PINTO et al., 2014).

Estudos fitoquímicos revelam que muitas espécies do gênero *Serjania* compartilham vários compostos químicos, entre os quais incluem a saponina, flavonoides, esteroides, terpenos, alcaloides, taninos e ácidos graxos (QUINTANILHA & PINTO et al., 2014).

A espécie *Serjania erecta* Radlk (Sapindaceae) é popularmente conhecida como cipó-cinco-folhas, cipó de timbó, timbó bravo, tururi ou retrato-de-Teiú, sendo

caracterizada como um arbusto ereto ramoso e glabro com caule arqueado-deflexo, podendo chegar a dois metros de altura (POTT & POTT, 1994; SILVA, 1998). Esta espécie vegetal apresenta folhas compostas, folíolos largo-ovais, inflorescência apical de coloração branca e fruto variando de cordado a arredondado (SILVA, 1998).

A utilização de extratos de *S. erecta* já foi relatada para vários fins medicinais, incluindo tratamento de úlcera, pressão alta, regulação menstrual e atividade anti-inflamatória (POTT & POTT, 1994; SILVA, 1998; GOMIG et al., 2008). Além disso, esta espécie vegetal também apresenta atividade antioxidante, antimicrobiana e antimicobacteriana, protetiva de células neurais, gastroprotetora, neutralizante e antiofídica (ARRUDA et al., 2009; FERNANDES et al., 2011; CARDOSO et al., 2013; GUIMARÃES et al., 2015).

Ventura et al. (2021) através de análises fitoquímicas detectaram nos extratos aquosos de *S. erecta* a presença de saponinas, compostos fenólicos, flavonoides e taninos. Gomig et al. (2008) também verificaram, em seus extratos hidroalcoólico de *S. erecta*, a presença de saponinas, flavonoides, esteroides, taninos, catequinas e triterpenoides. Guimarães et al. (2015) em seu estudo isolaram os flavonoides vitexina, isovitexina e quercetrina do extrato metanólico de folhas de *S. erecta* e verificaram suas ações neuroprotetivas em determinadas células. Fernandes et al. (2011) também verificaram em seu estudo, através da triagem fitoquímica do extrato metanólico de *S. erecta*, a presença dos compostos saponina, terpenos, flavonoides e taninos.

A espécie *Serjania marginata* Casar (Sapindaceae), popularmente conhecida como cipó-uva ou cipó-timbó é comumente encontrada na região do Cerrado brasileiro, sendo utilizada como planta ornamental em cercas vivas e áreas degradadas (SILVA, 1998; GUARIM NETO & SANTANA, 2000). Além desta região, o cipó-timbó também apresenta distribuição em regiões do Paraguai, Bolívia e Argentina (GUARIM NETO & SANTANA, 2000). Esta espécie vegetal é caracterizada como uma trepadeira escandente, apresentando caules glabros ou pubescentes, ramos com formato triangular, folhas compostas e biternadas, inflorescências em tirsos solitários ou panículas congestas, flores alvas e hermafroditas e frutos coriáceos (ACEVEDO-RODRÍGUEZ, 1993; GUARIM NETO & SANTANA, 2000).

Algumas propriedades medicinais já foram relatadas em diversos estudos envolvendo *S. marginata*, incluindo efeito protetor contra ação mutagênica, ação

gastroprotetora, efeito antimicrobiano, anticancerígeno, antioxidante, anti-hiperalgésico, anti-inflamatório e atividade hepática, (HEREDIA-VIEIRA et al., 2015; PÉRICO et al., 2015; MOREIRA et al., 2019; OTA et al., 2019; LEITÃO et al., 2021; SERPELONI et al., 2021).

Através de análises fitoquímicas, Périco et al. (2015) verificaram a presença de saponinas, glicosídeos flavonoides e taninos no extrato hidroalcóolico de folhas de *S. marginata*. Moreira et al. (2019) quantificaram os metabólitos secundários do extrato aquoso de *S. marginata* e evidenciaram a presença de compostos fenólicos, flavonoides e taninos. Zanatta et al. (2021) também verificaram através da caracterização química do extrato hidroetanólico de *S. marginata* a presença de 81 compostos, incluindo ácidos fenólicos, saponinas, flavonoides glicosilados e proantocianidinas. Ota et al. (2019) verificaram a presença de ácido quínico, quercitrina, isoquercitrina e proantocianidina tipo A trimero a partir da caracterização química do extrato aquoso de folhas de *S. marginata*. Leitão et al. (2021) observaram em seu estudo a presença dos compostos flavonoides, proantocianidinas e saponinas oriundos do extrato hidroalcóolico de *S. marginata*.

Embora vários autores tenham realizado estudos sobre a caracterização química das espécies *S. erecta* e *S. marginata* e analisado seus efeitos medicinais e suas atividades antibacterianas, antimicobacterianas e antifúngicas, poucas pesquisas foram desenvolvidas para verificação da atividade inseticida destas espécies, principalmente, visando o controle de *P. xylostella* e seus efeitos sobre os inimigos naturais deste inseto (COUTO et al., 2019; 2020; FACA et al., 2021).

2.7. Controle biológico

O controle biológico é um componente do MIP (manejo integrado de pragas) definido como um fenômeno natural responsável pela regulação de populações de animais e plantas através de seus inimigos naturais (PARRA, 2002). O controle biológico também é caracterizado como uma prática segura e sustentável, pois aproveita as vantagens naturais do próprio ambiente, realizando a regulação dessas populações através da conservação e/ou liberação de patógenos, predadores ou parasitoides (HEIMPEL & MILLS 2017; WANG et al., 2019). Além disso, o controle biológico é considerado um fenômeno dinâmico, pois sofre constantes influências de

fatores relacionados ao clima, a disponibilidade de alimentos e a competição (VAN DEN BOSCH et al., 1982).

O controle biológico pode ser classificado em três categorias: controle biológico clássico, utilizado para a supressão de pragas exóticas, através da importação e colonização de predadores ou parasitoides; controle biológico natural, sendo caracterizado pela conservação e manipulação do ambiente e dos inimigos naturais que ali ocorrem naturalmente; e o controle biológico aplicado, sendo realizado através de liberações inundativas de parasitoides ou predadores, criados anteriormente em laboratório, objetivando um imediato controle (PARRA, 2002; NARANJO et al., 2015).

Os parasitoides são considerados importantes agentes de controle biológico, sendo caracterizados por necessitarem de apenas um indivíduo para completar seu desenvolvimento, podendo causar a mortalidade do hospedeiro (PARRA, 2002). Os parasitoides ainda podem ser classificados como endoparasitoides, quando se desenvolvem no interior do hospedeiro; ectoparasitoides, quando o parasitoide se desenvolve fora do corpo do hospedeiro; idiobiontes, quando o parasitoide, após o parasitismo, interrompe o desenvolvimento do hospedeiro, causando sua morte ou paralisando-o; e cenobionte, quando o parasitoide permite que o hospedeiro continue se alimentando e se desenvolvendo (ASKEW & SHAW, 1986; GODFRAY, 1994). Além disso, os parasitoides podem ser caracterizados como solitários, evitando a competição por recursos dentro do hospedeiro, ou gregários, desenvolvendo vários indivíduos dentro do mesmo hospedeiro e reduzindo sua defesa (FONTES & VALADARES-INGLIS, 2020).

O grau de especificidade da interação entre o parasitoide e o hospedeiro está atrelado a alguns fatores como a fisiologia e os recursos nutricionais oferecidos pelo hospedeiro; a filogenia e a interação coevolutiva do parasitoide e do hospedeiro; a distribuição espaço-temporal de outros hospedeiros (alternativos); eficiência do parasitoide em forragear o hospedeiro; e a defesa do hospedeiro (QUICKE, 2015).

As principais ordens de insetos parasitoides são Diptera e Hymenoptera, sendo esta última a ordem com maior diversidade de espécies parasitoides descritas (FEENER & BROWN, 1997; GODFRAY 1994).

Várias famílias de parasitoides himenópteros já foram relatadas em diversas pesquisas parasitando ovos (BUENO et al., 2020; FACA et al., 2021; FOSTER et al., 2021), pupas (CHEN et al., 2018; BRAZ et al., 2021) e larvas de insetos (WANG et al., 2018; AGBOYI et al., 2020). Além destes, alguns parasitoides já foram investigados e relatados parasitando *P. xylostella* como *Cotesia plutellae* (Kurdjumov) (Hymenoptera: Braconidae), *Oomyzus sokolowskii* (Kurdjumov) (Hymenoptera: Eulophidae), *Diadromus collaris* (Gravenhorst) (Hymenoptera: Ichneumonidae); *Brachymeria excarinata* (Gahan) (Hymenoptera: Chalcididae), *Diadegma leontinae* (Brèthes) (Hymenoptera: Ichneumonidae), *Conura pseudofulvovariegata* (Becker) (Hymenoptera: Chalcididae) e *Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae) (SYED et al., 2018; ESPINOZA-GAVILANEZ et al., 2019; PEREIRA, 2019; TIAGO, 2019; MASSAROLLI et al., 2021).

2.8. Parasitoide *Tetrastichus howardi*

2.8.1 Descrição e biologia

O endoparasitoide generalista e cosmopolita *Tetrastichus howardi* Olliff (Hymenoptera: Eulophidae) pertence a família Eulophidae e a subfamília Tetrastichinae, sendo originário da região Indo-Asiática, entre o norte da China e o oeste do Paquistão, Filipinas e Índia (CHERIAN & SUBRAMANIAM, 1940; RAO, 1965; LA SALLE & POLASZEK, 2007). No Brasil, um dos primeiros relatos do parasitismo de *T. howardi* foi em pupas de *Diatraea saccharalis* Fabricius (Lepidoptera: Crambidae) na cultura da cana-de-açúcar, no Estado de Mato Grosso do Sul (VARGAS et al., 2011), e do milho (CRUZ et al., 2011), no Estado de Minas Gerais. Além disso, *T. howardi* também já foi relatado parasitando *P. xylostella* em cultivos de couve no Estado de Pernambuco (SILVA-TORRES et al., 2010).

O parasitoide *T. howardi* é caracterizado morfológicamente pela presença de duas setas dorsais na veia submarginal (Figura 3). Além disso, o corpo do adulto apresenta brilho metálico e, geralmente, colocação preta ou escura, porém, algumas espécies podem apresentar coloração clara (LA SALLE & POLASZEK, 2007). As fêmeas de *T. howardi* podem se reproduzir por partenogênese arrenótoca, quando não ocorre a cópula ou através da reprodução sexuada (CHERIAN & SUBRAMANIAM, 1940; MOORE e KFIR, 1995).

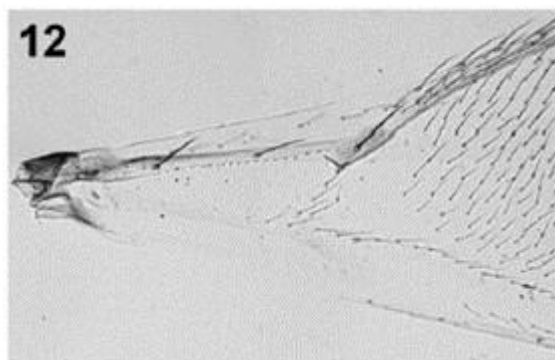


Figura 3. Espécie *T. howardi* caracterizada morfologicamente pela presença de duas setas dorsais na veia submarginal (Fonte: Jonh La Salle).

As fêmeas de *T. howardi* iniciam o processo de oviposição introduzindo seu ovipositor no hospedeiro, sendo que a quantidade de ovos pode variar de acordo com o tamanho e a espécie dele. Karindah et al. (2005) observou em seu estudo que uma fêmea de *T. howardi* pode depositar de quatro a 28 ovos em larvas de *P. xylostella*. Oliveira et al. (2013) verificou que no hospedeiro *Tenebrio molitor* (Fabricius) (Coleoptera: Tenebrionidae) foram depositados aproximadamente 60 ovos de *T. howardi*. Os ovos são brancos, leitosos, com formato himenopteriforme e granulares no seu interior. Apresentam tamanho variando de 0,288 e 0,304 mm de comprimento e cerca de 0,088 mm de largura (GONZÁLEZ et al., 2003).

A fase larval de *T. howardi* divide-se em 3 estádios: L1, sendo caracterizadas por larvas esbranquiçadas e peças bucais reduzidas com duas mandíbulas opostas e pouco triangulares, tendo duração de 24 a 32 horas; L2, sendo caracterizada por larvas de coloração creme, corpo levemente curvado longitudinalmente com segmentação mais evidente, mandíbulas mais robustas, ápice agudo ausente e pouco arqueada (duração entre 80 a 88 horas); O estágio L3 apresenta duração variando de 24 a 38 horas, sendo semelhante ao L2 em relação às características de coloração e morfologia, entretanto, são maiores com tamanho variando de 2,5 a 2,9 mm. Além disso, no estágio L3 as larvas são caracterizadas por suas mandíbulas triangulares e retas (GONZÁLEZ et al., 2003; 2004).

A fase pupal de *T. howardi* apresenta duração de 8 a 9 dias, quando em temperatura de 25 °C. As pupas apresentam coloração amarelo pálido, sendo livre/exarada e a medida em que se desenvolvem ficam mais escuras. Os olhos

compostos e os ocelos apresentam coloração variando entre amarelo claro e vermelho, porém, escurecem ante da emergência dos adultos. Os adultos de *T. howardi* apresenta ciclo de vida (ovo-adulto) variando de 16 a 18 dias, quando em temperatura média de 25 °C. As fêmeas apresentam tamanho variando de 1,6 a 2,2 mm e os machos de 1,3 a 1,8 mm (CHERIAN & SUBRAMANIAM, 1940; GONZÁLEZ et al. 2003).

Os adultos de *T. howardi* apresentam dimorfismo sexual, evidenciado pela morfologia das antenas. Enquanto as fêmeas apresentam funículo antenal pigmentado com três segmentos e escapo sem placa sensorial na margem ventral, os machos apresentam quatro segmentos no funículo, sendo que somente a clava é pigmentada e o escapo dotado de placa sensorial na margem ventral (Figura 1 C, D). Além disso, outra característica que diferencia o sexo destes parasitoides é a coloração da coxa e do fêmur das pernas anteriores, uma vez que nas fêmeas são mogno e nos machos são amarelo claros (LA SALLE & POLASZEK, 2007; GONZÁLEZ, 2004) (Figura 1 A, B).

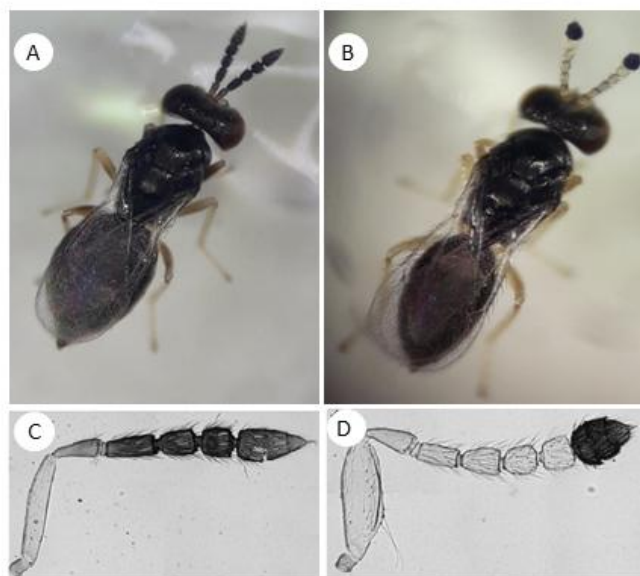


Figura 4. Dimorfismo sexual de adultos de *T. howardi* caracterizados pela quantidade de funículos da antena, coloração dos funículos e Coloração do fêmur anterior. **A)** Fêmea caracterizada pela coxa e fêmur das pernas anteriores pigmentados (mogno) (Fonte: Helter Carlos Pereira); **B)** Macho caracterizados pela coxa e fêmur de coloração amarelo claro (Fonte: Helter Carlos Pereira); **C)** Fêmea caracterizadas pela presença de funículo antenal pigmentado com três segmentos e escapo sem placa sensorial na margem ventra (Fonte: Jonh La Salle); **D)** Macho caracterizado pela

presença de quatro segmentos no funículo, sendo que somente a clava é pigmentada e o escapo dotado de placa sensorial na margem ventral (Fonte: Jonh La Salle).

Apesar das várias pesquisas envolvendo a biologia, a reprodução e o desempenho do parasitoide *T. howardi* em diversos hospedeiros como *D. saccharalis*, *Anticarsia gemmatilis* (Hübner) (Lepidoptera: Erebidæ), *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidæ), *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidæ) e *P. xylostella*, pouco se sabe a respeito da seletividade de inseticidas botânicos sobre a reprodução deste inimigo natural (COSTA et al., 2014; FAVERO et al., 2015; PEREIRA et al., 2015; FERNANDES, 2018; TIAGO, 2019; YAN et al., 2021).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEVEDO-RODRÍGUEZ, P. Systematics of *Serjania* (Sapindaceae). Part. I: A revision of *Serjania* sect. *Platycoccus*. **Memoirs of New York Botanical Garden**, v. 67, n. 1, p. 1-93, 1993.

AGBOYI, L. K.; GOERGEN, G.; BESEH, P.; MENSAH, S. A.; CLOTTEY, V. A.; GLIKPO, R.; BUDDIE, A.; CAFÀ, G.; OFFORD, L.; DAY, R.; RWOMUSHANA, I.; KENIS, M. Parasitoid complex of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, in Ghana and Benin. **Insects**, v. 11, n. 2, p. 68, 2020.

AGERBIRK, N.; OLSEN, C.E. Glucosinolate structures in evolution. **Phytochemistry**, v. 77, p. 16–45, 2012.

AL-ANI, M. A.; HMOSHI, R. M.; KANAAN, I. A.; THANOON, A. A. Effect of pesticides on soil microorganisms. **Journal of Physics: Conference Series**, 072007, 2019.

ALAVANJA, M. C. R.; SAMANIC, C.; DOSEMECI, M.; LUBIN, J.; TARONE, R.; LYNCH, C. F.; KNOTT, C.; THOMAS, K.; HOPPIN, J. A.; BARKER, J.; COBLE, J.; SANDLER, D. P.; BLAIR, A. Use of agricultural pesticides and prostate cancer risk in

the agricultural health study cohort. **American Journal of Epidemiology**, v. 157, n. 9, p. 800-814, 2003.

ALENCAR, G. V.; MENDONÇA, E. S.; OLIVEIRA, T. S.; JUCKSCH, I.; CECON, P. R. Percepção ambiental e uso do solo por agricultores de sistemas orgânicos e convencionais na Chapada da Ibiapaba, Ceará. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 51, p. 217-236, 2013.

ALI, M. A.; DOAA, S. M.; EL-SAYED, H. S.; ASMAA, M. E. Antifeedant activity and some biochemical effects of garlic and lemon essential oils on *Spodoptera littoralis* (Boisduval) (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 5, p. 1476–1482, 2017.

AMARO, G. B.; SILVA, D. M.; MARINHO, A. G.; NASCIMENTO, W. M. **Recomendações técnicas para o cultivo de hortaliças em agricultura familiar**. Embrapa Hortaliças-Circular Técnica (INFOTECA-E), 2007.

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, n. 1, p. 1-19, 2019.

ANDAMA, J. B.; MUJIONO, K.; HOJO, Y.; SHINYA, T.; GALIS, I. Nonglandular silicified trichomes are essential for rice defense against chewing herbivores. **Plant, Cell & Environment**, v. 43, n. 9, p. 2019-2032, 2020.

ANDRADE, E. K. V.; RODRIGUES, R.; BARD, G. D. C. V.; DA SILVA PEREIRA, L.; BAPTISTA, K. E. V.; CAVALCANTI, T. F. M.; OLIVEIRA, A. E. A.; SOUZA, T. A. M.; GOMES, V. M. Identification, biochemical characterization and biological role of defense proteins from common bean genotypes seeds in response to *Callosobruchus maculatus* infestation. **Journal of Stored Products Research**, v. 87, p. 101580, 2020.

ANGELINO, D.; DOSZ, E.B.; SUN, J.; HOEFLINGER, J.L.; VAN TASSELL, M.L.; CHEN, P.; HARNLY, J.M.; MILLER, M.J.; JEFFERY, E.H. Myrosinase-dependent and-independent formation and control of isothiocyanate products of glucosinolate hydrolysis. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, p. 831, 2015.

ANKERSMIT, G. W. DDT resistance in *Plutella maculipennis* (Curt.) Lepidoptera in Java. **Bulletin of Entomological Research**, v. 44, n. 3, p. 421-425, 1953.

ANSARA-ROSS, T.; WEPENER, V.; BRINK, P. V. D.; ROSS, M. Pesticides in South African fresh waters. **African Journal of Aquatic Science**, v. 37, p. 1–16, 2012.

APRD, Arthropod Pesticide Resistance Database. *Plutella xylostella*, 2021 <<https://www.pesticideresistance.org/>>. Acesso em: 22/09/2021.

ARRUDA, A. P. C. C. B. N.; COELHO, R. G.; HONDA, N. K.; FERRAZOLI, C.; POTT, A.; HIRUMA-LIMA, C. A. Gastroprotective effect of *Serjania erecta* Radlk (Sapindaceae): involvement of sensory neurons, endogenous nonprotein sulfhydryls, and nitric oxide. **Journal of Medicinal Food**, v. 12, n. 6, p. 1411-1415, 2009.

ASKEW, R. R.; SHAW, M. R. Parasitoid communities: their size, structure and development. In: WAAGE, J. K.; GREATHEAD, D. (Ed.). **Insect Parasitoids**. London: Academic, p. 225-259, 1986.

BANAZEER, A.; AFZAL, M. B. S.; HASSAN, S.; IJAZ, M.; SHAD, S. A.; SERRÃO, J. E. Status of insecticide resistance in *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Plutellidae) from 1997 to 2019: cross-resistance, genetics, biological costs, underlying mechanisms, and implications for management. **Phytoparasitica**, p. 1-21, 2021.

BARROS, R.; VENDRAMIM, J. D. Efeito de cultivares de repolho, utilizadas para criação de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), no desenvolvimento de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 28, p. 469-476, 1999.

BEN SALEM, F.; BEN SAID, O.; AISSA, P.; MAHMOUDI, E.; MONPERRUS, M.; GRUNBERGER, O.; DURAN, R. Pesticides in Ichkeul Lake–Bizerta Lagoon Watershed in Tunisia: Use, occurrence, and effects on bacteria and free-living marine nematodes. **Environmental Science Pollution Research International**, v. 23, p. 36–48, 2016.

BHAT, S. S.; SONI, P. K.; MENASINAKAYI, V. S.; KUMAR, S. Plants used as a traditional biopesticide. **Medico-Biowealth of India**, v. 3, p. 1-7, 2021.

BLAŽEVIĆ, I.; MONTAUT, S.; BURČUL, F.; OLSEN, C.E.; BUROW, M.; ROLLIN, P.; AGERBIRK, N. Glucosinolate structural diversity, identification, chemical synthesis and metabolism in plants. **Phytochemistry**, v. 169, 112100, 2020.

BOEGE, KARINA; AGRAWAL, ANURAG A.; THALER, JENNIFER S. Ontogenetic strategies in insect herbivores and their impact on tri-trophic interactions. **Current oOpinion in Insect Science**, v. 32, p. 61-67, 2019.

BOURDY, G.; CHAVEZ DE MICHEL, L. R.; ROCA-COULTHARD, A. Pharmacopoeia in a shamanistic society: the *Izocefio-Guaraní* (Bolivian Chaco). **Journal of Ethnopharmacology**, v. 91, p. 189, 2004.

BORSUAH, J. F.; MESSER, T. L.; SNOW, D. D.; COMFORT, S. D.; MITTELSTET, A. R. Literature review: global neonicotinoid insecticide occurrence in aquatic environments. **Water**, v. 12, n. 12, 2020.

BRASIL, V. L. M.; RAMOS PINTO, M. B.; BONAN, R. F.; KOWALSKI, L. P.; CRUZ PEREZ, D. E. Pesticides as risk factors for head and neck cancer: A review. **Journal of Oral Pathology & Medicine**, v. 47, n. 7, p. 641-651, 2018.

BRAZ, E. C.; BUENO, A. F.; COLOMBO, F. C.; QUEIROZ, A. P. Temperature Impact on *Telenomus podisi* Emergence in Field Releases of Unprotected and

Encapsulated Parasitoid Pupae. **Neotropical Entomology**, v. 50, n. 3, p. 462-469, 2021.

BRUREAU, L.; MULTIGNER, L.; HAMDY, F.; BLANCHET, P.; BRYANT, R. Organochlorine pesticide exposure and risk of prostate cancer development and progression: a systematic review. **F1000Research**, v. 10, p. 262, 2021.

BUERKI, S.; CALLMANDER, M. W.; ACEVEDO-RODRIGUEZ, P.; LOWRY, P. P.; MUNZINGER, J.; BAILEY, P.; MAURIN, O.; BREWER, G. E.; EPITAWALAGE, N.; BAKER, W. J.; FOREST, F. An updated infra-familial classification of Sapindaceae based on targeted enrichment data. **American Journal of Botany**, v. 108, n. 7, p. 1234-1251, 2021.

BUENO, A. F.; BRAZ, É. C.; FAVETTI, B. M.; DE BARROS FRANÇA-NETO, J.; SILVA, G. V. Release of the egg parasitoid *Telenomus podisi* to manage the Neotropical Brown Stink Bug, *Euschistus heros*, in soybean production. **Crop Protection**, v. 137, 105310, 2020.

BUSS, E. A.; PARK-BROWN, S. G. Natural products for insect pest management. **Institute of Food and Agricultural Sciences**, Publication ENY-350, 2002.

CALATAYUD-VERNICH, P.; CALATAYUD, F.; SIMÓ, E.; SUAREZ-VARELA, M. M.; PICÓ, Y. Influence of pesticide use in fruit orchards during blooming on honeybee mortality in 4 experimental apiaries. **Science of the Total Environment**, v. 541, p. 33–41, 2016.

CAMPOS, E. V.; PROENÇA, P. L.; OLIVEIRA, J. L.; BAKSHI, M.; ABHILASH, P. C.; FRACETO, L. F. Use of botanical insecticides for sustainable agriculture: Future perspectives. **Ecological Indicators**, v. 105, p. 483-495, 2019.

CAPINERA, J. L. Diamondback Moth, *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Insecta: Lepidoptera: Plutellidae). EENY-119 (IN276), one of a series of featured creatures from the entomology and nematology department, Florida Cooperative Extension Service, **Institute of Food and Agricultural Sciences**, University of Florida. 2012.

CARDOSO, C. A. L.; COELHO, R. G.; HONDA, N. K.; POTT, A.; PAVAN, F. R.; LEITE, C. Q. F. Phenolic compounds and antioxidant, antimicrobial and antimycobacterial activities of *Serjania erecta* Radlk (Sapindaceae). **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 49, p. 775-782, 2013.

CARO, T.; SHERRATT, T. N.; STEVENS, M. The ecology of multiple colour defences. **Evolutionary Ecology**, v. 30, p. 797-809, 2016.

CARVALHO, J. S.; BORTOLI, S. A.; THULER, R. T.; GOULART, R. M.; VOLPE, H.X.L. Efeito de sinigrina aplicada em folhas de brássicas sobre características biológicas de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae). **Acta Scientiarum Agronomy**, v.32, n.1, p.15-20, 2010.

CARVALHO, F. P. Pesticides, environment, and food safety. **Food and Energy Security**, v. 6, p. 48–60, 2017.

CASTELO-BRANCO M. Avaliação da eficiência de formulações de *Bacillus thuringiensis* para o controle de traça-das-crucíferas em repolho no Distrito Federal. **Horticultura Brasileira**, v. 17, n. 3, p. 237-240, 1999.

CELESTINO, F. N.; Souza, L. P.; Valbon, W. R.; et al., Traça-das-Crucíferas (*Plutella xylostella*). In: **Pragas das brássicas** /Holtz, A. M.; Rondelli, V. M.; Celestino, F. N.; Bestete, L. R.; Carvalho, J. R. Colatina, 2015.

CHAGAS-FILHO, N. R.; BOIÇA-JUNIOR, A.; ALONSO, T. F., Biologia de *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae) em Cultivares de Couve-Flor. **Neotropical Entomology**, v. 39, n. 2, p. 253-259, 2010.

CHEN, J.; ZHOU, S.; WANG, Y.; SHI, M.; CHEN, X.; HUANG, J. Biocontrol characteristics of the fruit fly pupal parasitoid *Trichopria drosophilae* (Hymenoptera: Diapriidae) emerging from different hosts. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 1-8, 2018.

CHENG, L.; YU, G.; CHEN, Z.; LI, Z. Insensitive acetylcholine receptor conferring resistance of *Plutella xylostella* to nereistoxin insecticides. **Agricultural Sciences in China**, v. 7, n. 7, p. 847-852, 2008.

CHERIAN, M. C.; SUBRAMANIAM, C. K. *Tetrastichus ayyari* Rohw. A pupal parasite of some moth borers in South India. **Indian Journal of Entomology**, v. 2, p. 75-77, 1940.

CHHAJED, S.; MOSTAFA, I.; HE, Y.; ABOU-HASHEM, M.; EL-DOMIATY, M.; CHEN, S. Glucosinolate Biosynthesis and the Glucosinolate–Myrosinase System in Plant Defense. **Agronomy**, v. 10, n. 11, 1786, 2020.

CLARKE, A. R.; ZALUCKI, M. P. Foraging and vein-cutting behaviour of *Euploea core corinna* (W. S. Macleay) (Lepidoptera: Nymphalidae) caterpillars feeding on latex-bearing leaves. **Australian Journal of Entomology**, v. 39, p. 283-290, 2000.

CONNELL, D. W.; CONNELL, D. W.; VOWLES, P. D.; WARNE, M. S. J.; HAWKER, D. W. **Basic Concepts of Environmental Chemistry**. CRC/Taylor & Francis, pp. 480-480, 2005.

COSTA, E. L. N.; SILVA, R. F. S.; FIUZA, L. M. Efeitos, aplicações e limitações de extratos de plantas inseticidas. **Acta Biologica Leopoldensia**, v. 24, n. 2, p. 173-185, 2004.

COSTA, D. P.; PEREIRA, F. F.; KASSAB, S. O.; ROSSONI, C.; FAVERO, K.; BARBOSA, R. H. Reproduction of *Tetrastichus howardi* on *Diatraea saccharalis*

pupae of different ages. **Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 57, n. 1, p. 67-71, 2014.

COUTO, I. F. S.; VERZA, S.; VALENTE, F. I.; SENNA, B.; SOUZA, S. A.; MAUAD, M.; MUSSURY, R. M. Botanical extracts of the brazilian savannah affect feeding and oviposition of *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae). **Journal of Agricultural Science**, v.11, n. 5, 2019.

COUTO, I. F. S.; SOUZA, S. A.; VALENTE, F. I.; SILVA, R. M.; SCALON, S. D. P. Q.; PEREIRA, F. F.; SILVA, S. V.; CARVALHO, E. M.; MUSSURY, R. M. Changes in the biological characteristics of *Plutella xylostella* using ethanolic plant extracts. **Gesunde Pflanzen**, v. 72, n. 4, p. 383-391, 2020.

CRONQUIST, A. **An integrated system of classification of flowering plants**. New York: Columbia University Press, p. 1262, 1981.

CRUZ I.; REDOAN, A. C.; SILVA, R. B.; FIGUEIREDO, M. L. C.; PENTEADO-DIAS, A. M. New record of *Tetrastichus howardi* (Olliff) as a parasitoid of *Diatraea saccharalis* (Fabr.) on maize. **Scientia Agricola**, v. 68, p. 252-254, 2011.

D'AMATO, C.; TORRES, J. P. M.; MALM, O. DDT (dichlorodiphenyltrichloroethane): toxicity and environmental contamination-a review. **Química Nova**, v. 25, n. 6A, p. 995-1002, 2002.

DAMALAS, C. A.; ELEFTHEROHORINOS, I. Pesticide Exposure, Safety Issues, and Risk Assessment Indicators. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 8, p. 1402–1419, 2011.

DAMALAS, C. A.; KOUTROUBAS, S. D. Current status and recent developments in biopesticide use. **Agriculture**, v. 8, n. 1, p. 13, 2018.

DAYAN, F. E.; CANTRELL, C. L.; DUKE, S. O. Natural products in crop protection. **Bioorganic & medicinal chemistry**, v. 17, n. 12, p. 4022-4034, 2009.

DUSSOURD, D. E: Behavioral sabotage of plant defenses by insect folivores. **Annual Review of Entomology**, v. 62, p. 15-34, 2017.

EDGER, P. P.; HALL, J. C.; HARKESS, A.; TANG, M.; COOMBS, J.; MOHAMMADIN, S.; SCHRANZ, M. E.; XIONG, Z.; LEEBENS-MACK, J.; MEYERS, B. C.; SYTSMA, K. J.; KOCH, M. A.; AL-SHEHBAZ, I. A.; PIRES, J. C. Brassicales phylogeny inferred from 72 plastid genes: A reanalysis of the phylogenetic localization of two paleopolyploid events and origin of novel chemical defenses. **American Journal of Botany**, v. 105, p. 463–469, 2018.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Catálogo Brasileiro de Hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliça, 2010. 60p.

ESPINOZA-GAVILANEZ, R.; GRILLI, M. P. First record of the spatio-temporal variation of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) and its parasitoids complex in the horticultural area of Córdoba city in central Argentina. **Biological Control**, v. 133, p. 1-8, 2019.

FACA, E. C.; FERREIRA, E. A.; SILVA, R. M.; MUSSURY, R. M. Efeito de extratos aquosos de *Serjania* spp. sobre a oviposição de *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae). **Research, Society and Development**, v. 10, n. 14, e198101421802 -e198101421802, 2021.

FAVERO, K.; PEREIRA, F. F.; TORRES, J. B.; DE OLIVEIRA, H. N.; KASSAB, S.; ZANUNCIO, J. C. Reproduction of *Tetrastichus howardi*: Eulophidae (Hymenoptera: Eulophidae) in *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) pupae at different temperature. **Florida Entomologist**, v. 98, n. 3, p. 865-869, 2015.

FERNANDES, R. S.; COSTA, T. R.; MARCUSSI, S.; BERNARDES, C. P.; MENALDO, D. L.; RODRIGUÉZ GONZALÉZ, I. I.; PEREIRA, P. S.; SOARES, A. M. Neutralization of pharmacological and toxic activities of *Bothrops jararacussu* snake venom and isolated myotoxins by *Serjania erecta* methanolic extract and its fractions. **Journal of Venomous Animals and Toxins Including Tropical Diseases**, v. 17, n.1, p. 85-93, 2011.

FERNANDES, W. C. **Desempenho biológico de *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: eulophidae) em lagartas, pupas e pré-pupas de *Anticarsia gemmatilis* (Lepidoptera: erebidae) em condições de laboratório e semi-campo.** Tese (Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade (PPGECB) – Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), 2018.

FEENER, J. R.; DONALD, H.; BROWN, B. V. Diptera as parasitoids. **Annual Review of Entomology**, v. 42, n. 1, p. 73-97, 1997.

FERREIRA, E. A.; DE SOUZA, S. A.; DOMINGUES, A.; DA SILVA, M. M. M.; PADIAL, I. M. P. M.; CARVALHO, E. M.; CARDOSO, C. A. L.; SILVA, S. V.; MUSSURY, R. M. Phytochemical screening and bioactivity of *Ludwigia* spp. in the control of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **Insects**, v. 11, n. 9, p. 596, 2020.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças.** 3. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, p. 421, 2008.

FONTES, E. M. G.; VALADARES-INGLIS, M. C. **Controle biológico de pragas da agricultura.** Brasília, DF: Embrapa, 510 pp. 2020.

FOSTER, B. J.; HEReward, J. P.; UELESE, A.; WALTER, G. H.; FURLONG, M. J. *Trichogramma* species in Samoa and their potential as biological control agents

against the large cabbage moth, *Crocidolomia pavonana*. **Biological Control**, v. 164, 104781, 2021.

FURLONG, M. J.; WRIGHT, D. J.; DOSDALL, L. M. Diamondback moth ecology and management: problems, progress, and prospects. **Annual Review of Entomology**, v. 58, p. 517-541, 2013.

FÜRSTENBERG-HÄGG, J.; ZAGROBELNY, M.; BAK, S. Plant defense against insect herbivores. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 14, n. 5, p. 10242-10297, 2013.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA-NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; FILHO, E. B.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola**. FEALQ, Piracicaba, 2002.

GARBUZOV, M.; COUVILLON, M. J.; SCHÜRCH, R.; RATNIEKS, F. L. W. Honeybee dance decoding and pollen-load analysis show limited foraging on spring-flowering oilseed rape, a potential source of neonicotinoid contamination. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 203, p. 62–68, 2015.

GARCÊS, A.; PIRES, I.; RODRIGUES, P. Teratological effects of pesticides in vertebrates: a review. **Journal of Environmental Science and Health**, v. 55, n. 1, p. 75-89, 2020.

GATTO, N. M.; OGATA, P.; LYTLE, B. Farming, Pesticides, and Brain Cancer: A 20-Year Updated Systematic Literature Review and Meta-Analysis. **Cancers**, v. 13, n. 17, p. 4477, 2021.

GHONGADE, D. S.; SANGHA, K. S. Efficacy of biopesticides against the whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae), on parthenocarpic cucumber

grown under protected environment in India. **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, v. 31, n. 1, p. 1-11, 2021.

GIRALDO-RIVERA, A.; GUERRERO-ALVAREZ, G. Botanical biopesticides: research and development trends, a focus on the Annonaceae family. **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**, v. 13, n. 3, p. 371-383, 2019.

GODFRAY, H. C. J. **Parasitoids: behavioral and evolutionary ecology**. Princeton: Princeton University, p. 484, 1994.

GOMIG, F.; PIETROVSKI, E. F.; GUEDES, A.; DALMARCO, E. M.; CALDERARI, M. T.; GUIMARÃES, C. L.; PINHEIRO, R. M.; CABRINI, D. A.; OTUKI, M. F. Topical anti-inflammatory activity of *Serjania erecta* Radlk (Sapindaceae) extracts. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 118, n. 2, p. 220-224, 2008.

GONZÁLEZ, J. F. A.; OCA, F. N. M.; RAVELO, H. G. Estudios bioecológicos de *Tetrastichus howardi* Olliff. (Hymenoptera: Eulophidae), parásito pupal de *Diatraea saccharalis* (Fabr.) (Lepidoptera: Crambidae) en Cuba. **Centro Agrícola**, v. 30, p. 37-41, 2003.

GONZÁLEZ, J. F. A. **Estudios bioecológicos, reproducción artificial y liberación de *Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae), parasitoide pupal de *Diatraea saccharalis* (Fab.) en Cuba**. Tese (Doctor en Ciencias Agrícolas) – Universidad Central de Las Villas, Santa Clara – Cuba, 2004.

GREENBURG, D. L.; RUSIECKI, J.; KOUTROS, S.; DOSEMECI, M.; PATEL, R.; HINES, C. J.; HOPPIN, J. A.; ALAVANJA, M. C. R. Cancer incidence among pesticide applicators exposed to captan in the agricultural health study. **Cancer Causes Control**, v. 19, n.10, p. 1401-1407, 2008.

GROPPO, M.; MARGALHO, L. F.; FERREIRA, P. L.; ERBERT, C. Check-list de Sapindaceae (Angiospermae) do estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. **Iheringia, Série Botânica**, v. 73, p. 342-347, 2018.

GUARIM NETO, G.; SANTANA, S. R. A família Sapindaceae da flora do estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. In: **Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-Econômicos do Pantanal: os Desafios do Novo Milênio**, III. Anais. Corumbá-MS 1, p. 1–46, 2000.

GUIMARÃES, C. C.; OLIVEIRA, D. D.; VALDEVITE, M.; SALTORATTO, A. L. F.; PEREIRA, S. I. V.; DE CASTRO FRANÇA, S.; PEREIRA, A. M. S.; PEREIRA, P. S. The glycosylated flavonoids vitexin, isovitexin, and quercetrin isolated from *Serjania erecta* Radlk (Sapindaceae) leaves protect PC12 cells against amyloid- β 25-35 peptide-induced toxicity. **Food and Chemical Toxicology**, v. 86, p. 88-94, 2015.

GUPTA, P. D.; THORSTEINSON, A. 1. Food plant relationships of the diamondback moth (*Plutella maculipennis* (Curt.)). I Gustation and olfaction in relation to botanical specificity of the larva. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 3, p. 241-250, 1960.

HALDER, J.; RAI, A. B.; KODANDARAM, M. H. Compatibility of Neem Oil and Different Entomopathogens for the Management of Major Vegetable Sucking Pests. **National Academy Science Letters**, v. 36, p. 19–25, 2013.

HAN, W.; TIAN, Y.; SHEN, X. Human exposure to neonicotinoid insecticides and the evaluation of their potential toxicity: an overview. **Chemosphere**, v. 192, p. 59-65, 2018.

HANF, V.; GONDER, U. Nutrition and primary prevention of breast cancer: foods, nutrients and breast cancer risk. **European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology**, v. 123, p. 139–149, 2005.

HARDY, E. *Plutella maculipennis*, Curt. Its natural and biological control in England. **Bulletin of Entomological Research**, v. 29, n. 4, p. 343-372, 1938.

HEIMPEL G. E.; MILLS, N. J. **Biological Control: Ecology and Applications**. Ed. Cambridge, University Press, 2017.

HEREDIA-VIEIRA, S. C.; SIMONET, A. M.; VILEGAS, W.; MACIAS, F. A. Unusual C, O-fused glycosylapigenins from *Serjania marginata* leaves. **Journal of Natural Products**, v. 78, n. 1, p. 77-84, 2015.

HOLTZ, A. M.; RONDELLI, V. M.; CELESTINO, F. N.; BESTETE, L. R.; CARVALHO, J. D. **Pragas das brássicas**. Colatina, ES: IFES, 2015.

HOPKINS, R. J.; VAN DAM, N. M.; VAN LOON, J. J. Role of glucosinolates in insect-plant relationships and multitrophic interactions. **Annual Review of Entomology**, v. 54, p. 57-83, 2009.

HUMPHREY, P. T.; GLOSS, A. D.; ALEXANDRE, N. M.; VILLALOBOS, M. M.; FREMGEN, M. R.; GROEN, S. C.; MEIHLS, L. N.; JANDER, G.; WHITEMAN, N. K. Aversion and attraction to harmful plant secondary compounds jointly shape the foraging ecology of a specialist herbivore. **Ecology and Evolution**, v. 6, p. 3256-3268, 2016.

IAMBA, K.; Yوبا, S. Compatibility of Predators and Botanical Extracts against *Plutella xylostella* on round cabbage. **Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS)**, v. 12, n. 11, p. 64-68, 2019.

IFEANYIEZE, F. O.; AMEH, H. I.; EJIOFOR, T. E.; IKEHI, M. E.; ONU, F. M. Seed powder extract of physic nut (*Jatropha curcas*) as a biopesticide for weevils (*Callosobruchus maculatus*) in stored cowpea (*Vigna unguiculata*). **African Journal of Science, Technology, Innovation and Development**, p. 1-6, 2021.

ISHIDA, M.; HARA, M.; FUKINO, N.; KAKIZAKI, T.; MORIMITSU, Y. Glucosinolate Metabolism, Functionality and Breeding for the Improvement of Brassicaceae Vegetables. **Breeding Science**, v. 64, p. 48–59, 2014.

JAHANGIR, M.; KIM, H. K.; CHOI, Y. H.; VERPOORTE, R. Health-affecting compounds in Brassicaceae. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 8, p. 31–43, 2009.

JIANG, D.; QIAN, C.; WANG, D.; WANG, F.; ZHAO, S.; YANG, Y.; BAXTER, S. W.; WANG, X.; WU, Y. Varying contributions of three ryanodine receptor point mutations to diamide insecticide resistance in *Plutella xylostella*. **Pest Management Science**, v. 77, n. 11, p. 4874-4883, 2021.

JOHNSON, T.; DINKOVA-KOSTOVA, A.; FAHEY, J.W. Glucosinolates from the Brassica vegetables and their health effects. In **Encyclopedia of Food and Health**; Elsevier Inc.: Amsterdam, The Netherlands, p. 248–255, 2015.

KANMANI, S.; KUMAR, L.; RAVEEN, R.; TENNYSON, S.; ARIVOLI, S.; JAYAKUMAR, M. Toxicity of tobacco *Nicotiana tabacum* Linnaeus (Solanaceae) leaf extracts to the rice weevil *Sitophilus oryzae* Linnaeus 1763 (Coleoptera: Curculionidae). **The Journal of Basic and Applied Zoology**, v. 82, n. 1, p. 1-12, 2021.

KAISER, S. J.; MUTTERS, N. T.; BLESSING, B.; GUNTHER, F. Natural isothiocyanates express antimicrobial activity against developing and mature biofilms of *Pseudomonas aeruginosa*. **Fitoterapia**, v. 119, p. 57–63, 2017.

KARALEXI, M. A.; TAGKAS, C. F.; MARKOZANNES, G.; TSERETOPOULOU, X.; HERNÁNDEZ, A. F.; SCHÜZ, J.; HALLDORSSON, T. I.; PSALTOPOULOU, T.; PETRIDOU, E. T.; TZOULAKI, I.; NTZANI, E. E. Exposure to pesticides and childhood leukemia risk: a systematic review and meta-analysis. **Environmental Pollution**, v. 285, p. 117376, 2021.

KARINDAH, S.; SULTANTO, E. S.; SULISTYOWATI, L. Parasitoid larva-pupa *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) pada *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae) di pertanaman kubis kota batu dan kabupaten malang. **Jurnal Entomologi Indonesia**, v. 2, p. 61-68, 2005.

KASIOTIS, K. M.; ANAGNOSTOPOULOS, C.; ANASTASIADOU, P.; MACHERA, K. Pesticide residues in honeybees, honey and bee pollen by LC-MS/ MS screening: reported death incidents in honeybees. **Science of the Total Environment**, 485-486, 633–642, 2014.

KATHRINA, G. A.; ANTONIO, L. O. J. Controle biológico de insectos mediante extractos botánicos. In: CARBALL, M.; GUAHARAY, F. (Ed.). **Control biológico de plagas agrícolas**. Managua: CATIE, p. 137-160, 2004.

KIM, J. H.; JANDER, G. *Myzus persicae* (green peach aphid) feeding on *Arabidopsis* induces the formation of a deterrent indole glucosinolate. **The Plant Journal**, v. 49, p. 1008–1019, 2007.

KORTBEEK, R. W.; GALLAND, M. D.; MURAS, A.; VAN DER KLOET, F. M.; ANDRÉ, B.; HEILJGERS, M.; VAN HIJUM, S. A. F. T.; HARING, M. A.; SCHUURINK, R.C.; BLEEKER, P. M. Natural variation in wild tomato trichomes; selecting metabolites that contribute to insect resistance using a random forest approach. **BMC Plant Biology**, v. 21, n. 1, p. 1-19, 2021.

KUMAR, J.; RAMLAL, A.; MALLICK, D.; MISHRA, V. An overview of some biopesticides and their importance in plant protection for commercial acceptance. **Plants**, v. 10, n. 6, p. 1185, 2021.

LA SALLE J.; POLASZEK, A. Afrotropical species of the *Tetrastichus howardi* species group (Hymenoptera: Eulophidae). **African Entomology**, v. 15, p. 45-56, 2007.

LEITÃO, M. M.; RADAI, J. A. S.; MACORINI, L. F. B.; FRAGA, T. L.; VIEIRA, S. C. H.; CARDOSO, C. A. L.; KASSUYA, C. A. L. *Serjania marginata* Casar hydroalcoholic extract reduced cytokine and inflammatory parameters in experimental models of inflammation and infection in mice. **Research Square**, 2021.

LIMA, M. R. F.; LUNA, J. S.; SANTOS, A. F.; ANDRADE, M. C. C.; SANT'ANA, A. E. G.; GENET, J.; MARQUEZ, B.; NEUVILLE, L.; MOREAU, N. Anti-bacterial activity of some Brazilian medicinal plants. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 105, p. 137, 2006.

LIU, Y.; MO, R.; TANG, F.; FU, Y.; GUO, Y. Influence of different formulations on chlorpyrifos behavior and risk assessment in bamboo forest of China. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, p. 20245–20254, 2015.

LIU, X.; CAO, A.; YAN, D.; OUYANG, C.; WANG, Q.; LI, Y. Overview of mechanisms and uses of biopesticides. **International Journal of Pest Management**, v. 67, n. 1, p. 65-72, 2021.

LOWENSTEIN, D. M.; ANDREWS, H.; MUGICA, A.; WIMAN, N. G. Sensitivity of the egg parasitoid *Trissolcus japonicus* (Hymenoptera: Scelionidae) to field and laboratory-applied insecticide residue. **Journal of economic entomology**, v. 112, n. 5, p. 2077-2084, 2019.

LUNDIN, O.; RUNDLÖF, M.; SMITH, H. G.; FRIES, I.; BOMMARCO, R. Neonicotinoid insecticides and their impacts on bees: a systematic review of research approaches and identification of knowledge gaps. **PLoS One**, v. 10, n. 8, e0136928, 2015.

MA, X. L.; HE, W. Y.; CHEN, W.; XU, X. J.; QI, W. P.; ZOU, M. M.; YOU, Y. C.; BAXTER, S. W.; WANG, P.; YOU, M. S. Structure and expression of sulfatase and

sulfatase modifying factor genes in the diamondback moth, *Plutella xylostella*. **Insect Science**, v. 25, p. 946–958, 2018.

MACHEKANO, H.; MVUMI, B. M.; NYAMUKONDIWA, C. *Plutella xylostella* (L.): Pest status, control practices, perceptions and knowledge on existing and alternative management options in arid small-scale farming environments. **International Journal of Pest Management**, v. 66, n. 1, p. 48-64, 2020.

MAGALHÃES, G. O. **Aspectos biológicos de *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae) e estratégias para o manejo da praga**. Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP. Jaboticabal, 2016.

MAGIEROWICZ, K.; GÓRSKA-DRABIK, E.; GOLAN, K. Effects of plant extracts and essential oils on the Inc. behavior of *Acrobasis advenella* (Zinck.) caterpillars and females. **Journal of Plant Diseases and Protection**, 2020, v. 127, p. 63–71, 2020.

MARIE, L.; PAYRAUDEAU, S.; BENOIT, G.; MAURICE, M.; GWENAËL, I. Degradation and Transport of the Chiral Herbicide S-Metolachlor at the Catchment Scale: Combining Observation Scales and Analytical Approaches. **Environmental Science & Technology**, v. 51, p. 13231–13240, 2017.

MASSAROLLI, A.; SILVA SANTOS, B. S.; SOUZA, R. A.; REGINA, A.; BUTNARIU, M. J. B. P.; MOURA, M. O.; FOERSTER, L. A. Oviposition preference of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) and parasitism by *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in Collard Green. **Brazilian Journal of Agriculture**, v. 96, n. 2, p. 408-424, 2021.

MATICH, E. K.; LARYEA, J. A.; SEELY, K. A.; STAHR, S.; SU, L. J.; HSU, P. C. Association between pesticide exposure and colorectal cancer risk and incidence: A systematic review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 219, p. 112327, 2021.

MEENA, R. S.; KUMAR, S.; DATTA, R.; LAL, R.; VIJAYAKUMAR, V.; BRTNICKY, M.; SHARMA, M. P.; YADAV, G. S.; JHARIYA, M. K.; JANGIR, C. K.; PATHAN, S. I.; MOHYUDDIN A. I. Biological Control of *Chilo* spp. in maize, sorghum and millet. **Insect Science and Its Application**, v. 11, p. 721-732, 1990.

MENEZES, E. L. A. **Inseticidas botânicos: seus princípios ativos, modo de ação e uso agrícola**. Seropédica, Rio de Janeiro: Embrapa Agrobiologia, 58 p., 2005.

MEISYARA, D.; KRISHANTI, N. P. R. A.; ZULFITRI, A.; LESTARI, A. S.; TARMADI, D.; HIMMI, S. K.; AMIN, Y.; ZULFIANA, A. F.; FAJAR, A.; YUSUF, S. Biological activity of local plant extracts from Toba Region as insecticide. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 374, n. 1, p. 012006, 2019.

MILONAS, P. G.; PARTSINEVELOS, G.; KAPRANAS, A. Susceptibility of different developmental stages of *Trichogramma* parasitoids to insecticides commonly used in the Mediterranean olive agroecosystem. **Bulletin of Entomological Research**, v. 111, n. 3, p. 301-306, 2021.

MIRESMAILLI, S.; ISMAN, M. B. Botanical insecticides inspired by plant-herbivore chemical interactions. **Trends in Plant Science**. v. 19, n. 1, p. 29–35, 2014.

MOGREN, C. L.; LUNDGREN, J. G. Neonicotinoid-contaminated pollinator strips adjacent to cropland reduce honeybee nutritional status. **Scientific Reports**, v. 6, p. 29608, 2016.

MONSREAL-CEBALLOS, R. J.; RUIZ-SÁNCHEZ, E.; BALLINA-GÓMEZ, H. S.; Reyes-Ramírez, A.; González-Moreno, A. Effects of botanical insecticides on hymenopteran parasitoids: a meta-analysis approach. **Neotropical entomology**, v. 47, n. 5, 681-688, 2018.

MOORE, S. D.; KFIR, R. Aspects of the biology of the parasitoid, *Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae). **Journal of African Zoology**, v. 109, p. 455-466, 1995.

MOREIRA, S. S.; TAMASHIRO, L. K.; JORGE, B. C.; SILVA BALIN, P.; HEREDIA-VIEIRA, S. C.; ALMEIDA, G. L.; CARDOSO, C. A. L. KASSUYA, C. A. L.; ARENA, A. C. Toxicological safety evaluation in acute and 28-day studies of aqueous extract from *Serjania marginata* Casar (Sapindaceae) leaves in rats. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 231, p. 197-204, 2019.

NAPOLITANO, D. R.; MINEO, J. R.; SOUZA, M. A.; PAULA, J. E.; ESPINDOLA, L. S.; ESPINDOLA, F. S. Down-modulation of nitric oxide production in murine macrophages treated with crude plant extracts from the Brazilian Cerrado. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 99, p. 37-41, 2005.

NARANJO, S. E.; ELLSWORTH, P. C.; FRISVOLD, G. B. Economic value of biological control in integrated pest management of managed plant systems. **Annual Review of Entomology**, v. 60, p. 621–645, 2015.

NIKOLOV, L. A.; SHUSHKOV, P.; NEVADO, B.; GAN, X.; AL-SHEHBAZ, I. A.; FILATOV, D.; BAILEY, C. D.; TSIANTIS, M. Resolving the backbone of the Brassicaceae phylogeny for investigating trait diversity. **New Phytologist**, v. 222, n. 3, p. 1638-1651, 2019.

NINKOVIC, V; MARKOVIC, D; RENSING, M. Plant volatiles as cues and signals in plant communication. **Plant, Cell & Environment**, v. 44, n. 4, p. 1030-1043, 2021.

NINSIN, K. D.; TANAKA, T. Synergism and stability of acetamiprid resistance in a laboratory colony of *Plutella xylostella*. **Pest Management Science: Formerly Pesticide Science**, v. 61, n. 8, p. 723-727, 2005.

OBEREMOK, V. V.; LAIKOVA, K. V.; GNINENKO, Y. I.; ZAITSEV, A. S.; NYADAR, P. M.; ADEYEMI, T. A. A short history of insecticides. **Journal of Plant Protection Research**, v. 55, n. 3, p. 221-226, 2015.

OLIVEIRA, F. G. **Multiplicação de *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) em pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) e de *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae)**. Dissertação (Mestrado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade), 2013.

ÔMURA, H.; HONDA, K.; FEENY, P. From terpenoids to aliphatic acids: further evidence for late-instar switch in osmeterial defense as a characteristic trait of swallowtail butterflies in the tribe Papilionini. **Journal of Chemical Ecology**, v. 32, p. 1999-2012, 2006.

OTA, E. C.; HONORATO, C. A.; HEREDIA-VIEIRA, S. C.; FLORES-QUINTANA, C. I.; SILVA, C. T. S.; INOUE, L. A. K. A.; CARDOSO, C. A. L. Hepatic and gastroprotective activity of *Serjania marginata* leaf aqueous extract in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 45, n. 3, p. 1051-1065, 2019.

PARRA, J. R. P. **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. Editora Manole Ltda, 2002.

PAULA, M. M.; OLIVEIRA, A. L.; SILVA, J. L. G. Promoção da saúde e produção de alimentos na agricultura familiar. **Revista Interação Interdisciplinar**, v. 1, n. 1, p. 50-67, 2017.

PASINI, R. A.; RAKES, M.; CASTILHOS, R. V.; ARMAS, F. S.; PAZINI, J. B.; ZANTEDESCHI, R.; GRÜTZMACHER, A. D. Residual action of five insecticides on larvae and adults of the neotropical predators *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) and *Eriopis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae). **Ecotoxicology**, v. 30, n. 1, p. 44-56, 2021.

PEREIRA, F. F.; KASSAB, S. O.; CALADO, V. R. F.; VARGAS, E. L.; OLIVEIRA, H. N.; ZANUNCIO, J. C. Parasitism and emergence of *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) on *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) larvae, pupae and adults. **Florida Entomologist**, v. 98, n. 1, p. 377-380, 2015.

PEREIRA, H. C. **Avaliação de agentes biológicos e nim sobre *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) em couve**. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019.

PERES, L. L.; SOBREIRO, A. I.; COUTO, I. F.; SILVA, R. M.; PEREIRA, F. F.; HEREDIA-VIEIRA, S. C.; CARDOSO, C. A. L.; MAUAD, M.; SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R. M. Chemical compounds and bioactivity of aqueous extracts of *Alibertia* spp. in the control of *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae). **Insects**, v. 8, n. 4, p. 125, 2017.

PÉRICO, L. L.; HEREDIA-VIEIRA, S. C.; BESERRA, F. P.; SANTOS, R. D. C.; WEISS, M. B.; RESENDE, F. A.; RAMOS, M. A. S.; BONIFÁCIO, B. V.; BAUAB, T. M.; VARANDA, E. A.; GOBBI, J. I. F.; ROCHA, L. R. M.; VILEGAS, W.; HIRUMA-LIMA, C. A. Does the gastroprotective action of a medicinal plant ensure healing effects? An integrative study of the biological effects of *Serjania marginata* Casar (Sapindaceae) in rats. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 172, p. 312-324, 2015.

PLUTH, T. B.; ZANINI, L. A. G.; BATTISTI, I. D. E. Pesticide exposure and cancer: an integrative literature review. **Saúde em debate**, v. 43, p. 906-924, 2019.

PINTO-ZEVALLOS, D. M.; MARTINS, C. B.; ANDRADE, S. M.; ZAWADNEAK, M. A.; ZARBIN, P. H. Plant volatiles induced by *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Crambidae) in two cultivars of strawberry and its attraction to the predator *Podisus nigrispinus* (Hemiptera: Pentatomidae). **Arthropod-Plant Interactions**, v. 14, n. 6, p. 685-693, 2020.

PISA, L.; GOULSON, D.; YANG, E. C.; GIBBONS, D.; SÁNCHEZ-BAYO, F.; MITCHELL, E.; AEBI, A.; VAN DER SLUIJS, J.; MACQUARRIE, C. J. K.; GIORIO, C.; LONG, E. Y.; MCFIELD, M.; VAN LEXMOND, M. B.; BONMATIN, J. M. An update of the Worldwide Integrated Assessment (WIA) on systemic insecticides. Part 2: impacts on organisms and ecosystems. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, n. 10, p. 11749-11797, 2021.

PIVNICK, K. A.; JARVIS, B. J.; GILLOTT, C.; SLATER, G. P.; UNDERHILL, E. W. Daily patterns of reproductive activity and the influence of adult density and exposure to host plants on reproduction in the diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). **Environmental Entomology**, v. 19, n. 3, p. 587-593, 1990.

POTT, A.; POTT, V. **Plantas do Pantanal**. Corumbá: Embrapa – SPI, 1994.

QUICKE D. L. J. **The Braconid and Ichneumonid Parasitoid Wasps: Biology, Systematics, Evolution and Ecology**. Wiley-Blackwell, Oxford, UK. pp. 704, 2015.

QUINTANILLA, R. H. R.; PINTO, A. C. Constituintes Químicos e Propriedades Biológicas de Espécies do Gênero *Serjania*. **Revista Virtual de Química**, v. 6, n. 6, p. 1583-1606, 2014.

RANI, L.; THAPA, K.; KANOJIA, N.; SHARMA, N.; SINGH, S.; GREWAL, A. S.; SRIVASTAV, A. L.; KAUSHAL, J. An extensive review on the consequences of chemical pesticides on human health and environment. **Journal of Cleaner Production**, v. 283, p. 124657, 2021.

RAO, V. P. Natural enemies of rice stem borers and allied species in various parts of the world and possibilities of their use in Biol. Control of rice stem borers in Asia. Commonwealth Institute of Biological Control. v. 6, p. 1-68, 1965.

RATZKA, A.; VOGEL, H.; KLIEBENSTEIN, D.J.; MITCHELL-OLDS, T.; KROYMANN, J. Disarming the mustard oil bomb. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 99, p. 11223–11228, 2002.

RAZA, A.; HAFEEZ, M. B.; ZAHRA, N.; SHAUKAT, K.; UMBREEN, S.; TABASSUM, J.; CHARAGH, S.; KHAN, R. S. A.; HASANUZZAMAN, M. The plant family Brassicaceae: Introduction, biology, and importance. In The plant family Brassicaceae. **Springer**, p. 1-43, 2020.

RICUPERO, M.; DESNEUX, N.; ZAPPALÀ, L.; BIONDI, A. Target and non-target impact of systemic insecticides on a polyphagous aphid pest and its parasitoid. **Chemosphere**, v. 247, 125728, 2020.

RIVERA, A. I. G.; ALVAREZ, G. E. G.; ARRUBLA, J. P.; BAENA, L. M.; CUERVO, D. P.; BENITEZ, M. A. G. The effects of Annonaceae and Amaryllidaceae extracts in controlling the *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 15, n. 2, p. 1-9, 2020.

ROBINSON, D. E.; MANSINGH, A.; DASGUPTA, T. P. Fate and transport of ethoprophos in the Jamaican environment. **Science of the Total Environment**, v. 238, p. 373–378, 1999.

ROCHA, P. R. S.; OLIVEIRA, V. D.; VASQUES, C. I.; REIS, P. E. D.; AMATO, A. A. Exposure to endocrine disruptors and risk of breast cancer: A systematic review. **Critical Reviews in Oncology/Hematology**, v. 161, p. 103330, 2021.

SALINAS-SÁNCHEZ, D. O.; JIMÉNEZ-FERRER, E.; SÁNCHEZ-SÁNCHEZ, V.; ZAMILPA, A.; GONZÁLEZ-CORTAZAR, M.; TORTORIELLO, J.; HERRERA-RUIZ, M. Anti-inflammatory activity of a polymeric proanthocyanidin from *Serjania schiedeana*. **Molecules**, v. 22, n. 6, p. 863, 2017.

SANTOLAMAZZA-CARBONE, S.; VELASCO, P.; SOENGAS, P.; CARTEA, M. E. Bottom-up and top-down herbivore regulation mediated by glucosinolates in *Brassica oleracea* var. *acephala*. **Oecologia**, v. 174, p. 893-907, 2014.

SANTOS, M. A. T. Efeito do cozimento sobre alguns fatores antinutricionais em folhas de brócoli, couve-flor e couve. **Ciência e Agrotecnologia, Lavras**, v. 30, n. 2, p. 294-301, 2006.

SCHOLTZ, M.; BIDDLEMAN, T. F. Modelling of the long-term fate of pesticide residues in agricultural soils and their surface exchange with the atmosphere: Part II. Projected long-term fate of pesticide residues. **Science of the Total Environment**, v. 377, p. 61–80, 2007.

SERPELONI, J. M.; SPECIAN, A. F. L.; RIBEIRO, D. L.; TUTTIS, K.; HEREDIA-VIEIRA, S. C.; VILEGAS, W.; MARTÍNEZ-LÓPES, W.; VARANDA, E. A.; SYLLOS CÓLUS, I. M. Selective anticancer effects of *Serjania marginata* Casar extract in gastric cells are mediated by antioxidant response. **Environmental Toxicology**, p. 1-13, 2021.

SHAHINFAR, E.; HEIDARI, A.; IMANI, S.; AHADIYAT, A.; NEGAHBAN, M. Fumigant Toxicity of New Formulations Prepared from *Artemisia sieberi* (Asteraceae) Essential Oil against *Sitophilus oryzae* (Col.: Curculionidae). **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 23, n. 2, p. 349-360, 2021.

SHANKAR, S.; SEGARAN, G.; SUNDAR, R. D.; SETTU, S.; SATHIAVELU, M. Brassicaceae - a classical review on its pharmacological Activities. **International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research**, v. 55, p. 107–113, 2019.

SHINGO, G. Y.; VENTURA, M. U. Produção de couve *Brassica oleracea* L. var. *acephala* com adubação mineral e orgânica. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 3, p. 589-594, 2009.

SILVA, S. R. **Plantas do Cerrado: utilizadas pelas comunidades da região do Grande Sertão Veredas**. Brasília: Fundação Pró-Natureza – Ed. Funatura, 109 pp., 1998.

SILVA-TORRES, C. S. A.; PONTES, I. V. A. F.; TORRES, J. B.; BARROS, R. New records of natural enemies of *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) in Pernambuco, Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 39, p. 835-838, 2010.

SILVA, R. T. P.; FALCHETTI, S. A. Da revolução agrícola ao desenvolvimento sustentável e os princípios do ambientalismo no Brasil. **VIII Convibra Administração- Congresso Virtual Brasileiro de Administração**, 2011.

SINGH, D. K. Pesticides and Environment. **Pesticide Chemistry and Toxicology**, v. 1, p. 114–122, 2012.

SIQUEIRA, S. L.; KRUSE, M. H. L. Agrotóxicos e saúde humana: contribuição dos profissionais do campo da saúde. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, v. 42, n. 3, 2008.

SKOURAS, P. J.; STATHAS, G. J.; DEMOPOULOS, V.; LOULOUDAKIS, G.; MARGARITOPOULOS, J. T. The effect of five insecticides on the predators *Coccinella septempunctata* and *Hippodamia variegata*. **Phytoparasitica**, v. 47, n. 2, p. 197-205, 2019.

SOLEYMANZADE, A.; KHORRAMI, F.; FOROUZAN, M. Insecticide toxicity, synergism and resistance in *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica**, v. 54, n. 1, p. 147-154, 2019.

SOMNER, G. V.; FERRUCCI, M. S.; ACEVEDO-RODRÍGUEZ, P.; PERDIZ, R. O.; COELHO, R. L. G.; MEDEIROS, H. Sapindaceae. In **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em <http://floradobrasil.jbrj.gov.br>, Acesso em 02 de janeiro de 2022.

SPARKS, T. C.; NAUEN, R. IRAC: Mode of action classification and insecticide resistance management. **Pesticide biochemistry and physiology**, v. 121, p. 122-128, 2015.

SRINIVASAN, R.; SHELTON, A. M.; COLLINS, H. L. **Management of the Diamondback Moth and Other Crucifer Insect Pests: Proceedings of the Sixth International Workshop. (eds.).** AVRDC-The World Vegetable Center, Shanhua, Taiwan, 2011.

STAUB, R. E.; FENG, C.; ONISKO, B.; BAILEY, G. S.; FIRESTONE, G. L.; BJELDANES, L. F. Fate of indole-3-carbinol in cultured human breast tumor cells. **Chemical Research in Toxicology**, v. 15, p. 101–109, 2002.

SUBRAMANYAM, B.; HAGSTRUM, D. W. Resistance measurement and management. In: **Integrated management of insects in stored products**. CRC Press, p. 331-397, 2018.

SUROSHE, S. S.; GAUTAM, R. D.; CHANDER, S.; FAND, B. B. Evaluation of insecticides against cotton mealybug, *Phenacoccus solenopsis* Tinsley and their safety to important predators. **Indian Journal of Experimental Biology (IJEB)**, v. 59, n. 04, p. 254-262, 2021.

SYED, T. S.; ABRO, G. H.; SHAIKH, M. A.; MAL, B.; SHELTON, A. M. Parasitism of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) in southern Pakistan. **Florida Entomologist**, p. 172-177, 2018.

TALEKAR, N. S.; SHELTON, A. M. Biology, ecology, and management of the diamondback moth. **Annual Review of Entomology**, v. 38, p. 275-301, 1993.

TALEKAR, N. S. Management of Diamondback Moth and Other Crucifer Pests: Proceedings of the Second International Workshop. Shanhua, Taiwan: Asian Vegetable Research and Development Center. 603 pp., ed. 1992.

THULER, R. T.; BORTOLI, S. A.; HOFFMANN-CAMPO, C. B. Classificação de cultivares de brássicas com relação à resistência à traça-das-crucíferas e à presença de glucosinolatos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 4, p. 467- 474, 2007.

TIAGO, E. F. **Biologia comparada de *Tetrastichus howardi*, *Trichospilus diatraeae* e *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: eulophidae) em lagartas e pupas de *Plutella xylostella* (Lepidoptera: plutellidae)**. Tese (Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade (PPGECB) – Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), 2019.

TORRES, A. L.; BOIÇA-JÚNIOR, A. L.; MEDEIROS, C. A. M.; BARROS, R. Efeito de extratos aquosos de *Azadirachta indica*, *Melia azedarach* e *Aspidosperma pyrifolium* no desenvolvimento e oviposição de *Plutella xylostella*. **Bragantia**, v. 65, n. 3, p. 447-457, 2006.

TRANI, P. E.; TIVELLI, S. W.; BLAT, S. F.; PRELA-PANTANO, A.; TEIXEIRA, E. P.; ARAÚJO, H. S.; FELTRAN, J. C.; PASSOS, F. A.; FIGUEIREDO, G. J. B.; NOVO, M. C. S. S. Couve de folha: do plantio à pós-colheita. **Boletim Técnico IAC**, v. 214, p. 36, 2015.

TRIPATHI, A. K.; UPADHYAY, S.; BHUIYAN, M.; BHATTACHARYA, P. R. A review on prospects of essential oils as biopesticide in insect-pest management. **Journal of Pharmacognosy and Phytotherapy**, v. 1, p. 52–63, 2009.

UESUGI, R. Historical changes in the lethal effects of insecticides against the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.). **Pest Management Science**, v. 77, n. 7, p. 3116-3125, 2021.

VACARI, A. M. **Caracterização biológico-comportamental de *Podisus nigrispinus* (Dallas, 1851) predando *Plutella xylostella* (L., 1758)**. Tese apresentada a Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP. Jaboticabal, 2009.

VAN DEN BOSCH, R.; MESSENGER, P. S.; GUTIERREZ, A. P. **An introduction to biological control**. New York: Plenum Press, 1982.

VAN DER SLUIJS J. P.; VAAGE, N. S. Pollinators and global food security: the need for holistic global stewardship. **Food Ethics** v. 1, p. 75–91, 2016.

VAN DER ZEE, R.; GRAY, A.; PISA, L.; RIJK, T. An observational study of honey bee colony winter losses and their association with *Varroa destructor*, neonicotinoids and other risk factors. **PLoS One**, v. 10, n. 7, e0131611, 2015.

VAN LEEUWEN, T.; DERMAUW, W.; MAVRIDIS, K.; VONTAS, J. Significance and interpretation of molecular diagnostics for insecticide resistance management of agricultural pests. **Current Opinion In Insect Science**, v. 39, p. 69-76, 2020.

VARGAS, E. L.; PEREIRA, F. F.; TAVARES, M. T.; PASTORI, P. L. Record of ***Tetrastichus howardi*** (Hymenoptera: Eulophidae) parasitizing *Diatraea* sp. (Lepidoptera: Crambidae) in sugarcane crop in Brazil. **Entomotropica**, v. 26, p. 143-146, 2011.

VENTURA, A. S.; CORREA FILHO, R. A.; SPICA, L. N.; SILVA, A. C. F.; ARAÚJO, A. M.; CARDOSO, C. A.; JERÔNIMO, G. T.; POVH, J. A. Toxicological, biochemical and morphophysiological effects of *Serjania erecta* leaf aqueous extract on *Piaractus mesopotamicus*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 93, n. 4, e20190479, 2021.

VERKERK, R. H. J.; WRIGHT, D. J. Multitrophic interactions and management of the diamondback moth: a review. **Bulletin of Entomological Research**, v. 86, p. 205-216, 1996.

VERMA, J. P.; JAISWAL, D. K.; MEENA, V. S.; KUMAR, A. MEENA. Issues and challenges about sustainable agriculture production for management of natural resources to sustain soil fertility and health, **Journal of Cleaner Production**, v. 107, p.793-794, 2015.

VILLAS BOAS, G. L; CASTELO BRANCO, M.; GUIMARÃES, A. L. Controle químico da traça das crucíferas em repolho no Distrito Federal. **Horticultura Brasileira, Brasnia**, v.8, n.2, p. 10-11, 1990.

WANG, L. I.; GIOVANNUCCI, E. L.; HUNTER, D.; NEUBERG, D.; SU, L.; CHRISTIANI, D. C. Dietary intake of cruciferous vegetables, glutathione S-transferase (GST) polymorphisms and lung cancer risk in a Caucasian population. **Cancer Causes Control**, v. 15, p. 977–985, 2004.

WANG, X. G.; NANCE, A. H.; JONES, J. M.; HOELMER, K. A.; DAANE, K. M. Aspects of the biology and reproductive strategy of two Asian larval parasitoids evaluated for classical biological control of *Drosophila suzukii*. **Biological Control**, v. 121, p. 58-65, 2018.

WANG, Z. Z.; LIU, Y. Q.; MIN, S. H. I.; HUANG, J. H.; CHEN, X. X. Parasitoid wasps as effective biological control agents. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 18, n. 4, p. 705-715, 2019.

WANG, L.; WALTER, G. H.; FURLONG, M. J. Temperature, deltamethrin-resistance status and performance measures of *Plutella xylostella*: complex responses of insects to environmental variables. **Ecological Entomology**, v. 45, n. 2, p. 345-354, 2020.

WARWICK, S. I. Brassicaceae in Agriculture. In: SCHMIDT, R.; BANCROFT, I. (Ed.). **Genetics and Genomics of the Brassicaceae**. New York: Springer New York, p. 33-65, 2011.

WHITNEY, H. M.; GLOVER, B. J. Coevolution: Plant–Insect. In: **eLS**. John Wiley & Sons Ltd, Chichester. 2013.

WEGENER, J.; RUHNKE, H.; MILCHREIT, K.; KLEEBAUM, K.; FRANKE, M.; MISPAGEL, S.; BISCHOFF, G.; KAMP, G.; BIENEFELD, K. Secondary biomarkers of insecticide-induced stress of honey bee colonies and their relevance for overwintering strength. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 132, p. 379–389, 2016.

WIESBROOK, M. L. Natural indeed: are natural insecticides safer and better than conventional insecticides. **Illinois Pesticide Review**, v. 17, n. 3, p. 1-3, 2004.

WINK, M.; VAN WYK, B. E. **Mind-altering and poisonous plants of the world**. Timber Press, 464 pp., 2008.

WITTSTOCK, U.; AGERBIRK, N.; STAUBER, E.J.; OLSEN, C.E.; HIPPLER, M.; MITCHELL-OLDS, T.; GERSHENZON, J.; VOGEL, H. Successful herbivore attack due to metabolic diversion of a plant chemical defense. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 101, p. 4859–4864, 2004.

YACTAYO-CHANG, J. P.; TANG, H. V.; MENDOZA, J.; CHRISTENSEN, S. A.; BLOCK, A. K. Plant defense chemicals against insect pests. **Agronomy**, v. 10, n. 8, p. 1156, 2020.

YAN, S.; SU, H.; LYU, B.; LU, H.; TANG, J.; ZHUO, Z.; YANG, F. Effects of temperature and supplementary food on the development and fecundity of the Eulophid parasitoid *Tetrastichus howardi* on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **International Journal of Pest Management**, p. 1-12, 2021.

ZANATTA, A. C.; VILEGAS, W.; EDRADA-EBEL, R. UHPLC-(ESI)-HRMS and NMR-based metabolomics approach to access the seasonality of *Byrsonima intermedia* and *Serjania marginata* from Brazilian Cerrado flora diversity. **Frontiers in Chemistry**, v. 9, p. 534, 2021.

ZOLFAGHARI, M.; GHADAMYARI, M.; HASSAN SAJEDI, R. Resistance mechanisms of a field population of diamond back moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) to current organophosphate pesticides. **Journal of Crop Protection**, v. 8, n. 4, p. 403-416, 2019.

ZUKALOVÁ, H.; VASAK, J. The role and effects of glucosinolates of Brassica species-a review. **Rost Vyroba**, v. 48, p. 175–180, 2002.

4. OBJETIVO GERAL

Investigar a bioatividade dos extratos aquosos de *Serjania* spp., nas concentrações 5 e 10% sobre a biologia de *Plutella xylostella* e de seu inimigo natural, *Tetrastichus howardi*.

5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Avaliar a bioatividade dos extratos aquosos de *Serjania erecta* e *Serjania marginata*, nas concentrações 5% e 10% sobre o ciclo biológico de *P. xylostella*;
- 2) Avaliar os efeitos dos extratos aquosos de *S. erecta* e *S. marginata*, nas concentrações 5% e 10% sobre a oviposição de *P. xylostella*;
- 3) Analisar a atividade anti-alimentar dos extratos aquosos de *S. erecta* e *S. marginata*, nas concentrações 5% e 10%, sobre larvas de *P. xylostella*;
- 4) Avaliar a toxicidade tópica dos extratos aquosos de *S. erecta* e *S. marginata*, nas concentrações 5% e 10%, sobre ovos, larvas e pupas de *P. xylostella*;
- 5) Analisar a toxicidade e seletividade dos extratos aquosos de *S. erecta* e *S. marginata*, nas concentrações 5% e 10%, sobre o endoparasitoide *T. howardi*.

6. HIPOTEESES

- 1) Os extratos aquosos de *Serjania erecta* e *Serjania marginata* influenciam nas características biológicas, alimentação, reprodução e oviposição de *Plutella xylostella*;
- 2) Os extratos de *Serjania* spp. apresentam toxicidade sobre ovos, larvas e pupas de *P. xylostella*;
- 3) Os parâmetros biológicos e sobrevivência de *T. howardi* não são influenciados pelos extratos aquosos de *S. erecta* e *S. marginata*;
- 4) A concentração 10% é mais eficaz que a concentração 5% no controle de *P. xylostella*.

CAPÍTULO I

Bioatividade dos extratos aquosos de *Serjania* spp. no controle de *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae)

Eduardo Carvalho Faca¹, Rosilda Mara Mussury¹

¹Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais (FCBA), Programa de Pós-graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade. Rodovia Dourados-Itahum, Km 12, Cidade Universitária, CEP: 79.804-970, Dourados-MS, Brasil. E-mail: eduardofaca@gmail.com

Resumo

A resistência causada por inseticidas sintéticos vem dificultando o controle eficaz de *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Plutellidae) em campo. Além disso, a utilização destes produtos compromete negativamente organismos não alvo e geram resíduos ao meio ambiente. Portanto, diante da necessidade do controle populacional de *P. xylostella* e da implementação de métodos alternativos ao manejo químico, testamos a bioatividade de extratos aquosos de duas espécies de *Serjania* sobre *P. xylostella*. Para isso, avaliamos o efeito dos extratos de *Serjania erecta* Radlk (Sapindaceae) e *Serjania marginata* Casar (Sapindaceae), nas concentrações 5% e 10%, sobre a duração larval e pupal, sobrevivência larval e pupal, peso pupal, razão sexual, longevidade de adultos, período de oviposição, fecundidade e fertilidade de ovos. Notamos que os extratos aquosos das duas espécies botânicas diminuíram a duração e a sobrevivência larval. A fecundidade (número de ovos) e o total de larvas eclodidas diminuíram, principalmente, nos bioensaios com os extratos de *S. marginata*. Os extratos das espécies vegetais causaram alteração no peso pupal na concentração 10%. Podemos concluir que os extratos aquosos de *S. erecta* e *S. marginata* foram bioativos e podem contribuir para futuras pesquisas de campo e para a implementação de métodos alternativos ao principal método de controle amplamente utilizado, através do desenvolvimento de bioinseticidas, para o controle de *P. xylostella*.

Palavras-chaves: bioinseticidas; brássicas; interação inseto-planta; *Serjania erecta*; *Serjania marginata*; traça-das-crucíferas;

Abstract

The resistance caused by synthetic insecticides has hindered the effective control of *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Plutellidae) in the field. In addition, the use of these products negatively compromises non-target organisms and generates waste to the environment. Therefore, given the need for population control of *P. xylostella* and the implementation of alternative methods to chemical management, we

tested the bioactivity of aqueous extracts of two *Serjania* species on *P. xylostella*. For this, we evaluated the effect of extracts of *Serjania erecta* Radlk (Sapindaceae) and *Serjania marginata* Casar (Sapindaceae), at concentrations of 5% and 10%, on larval and pupal duration, larval and pupal survival, pupal weight, sex ratio, longevity of adults, oviposition period, fecundity and egg fertility. We noticed that the aqueous extracts of the two botanical species decreased larval duration and survival. The fecundity (number of eggs) and the total number of hatched larvae decreased, mainly, in the bioassays with extracts of *S. marginata*. The extracts of plant species caused changes in pupal weight at 10% concentration. We can conclude that the aqueous extracts of *S. erecta* and *S. marginata* were bioactive and may contribute to future field research and to the implementation of alternative methods to the main control method widely used, through the development of bioinsecticides, to control *P. xylostella*.

Keywords: *Serjania erecta*; *Serjania marginata*; diamondback moth; bioinsecticides; insect-plant interaction; brassicas

1. Introdução

A traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Plutellidae), é uma praga cosmopolita e causa severos danos a cultura das brássicas (Li et al., 2016). Este microlepidóptero apresenta ciclo de vida curto e alta capacidade reprodutiva, podendo permanecer na cultura por diversas gerações, ocasionando danos significativos e perdas na produtividade (FURLONG et al., 2013). Em certos casos, os danos gerados podem comprometer grande parte da cultura, tornando a sua produção economicamente inviável (ZALUCKI et al., 2012). Os altos índices de danos podem ser atribuídos ao aumento da produção de brássicas, as alterações climáticas, que favorecem a reprodução e multiplicação deste inseto, e a falta de estratégias relacionadas ao seu controle (MACHEKANO et al., 2017).

Estima-se que são gastos entre 4 e 5 bilhões de dólares anualmente para o manejo e controle de *P. xylostella*, sendo a aplicação de inseticidas o principal método utilizado para controlar suas elevadas populações (GRZYWACZ et al., 2010; ZALUCKI et al., 2012; FURLONG et al., 2013). Entretanto, as aplicações excessivas destes produtos estão contribuindo para o aumento da pressão de seleção e, consequentemente, para o surgimento de populações resistentes (YU et al., 2015; ARRUDA et al., 2020). Além da resistência causada, outros efeitos colaterais frequentemente relatados são os impactos à biodiversidade e ao meio ambiente através da contaminação residual de solos, de ecossistemas terrestres e aquáticos e dos efeitos tóxicos em organismos não alvos (CARVALHO, 2017).

O controle de *P. xylostella* deve ser realizado através da adoção de táticas e estratégias interativas oferecidas pelo Manejo Integrado de Pragas (MIP), sendo que a utilização de plantas inseticidas pode ser uma ferramenta complementar quando associada aos outros métodos de controle (TORRES et al., 2001; DELETRE et al., 2016; CAMAROTI et al., 2018; MASSAROLLI et al., 2019). Os inseticidas botânicos apresentam uma série de vantagem como a praticidade em seu preparo, a utilização de plantas nativas disponíveis no local, o baixo custo de produção e aplicação e a baixa toxicidade em organismos não-alvos (TALEKAR & SHELTON, 1993; DONG et al., 2013).

Além da praticidade e do baixo impacto provocado ao meio ambiente, os bioinseticidas podem repelir, inibir a alimentação, dificultar o desenvolvimento e a reprodução de insetos e, até mesmo, alterar seu comportamento (ALI et al., 2019; GAO et al., 2019). Os inseticidas botânicos também podem causar alterações fisiológicas e metabólicas, interferindo na síntese de quitina, na motilidade intestinal, na longevidade e fecundidade, além de causar deformações e mortalidade de indivíduos na fase imatura e reprodutiva (SCHMUTTERER, 1988; MORDUE & BLACKWELL, 1993; COSTA et al., 2004; PERES et al., 2017; COUTO 2019; 2020; FERREIRA et al., 2020).

A ação inseticida proporcionada pelos inseticidas botânicos ocorre pela concentração de substâncias oriundas do metabolito secundário de plantas, que são naturalmente produzidas e liberadas, e atuam como mecanismo de defesa contra um determinado agente agressor (TAGLIARI et al., 2004). Várias substâncias são compartilhadas por famílias de plantas como taninos, alcaloides, terpenos, flavonoides, fenóis, sendo que, em determinadas concentrações, afetam a biologia e o desenvolvimento de alguns artrópodes (PÉRES et al., 2017; INOCENTE et al., 2019; FERREIRA et al., 2020). Entre as famílias botânicas estudadas, com potencial inseticida, estão a Annonaceae, Meliaceae, Asteraceae, Rubiaceae, Rutaceae, Euphorbiaceae, Solanaceae, Onagraceae, Anacardiaceae e Sapindaceae (JACOBSON, 1989; AMOABENG et al., 2013; KRINSKI et al., 2014; PERES et al., 2017; COUTO et al., 2020; FERREIRA et al., 2020). Entre elas, a família Sapindaceae é constantemente investigada por apresentar várias espécies dotadas de substâncias

bioativas, podendo atuar no controle de *P. xylostella* (LU et al., 2010; LI et al., 2011; COUTO 2019; 2020).

O gênero *Serjania*, presente na família Sapindaceae, já foi relatado em alguns trabalhos sendo caracterizado por espécies ricas em substâncias biologicamente ativas, que apresentam atividade anti-inflamatória e medicinal (GOMIG et al., 2008; FERNANDES et al., 2011; GUIMARÃES et al., 2015; SALINAS-SÁNCHEZ et al., 2017;), antifúngica, moluscicida, (EKABO et al., 1996), antioxidante, antimicrobiana, antimicobacteriana (CARDOSO et al., 2013) e inseticida (COUTO 2019; 2020; SALINAS-SÁNCHEZ et al., 2020). Portanto, diante da necessidade da implementação de métodos alternativos para o controle da traça-das-crucíferas e da investigação do efeito de extratos botânicos de espécies do gênero *Serjania* no ciclo de vida deste inseto, avaliamos a bioatividade dos extratos aquosos de *Serjania erecta* Radlk (Sapindaceae) e *Serjania marginata* Casar (Sapindaceae), nas concentrações 5% e 10%, sobre o desenvolvimento de *P. xylostella*.

2. Material e Métodos

Os extratos e os bioensaios foram preparados e conduzidos no Laboratório de Interação Inseto-Planta (LIIP) da Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais na Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil.

2.1. Criação de *P. xylostella*

A criação foi estabelecida e multiplicada sob condições controladas de temperatura (25 ± 2 °C), umidade relativa ($55 \pm 5\%$) e fotoperíodo (12 h), a partir de pupas e larvas coletadas em áreas de cultivo de couve.

As pupas foram colocadas em gaiolas transparentes de plástico, medindo 9 x 19 x 19 cm) até a emergência dos adultos, os quais foram alimentados com solução nutritiva de mel a 10%. Foram oferecidos discos de couve medindo 8 cm de diâmetro sobre papel filtro para a oviposição das fêmeas. Os discos contendo as posturas foram substituídos diariamente e transferidos para potes de plástico (30 x 15 x 12 cm), devidamente esterilizados até a eclosão das larvas. Após a eclosão, as larvas foram alimentadas com folhas de couve orgânica (*Brassica oleracea* var. *acephala*),

higienizadas e lavadas com solução de hipoclorito de sódio a 5% e água corrente. As folhas de couve foram dispostas com face adaxial voltada para o recipiente de plástico e a face abaxial livre, onde foram colocadas as larvas. Em seguida foi introduzida outra folha com a face abaxial voltada para as larvas. As folhas de couve foram substituídas diariamente, mantendo sempre as folhas superiores e as larvas permaneceram nos potes até atingirem a fase pupal (BARROS et al., 2012) (Figura 1).

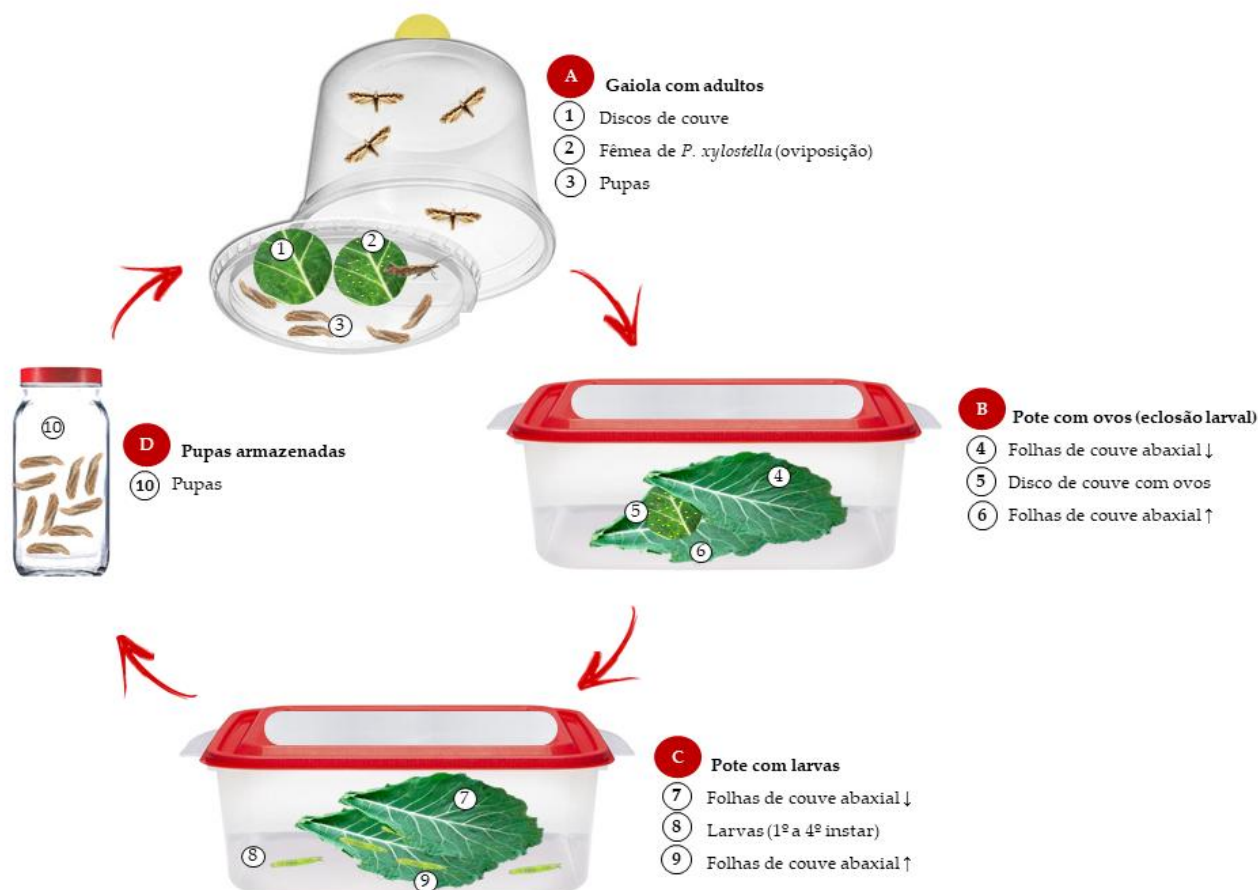


Figura 1. Representação esquemática da metodologia utilizada para a criação e multiplicação de *P. xylostella*, sob condições controladas de temperatura (25 ± 2 °C), umidade relativa ($55 \pm 5\%$) e fotoperíodo (12 h). Dourados, MS, 2022 (Créditos: Eduardo Carvalho Faca).

2.2. Material botânico

Folhas expandidas de *S. erecta* e *S. marginata* foram coletadas no Horto de Plantas Medicinais (HPM) da Universidade Federal da Grande Dourados, em Dourados, MS ($22^{\circ}11'43.7''$ S e $54^{\circ}56'08.5''$ W).

As espécies foram identificadas a partir das exsicatas presentes no herbário da Universidade Federal da Grande Dourados-UFGD, com os respectivos números de registro: 5395 – *S. erecta* e 6267 – *S. marginata*.

2.3. Preparação dos extratos aquosos

As folhas de *S. erecta* e *S. marginata* foram colocadas em câmara de circulação forçada de ar, durante três dias, com temperatura constante de 40 °C (± 1 °C) (Figura 2 A e B). Em seguida, as folhas foram trituradas em moinho industrial para a obtenção de um pó fino (Figura 2 C e D).



Figura 2. A) Folhas expandidas de *Serjania* spp. recém coletadas; B) Folhas de *Serjania* spp. colocadas em câmara de circulação forçada de ar a 40 °C (± 1 °C) (3 dias); C) Folhas de *Serjania* spp. sendo trituradas em moinho industrial; D) Pó fino de *S. erecta* e *S. marginata* para o preparo dos extratos aquosos. (Créditos: Eduardo Carvalho Faca).

Os extratos aquosos foram preparados a partir da técnica de maceração, onde misturou-se 5 g do material vegetal com 50 mL de água destilada e 2,5 g do material vegetal com 50 mL de água destilada para obtenção das concentrações de 10% e 5%, respectivamente. Após a agitação manual, os extratos foram resfriados a 10 °C por 24

horas para a extração dos compostos hidrossolúveis. Posteriormente, foi realizada a coagem, através de tecido voil, para a obtenção dos extratos nas concentrações (peso/volume) de 5% e 10% (Figura 3A).

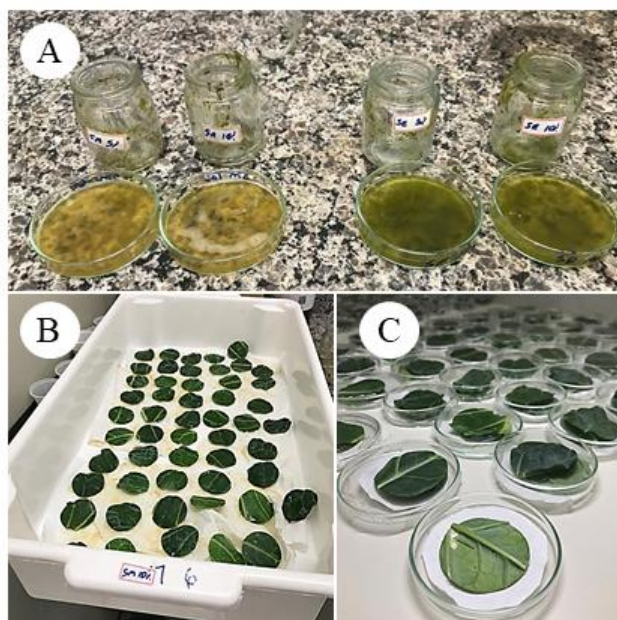


Figura 3. A) Extratos aquosos de *S. erecta* e *S. marginata*, nas concentrações 5% e 10%, preparados a partir da técnica de maceração; B) Discos de couve com 8 cm de diâmetro tratados; C) Bioensaio contendo larvas de *P. xylostella* (avaliação fase larval). (Créditos: Eduardo Carvalho Faca).

2.4. Bioatividade dos extratos aquosos de *Serjania* spp. sobre *P. xylostella*

A metodologia para o desenvolvimento e avaliação da bioatividade dos extratos vegetais foi adaptada de Torres et al. (2011). Larvas neonatas (0 a 24 h) foram individualizadas em placas de Petri e colocadas sobre discos de couve com 8 cm de diâmetro, devidamente tratados, através de imersão, (água ou extrato) (Figura 3 B e C).

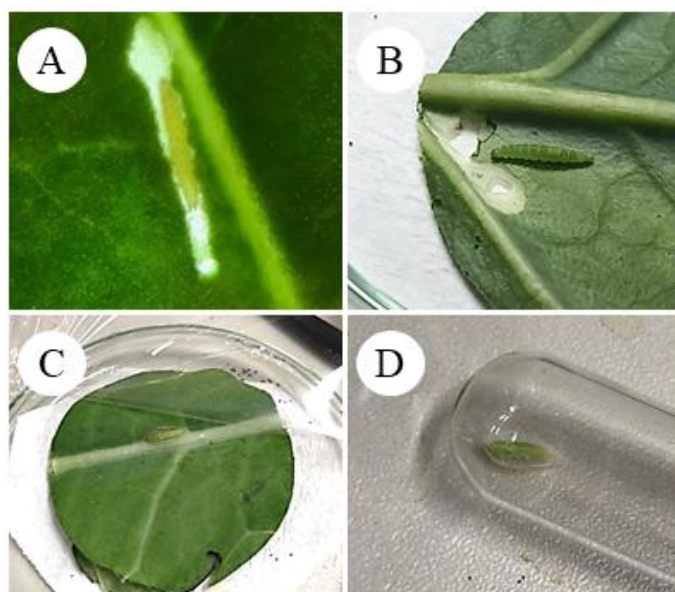


Figura 4. **A)** Larva de 1º instar de *P. xylostella* no interior do disco foliar; **B)** Larva de *P. xylostella* no 4º instar de desenvolvimento; **C)** Pré-pupa de *P. xylostella*; **D)** Pupa de *P. xylostella* individualizada em tubo de ensaio para avaliação da fase pupal (Créditos: Eduardo Carvalho Faca).

Primeiramente, foi avaliada a duração da fase larval, através do monitoramento das larvas até que atingissem a fase pupal (Figura 4 A, B, C e D). A primeira contagem de mortalidade foi realizada após 48 horas de exposição das larvas aos discos foliares de couve tratados com os tratamentos (2 extratos. 2 concentrações e água (controle). Nesta etapa, foi contado o número de larvas mortas e os discos de couve tratados foram diariamente substituídos.

Na segunda etapa, as pupas, oriundas do bioensaio anterior, foram transferidas para tubos de ensaio e após 24 horas foram pesadas para obtenção da biomassa pupal (Figura 4 D) (Bel Mark Balança analítica – 0,001 g). Em seguida, a duração pupal foi avaliada através do monitoramento das pupas até que atingissem, ou não, a fase adulta (sobrevivência pupal).

Na terceira etapa, até dez casais de cada tratamento foram individualizados e transferidos para gaiolas plásticas contendo discos de folhas de couve (com 8 cm de diâmetro) oferecidos como substrato para a oviposição e avaliação do estágio reprodutivo dos indivíduos (Figura 5 A). Após 24 horas, os discos foram substituídos e transferidos para placas de Petri para serem avaliados. Foram contados o número de

ovos ovipositados (fecundidade) e o número de larvas eclodidas (fertilidade), com o auxílio do estereoscópio da série Motic SMZ-168 (Figura 5 B e C) (Figura 6).

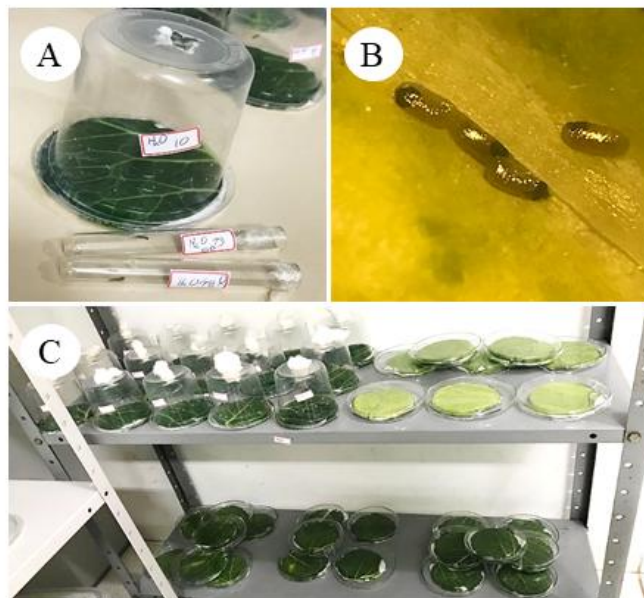


Figura 5. A) Sexagem de adultos de *P. xylostella* e formação de casais individualizados em gaiolas; B) Ovos de *P. xylostella* com 3 dias de incubação oriundos do tratamento controle (água destilada); C) Avaliação da fase reprodutiva (fecundidade, número de larvas, fertilidade de ovos e longevidade de adultos) (Créditos: Eduardo Carvalho Faca).

As características biológicas avaliadas foram a duração (dias) e a porcentagem de sobrevivência do estágio larval e pupal, peso pupal (mg), longevidade de fêmeas e machos (dias), razão sexual ($rs = \text{fêmea} / \text{fêmea} + \text{macho}$) fecundidade (número médio de ovos ovipositados), período de oviposição (dias), total de larvas recém emergidas e fertilidade dos ovos (%) (Figura 6).

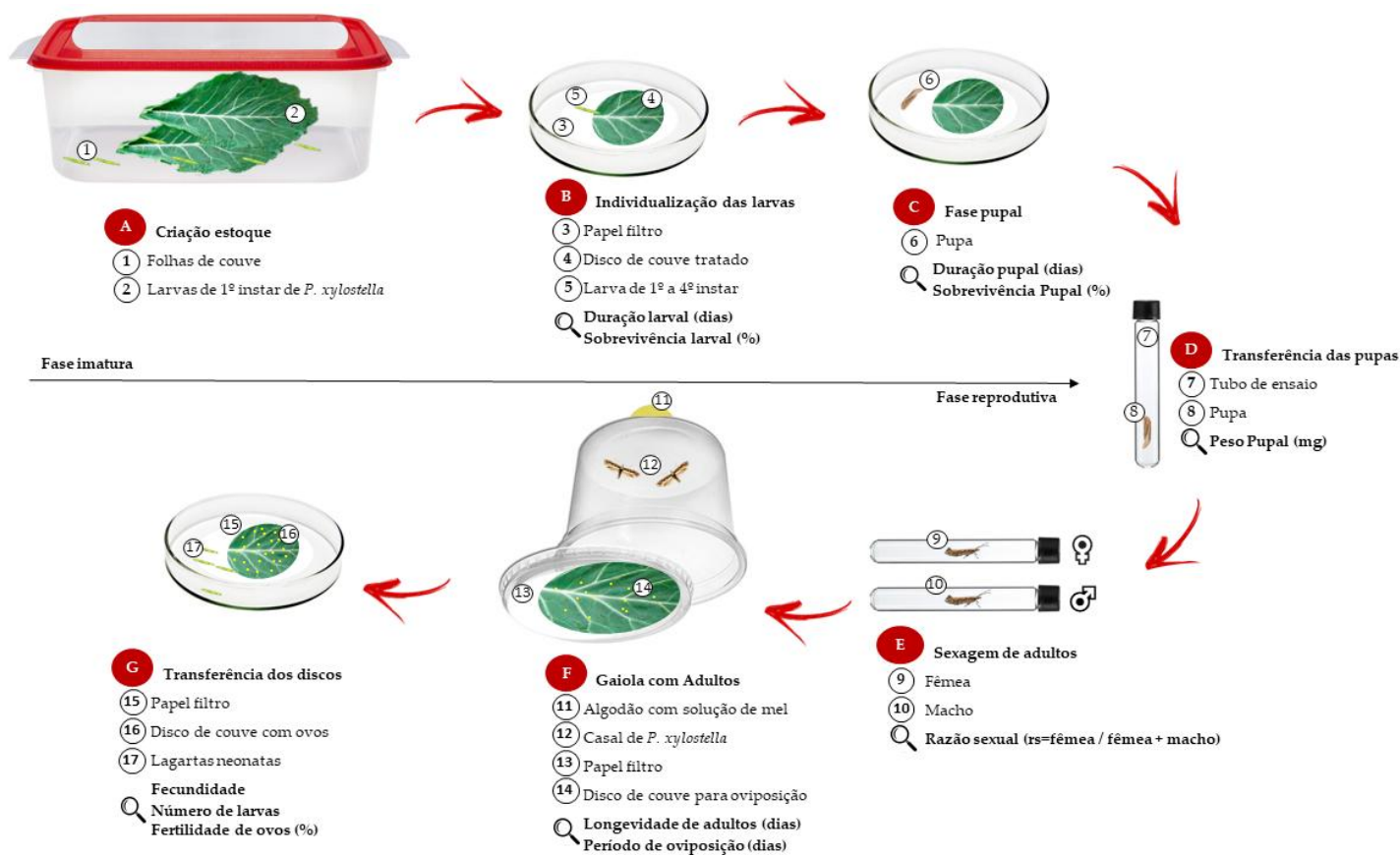


Figura 6. Representação esquemática do delineamento experimental utilizado para avaliação das características biológicas de *P. xylostella*, após exposição aos extratos aquosos de *S. erecta* e *S. marginata* nas concentrações 5% e 10% sob condições controladas de temperatura (25 ± 2 °C), umidade relativa ($55 \pm 5\%$) e fotoperíodo (12 h). Dourados, MS, 2022 (Créditos: Eduardo Carvalho Faca).

2.5. Análise estatística dos dados

O experimento foi realizado com delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial duplo (3 x 2), composto por duas espécies de plantas, um controle e duas concentrações de extrato vegetal. Cada tratamento foi constituído por 10 repetições, de 5 subamostras, totalizando 50 larvas por tratamento. Os dados foram verificados a nível de normalidade (teste de Shapiro-Wilk), e quando necessário, foram transformados para $\sqrt{x} + 0,5$ e arcoseno da $\sqrt{x}/100$. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

3. Resultados

Não houve interação significativa entre os fatores (planta e concentração) para duração larval e pupal, sobrevivência larval e pupal, peso pupal, razão sexual, longevidade de fêmea e macho, fecundidade, total de larvas, período de oviposição e fertilidade de ovos. Observou-se significância para fator isolado planta (Tabela 1) para duração larval ($F = 9,98$; $GL = 2$; $p = 0,0040$), sobrevivência larval ($F = 112,04$; $GL = 2$; $p = 0,00001$), fecundidade ($F = 7,84$; $GL = 2$; $p = 0,0012$) e total de larvas emergidas ($F = 5,32$; $GL = 2$; $p = 0,0085$), e para o fator isolado concentração (Tabela 1) para peso pupal (mg) ($F = 4,05$; $GL = 1$; $p = 0,046$). Não foi observado significância para fator isolado (concentração ou planta) para duração e sobrevivência pupal, razão sexual, longevidade de machos e fêmeas, período de oviposição e fertilidade de ovos (Tabela 1; Tabela 2).

Para o fator isolado planta observamos que a duração larval foi reduzida pela utilização dos extratos das duas espécies de *Serjania*, sendo que a *S. marginata* decorreu na menor duração com $4,75 \pm 0,26$ dias, diferindo do controle, que apresentou $6,44 \pm 0,21$ dias (Tabela 1). A sobrevivência larval (para o fator planta), foi menor para ambas as espécies, também diferindo do controle (Tabela 1) (Figura 7). O peso pupal, para o fator isolado concentração, foi maior na concentração 5% independente da espécie utilizada no extrato (Tabela 1).

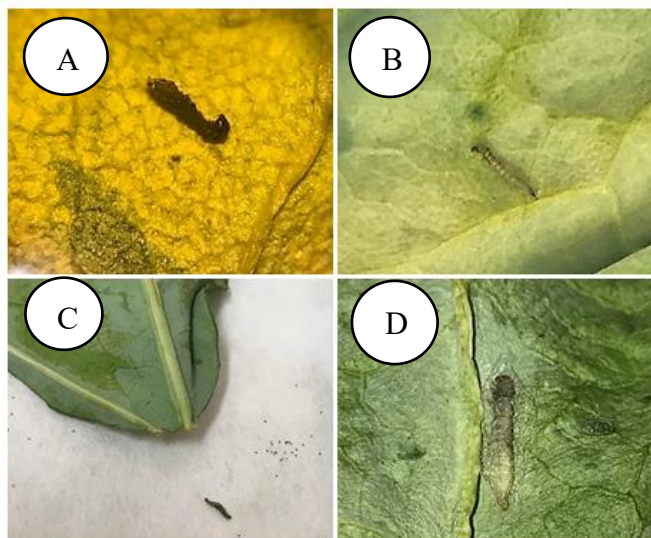


Figura 7. A), B), C) e D) Mortalidade de larvas de *P. xylostella* alimentadas a partir de discos de couve tratados com extratos aquosos de *Serjania* spp. (Créditos: Eduardo Carvalho Faca).

A fecundidade, avaliada no fator isolado planta, apresentou redução do número de ovos no extrato com *S. marginata*, com $155,00 \pm 17,06$ ovos, em comparação ao controle ($237,90 \pm 5,66$ ovos) e foi similar a *S. erecta* ($193,71 \pm 19,75$ ovos) (Tabela 2). O total de larvas, avaliado no fator isolado planta, foi reduzido pelos extratos de *S. marginata* (Tabela 2). O extrato aquoso de *S. marginata* na concentração 10% causou algumas deformações em adultos recém emergidos (Figura 8).

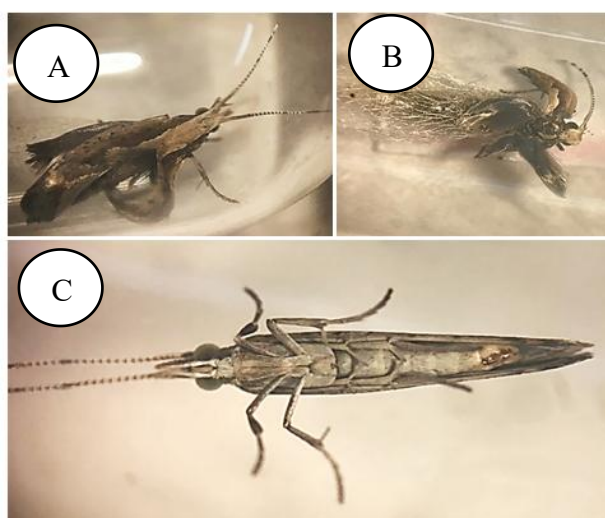


Figura 8. A) e B) Adultos de *P. xylostella* com as asas deformadas, recém emergidos de pupas oriundas de larvas alimentadas com discos de couve cotendo extrato aquoso

de *S. marginata* na concentração 10%. C) Indivíduo adulto, apresentando deformação na porção terminal abdominal, oriundo do tratamento com *S. margitana* na concentração 10% (Créditos: Eduardo Carvalho Faca).

Tabela 1. Duração larval e pupal (dias) ($\pm$ EP), sobrevivência larval e pupal (%), peso pupal (mg), e razão sexual para os fatores isolados planta (*S. erecta* e *S. marginata*) e concentração (5% e 10%) (25 ± 2 °C; 55 ± 5 UR; 12 h fotofase).

Fator Extrato de Planta						
Tratamentos	Duração Larval (Dias)	Sobrevivência Larval (%)	Duração Pupal (Dias)	Sobrevivência Pupal (%)	Peso Pupal (mg)	Razão sexual
Controle	$6,44 \pm 0,21$ a	$90,00 \pm 4,23$ a	$5,62 \pm 0,08$ a	$96,00 \pm 2,75$ a	$4,36 \pm 0,10$ a	$0,47 \pm 0,05$ a
<i>S. erecta</i>	$5,52 \pm 0,29$ b	$38,00 \pm 3,81$ b	$4,99 \pm 0,40$ a	$84,16 \pm 7,20$ a	$4,09 \pm 0,24$ a	$0,40 \pm 0,09$ a
<i>S. marginata</i>	$4,75 \pm 0,26$ b	$42,00 \pm 4,08$ b	$5,30 \pm 0,32$ a	$89,16 \pm 5,71$ a	$3,91 \pm 0,24$ a	$0,38 \pm 0,08$ a
Fator Concentração						
5%	$5,51 \pm 0,26$ a	$52,66 \pm 5,87$ a	$5,11 \pm 0,33$ a	$84,22 \pm 5,90$ a	$3,89 \pm 0,20$ a	$0,37 \pm 0,07$ a
10%	$5,62 \pm 0,22$ a	$60,66 \pm 4,93$ a	$5,50 \pm 0,10$ a	$95,33 \pm 2,22$ a	$4,35 \pm 0,11$ b	$0,47 \pm 0,05$ a
CV (%)	11,25	20,45	23,34	23,84	15,76	61,03

Médias ($\pm$ erro padrão) seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si ao nível de significância a 5% de probabilidade quando comparadas pelo teste de Tukey. CV = Coeficiente de variação.

Tabela 2. Longevidade de macho e fêmea (dias) ($\pm$ EP), fecundidade, total de larvas, período de oviposição e fertilidade de ovos (%) de *P. xylostella* para os fatores isolados planta (*S. erecta* e *S. marginata*) e concentração (5% e 10%) (25 ± 2 °C; 55 ± 5 UR; 12 h fotofase).

Fator Extrato de Planta						
Tratamentos	Longevidade ♂ (dias)	Longevidade ♀ (Dias)	Fecundidade	Total de Larvas eclodidas	Período de Oviposição (Dias)	Fertilidade de Ovos (%)
Controle	21,00 $\pm$ 0,91a	17,00 $\pm$ 1,60 a	237,90 $\pm$ 5,66 a	170,90 $\pm$ 3,38 a	14,90 $\pm$ 1,15 a	72,40 $\pm$ 1,76 a
<i>S. erecta</i>	22,07 $\pm$ 1,82 a	17,50 $\pm$ 1,82 a	193,71 $\pm$ 19,75 ab	130,28 $\pm$ 17,59 ab	14,42 $\pm$ 1,21 a	62,64 $\pm$ 5,77 a
<i>S. marginata</i>	22,68 $\pm$ 1,54 a	15,68 $\pm$ 1,54 a	155,00 $\pm$ 17,06 b	112,18 $\pm$ 15,62 b	11,75 $\pm$ 1,29 a	66,50 $\pm$ 6,48 a
Fator Concentração						
5%	21,42 $\pm$ 1,16 a	15,23 $\pm$ 1,45 a	198,38 $\pm$ 13,62 a	145,90 $\pm$ 8,91 a	13,52 $\pm$ 1,14 a	73,80 $\pm$ 2,14 a
10%	22,13 $\pm$ 1,08 a	17,79 $\pm$ 1,22 a	199,44 $\pm$ 12,33 a	137,00 $\pm$ 12,04 a	13,93 $\pm$ 0,94 a	63,41 $\pm$ 4,28 a
CV (%)	14,12	20,96	17,97	26,45	19,65	20,40

Médias ($\pm$ erro padrão) seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si ao nível de significância a 5% de probabilidade quando comparadas pelo teste de Tukey. CV = Coeficiente de variação.

4. Discussão

De acordo com os resultados apresentados, os extratos aquosos das espécies de *Serjania* nas concentrações avaliadas causaram alterações biológicas no ciclo de *P. xylostella*, pois reduziram a duração e a sobrevivência larval, diminuíram a fecundidade e o número de larvas recém emergidas e causaram alterações no peso pupal. Essas alterações biológicas são caracterizadas pela antibiose proporcionada por substâncias presentes nos extratos vegetais, que podem interferir no metabolismo, nas atividades bioquímicas e causar alterações fisiológicas e morfológicas nos insetos (DUFFEY & ISMAN, 1981; PAN et al., 2016; PERES et al., 2017).

A diminuição na duração larval pode ser uma característica positiva, pois garante que o inseto permaneça menos tempo se alimentando na cultura, diminuindo os danos diretos e os prejuízos econômicos (HAMILTON et al., 2005; ZALUCKI et al., 2012). Entretanto, a redução na duração larval pode ser associada a um mecanismo biológico estratégico, fazendo com que o inseto permaneça menos tempo em contato com substâncias que promoveriam a toxicidade, a inibição de crescimento e a redução da eficiência da taxa de conversão alimentar, ou seja, esta redução pode garantir o possível sucesso da sua fase reprodutiva (TORRES et al., 2006).

A baixa porcentagem da sobrevivência larval causada pelos extratos das duas espécies de plantas (*S. erecta* e *S. marginata*) pode ser atribuída à inibição do apetite e à sensibilidade das larvas ao se alimentarem, proporcionado pelos compostos presentes nos extratos, oriundos do metabolito secundário destas plantas (SAPINDAL et al., 2017). As espécies *S. erecta* e *S. marginata* compartilham algumas substâncias bioativas como os taninos (MOREIRA et al., 2019; LIMA et al., 2006), que agem como inativadores das enzimas digestivas e formam complexos proteicos que dificultam a digestão e afetam a sobrevivência de insetos (MELLO & SILVA-FILHO 2002). Triagens fitoquímicas mostram que as espécies *S. erecta* e *S. marginata* apresentam o grupo saponinas em suas composições químicas metabolitas (LIMA et al., 2006; PÉRICO et al., 2015), sendo este grupo responsável pela defesa de plantas (LEE et al., 2017) e pela formação de complexos proteicos que também inibem proteinases e causam alterações nos processos digestivos no intestino de insetos (GEYTER et al., 2012; AMTUL & SHAKOORI, 2014), induzindo a apoptose, além de serem citotóxicos para lepidópteros (GEYTER et al., 2012).

Resultado similar foi encontrado por Couto et al. (2020), através da redução de 50% da sobrevivência larval nos bioensaios com extrato etanólico de *S. marginata* com 10% de concentração. Peres et al. (2017) também notaram que houve diminuição na sobrevivência larval de *P. xylostella* utilizando extratos aquosos com 10%. Além disso, a diminuição da sobrevivência larval gera um baixo número de casais na fase reprodutiva e, consequentemente, contribui para a redução do número de ovos e de progênes (COUTO et al., 2019).

O peso pupal apresentou maior biomassa na concentração 10% (fator isolado concentração), provavelmente, porque o extrato aquoso, nesta concentração, pode estimular a alimentação de larvas de *P. xylostella*, resultando no aumento de biomassa pupal. Couto et al. (2019) verificaram em seu trabalho, através do índice de preferência alimentar, que o extrato aquoso de *S. marginata* na concentração 10% foi fagoestimulante, proporcionando o aumento do consumo foliar por larvas de *P. xylostella*. Além do mais, o aumento do peso pupal também pode estar relacionado a presença do grupo saponina, que em doses maiores pode estimular o consumo alimentar e promover o aumento da eficiência da conversão de ingestão e digestão de alimentos por larvas de *P. xylostella* (CAI et al., 2016), justificando o maior peso pupal na concentração 10%. Por outro lado, a maior eficiência na conversão de ingestão e digestão de alimento pode interferir na sobrevivência larval, pois o alto consumo de aleloquímicos, presentes nos discos tratados, pode ser tóxico e subletal (SEFFRIN et al., 2008; SIMPSON & SIMPSON, 1990).

A redução no número de ovos, explicitado pela fecundidade, sugere que os extratos causaram diminuição no processo de oviposição, principalmente o extrato preparado a partir da planta *S. marginata*. Alguns autores associam a redução da fecundidade a presença de flavonoides e saponinas, pois estes compostos podem ser responsáveis pela inibição da oviposição de alguns insetos (TABASHNIK, 1987; WAR et al., 2012; CAI et al., 2016; PERES et al., 2017). De acordo com Périco et al. (2015) e Moreira et al. (2019), o extrato aquoso da espécie *S. marginata* apresenta grandes concentrações de saponinas e compostos fenólicos, entre eles os taninos e os flavonoides, justificando a redução da fecundidade.

O baixo número de larvas recém emergidas decorreu da infertilidade ou inviabilidade dos ovos de *P. xylostella*. Isto ocorre quando há uma diminuição da

ingestão de nutrientes, na fase larval, oriundos de uma alimentação de baixa qualidade, influenciando diretamente na sobrevivência larval (SAPINDAL et al., 2017), número de óvulos nos ovários e na qualidade dos ovos (COSTA et al., 2004). Além do mais, a diminuição da fecundidade e do total de larvas contribui para a diminuição da população do inseto na cultura, evitando os danos que seriam causados pela progênie imatura (MARONEZE & GALLEGOS, 2009).

5. Conclusões

Os resultados contribuem para a compreensão da bioatividade das espécies *S. erecta* e *S. marginata* e da influência das concentrações trabalhadas sobre o ciclo de vida de *P. xylostella*. As duas espécies apresentaram bons resultados e fornecem base para futuras pesquisas fora das condições laboratoriais. Houve diminuição na duração larval e na sobrevivência pupal de *P. xylostella*. Além disso, os extratos também reduziram a fecundidade e o número de larvas deste inseto.

Os extratos aquosos destas plantas podem contribuir para o controle de *P. xylostella* quando associados a outros métodos e estratégias do manejo integrado de pragas, reduzindo as sucessivas aplicações de inseticidas sintéticos, a resistência deste microlepidóptero e os possíveis impactos ambientais.

Referências Bibliográficas

ALI, F.; TARIQ, M.; SHAHEEN, F. A.; ZAINAB, T.; GULZAR, A. Toxicity of different plant extracts and green silver nanoparticles against *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellida). **Plant Protection**, v. 3, p. 151-159, 2019.

AMOABENG, B. W.; GURR, G. M.; GITAU, C. W.; NICOL, H. I.; MUNYAKAZI, L.; STEVENSON, P. C. Tri-Trophic insecticide effects of African plants against cabbage pests. **PLoS ONE**, v. 8, 2013.

AMTUL, J. S.; SHAKOORI, A. R. Potential of Azadirachtin and Neem (*Azadirachta indica*) Based Saponins as Biopesticides for in vitro Insect Pests Cellulase (Beta-1, 4-Endoglucanase) Enzyme Inhibition and in vivo Repellency on *Tribolium castaneum*. **British Biotechnology Journal**, v. 4, p. 904–917, 2014.

ARRUDA, L. S.; RODRIGUES, A. R.; BERMUDEZ, N. C.; RIBEIRO, L. M.; NETO, J. E. L.; SIQUEIRA, H. A. Field resistance of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) to lufenuron: Inheritance and lack of cross-resistance to methoxyfenozide. **Crop Protection**, v. 136, p. 105237, 2020.

BARROS, R.; THULER, R. T.; PEREIRA, F. F. Técnica de criação de *Plutella xylostella* (L. 1758) (Lepidoptera: Yponomeutidae). In **Técnicas de Criação de Pragas de Importância Agrícola, em Dietas Naturais**, 1st ed.; PRATISSOLI, D. E. D.; Edufes: Vitória, Brasil, p. 65–84, 2012.

CAI, H.; BAI, Y.; WEI, H.; LIN, S.; CHEN, Y.; TIAN, H.; GU, X.; MURUGAN, K. Effects of tea saponin on growth and development, nutritional indicators, and hormone titers in diamondback moths feeding on different host plant species. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 131, p. 53–59, 2016.

CAMAROTI, J. R. S. L.; ALMEIDA, W. A.; REGO BELMONTE, B.; OLIVEIRA, A. P. S.; LIMA, A. T.; FERREIRA, M. R. A.; PAIVA, P. M. G.; SOARES, L. A. L.; PONTUAL, E. V.; NAPOLEÃO, T. H. *Sitophilus zeamais* adults have survival and nutrition affected by *Schinus terebinthifolius* leaf extract and its lectin (SteLL). **Industrial Crops and Products**, v. 116, p. 81-89, 2018.

CARDOSO, C. A. L.; COELHO, R. G.; HONDA, N. K.; POTT, A.; PAVAN, F. R.; LEITE, C. Q. F. Phenolic compounds and antioxidant, antimicrobial and antimycobacterial activities of *Serjania erecta* Radlk (Sapindaceae). **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 49, p. 775-782, 2013.

CARVALHO, F. P. Pesticides, environment, and food safety. **Food and Energy Security**, v. 6, p. 48–60, 2017.

COSTA, E. L. N.; SILVA, R. F. S.; FIUZA, L. M. Efeitos, aplicações e limitações de extratos de plantas inseticidas. **Acta biologica leopoldensia**, v. 24, p. 173-185, 2004.

COUTO, I. F. S.; VERZA, S.; VALENTE, F. I.; SENNA, B.; SOUZA, S. A.; MAUAD, M.; MUSSURY, R. M. Botanical extracts of the brazilian savannah affect feeding and oviposition of *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae). **Journal of Agricultural Science**, v. 11, p. 322-333, 2019.

COUTO, I. F. S.; SOUZA, S. A.; VALENTE, F. I.; SILVA, R. M.; SCALON, S. D. P. Q.; PEREIRA, F. F.; SILVA, S. V.; CARVALHO, E. M.; MUSSURY, R. M. Changes in the biological characteristics of *Plutella xylostella* using ethanolic plant extracts. **Gesunde Pflanzen**, v. 72, p. 383-391, 2020.

DELETRE, E.; SCHATZ, B.; BOURGUET, D.; CHANDRE, F.; WILLIAMS, L.; RATNADASS, A.; MARTIN, T. Prospects for repellent in pest control: current developments and future challenges. **Chemoecology**, v. 26, p. 127-142, 2016.

DONG, X.; ZHAI, Y.; HU, M.; ZHONG, G.; HUANG, W.; ZHENG, Z.; HAN, P. Proteomic and properties analysis of botanical insecticide rhodojaponin III- Induced response of the Diamondback Moth, *Plutella xylostella* (L.). **PLoS ONE**, v. 8, e67723, 2013.

DUFFEY, S. S.; ISMAN, M. B. Inhibition of insect larval growth by phenolics in glandular trichomes of tomato leaves. **Experientia**, v. 37, p. 575–576, 1981.

EKABO, O. A.; FARNSWORTH, N. R.; HENDERSON, T. O.; MAO, G.; MUKHERJEE, R. Antifungal and molluscicidal saponins from *Serjania salzmanniana*. **Journal of Natural Products**, v. 59, p. 431-435, 1996.

FERNANDES, R. S.; COSTA, T. R.; MARCUSSI, S.; BERNARDES, C. P.; MENALDO, D. L.; RODRIGUÉZ-GONZALÉZ, I. I.; PEREIRA, P. S.; SOARES, A. M. Neutralization of pharmacological and toxic activities of *Bothrops jararacussu* snake venom and isolated myotoxins by *Serjania erecta* methanolic extract and its fractions. **Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases**, v. 17, p. 85-93, 2011.

FERREIRA, E. A.; SOUZA, S. A.; DOMINGUES, A.; SILVA, M. M. M.; PADIAL, I. M. P. M.; CARVALHO, E. M.; CARDOSO, C. A. L.; SILVA, S. V.; MUSSURY, R. M. Phytochemical screening and bioactivity of *Ludwigia* spp. in the control of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **Insects** v. 11, p. 596, 2020.

FURLONG, M. J.; WRIGHT, D. J.; DOSDALL, L. M. Diamondback moth ecology and management: Problems, progress, and prospects. **Annual Review of Entomology**, v. 58, p. 517–541, 2013.

GAO, Q.; SONG, L.; SUN, J.; CAO, H. Q.; WANG, L.; LIN, H.; TANG, F. Repellent action and contact toxicity mechanisms of the essential oil extracted from Chinese chive against *Plutella xylostella* larvae. **Archives of Insect Biochemistry & Physiology**, v. 100, e21509, 2019.

GOMIG, F.; PIETROVSKI, E. F.; GUEDES, A.; DALMARCO, E. M.; CALDERARI, M. T.; GUIMARÃES, C. L.; PINHEIRO, R. M.; CABRINI, D. A.; OTUKI, M. F. Topical anti-inflammatory activity of *Serjania erecta* Radlk (Sapindaceae) extracts. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 118, p. 220-224, 2008.

GRZYWACZ, D.; ROSSBACH, A.; RAUF, A.; RUSSELL, D. A.; SRINIVASAN, R.; SHELTON, A. M. Current control methods for diamondback moth and other brassica insect pests and the prospects for improved management with lepidopteran-resistant Bt vegetable brassicas in Asia and Africa. **Crop Protection**, v. 29, p. 68-79, 2010.

GEYTER, E.; SWEVERS, L.; CACCIA, S.; GEELLEN, D.; SMAGGHE, G. Saponins show high entomotoxicity by cell membrane permeation in Lepidoptera. **Pest Management Science**, v. 68, p. 1199-1205, 2012.

GUIMARÃES, C. C.; OLIVEIRA, D. D.; VALDEVITE, M.; SALTORATTO, A. L. F.; PEREIRA, S. I. V.; FRANÇA, S. C.; PEREIRA, A. M. S.; PEREIRA, P. S. The glycosylated flavonoids vitexin, isovitexin, and quercetrin isolated from *Serjania erecta* Radlk (Sapindaceae) leaves protect PC12 cells against amyloid- β 25-35 peptide-induced toxicity. **Food and Chemical Toxicology**, v. 86, p. 88-94, 2015.

HAMILTON, A. J.; ENDERSBY, N. M.; RIDLAND, P. M.; NEAL, M. Effects of cultivar on oviposition preference, larval feeding and development time of diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), on some Brassica oleracea vegetables in Victoria. **Australian Journal of Entomology**, v. 44, p. 284-287, 2005.

INOCENTE, E. A.; NGUYEN, B.; MANWILL, P. K.; BENATREHINA, A.; KWEKA, E.; WU, S.; CHENG, X.; RAKOTONDRAIBE, L. H.; PIERMARINI, P. M. Insecticidal and antifeedant activities of Malagasy medicinal plant (*Cinnamosma* sp.) extracts and drimane-type sesquiterpenes against *Aedes aegypti* mosquitoes. **Insects**, v. 10, p. 373, 2019.

JACOBSON, M. Botanical pesticides: Past, present and future. In **Insecticides of Plant Origin**, 1st ed. ARNASON, J.T.; PHILOGENE, B.J.R.; MORAND, P. Eds. America Chemical Society: Washington, DC, USA, 1989; pp. 1–10.

KRINSKI, D.; MASSAROLI, A.; MACHADO, M. Potencial inseticida de plantas da família Annonaceae. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, p. 225-242, 2014.

LEE, H. A.; LEE, H. Y.; SEO, E.; LEE, J.; KIM, S. B.; OH, S.; CHOI, E.; CHOI, E.; LEE, S. E.; CHOI, D. Current understandings on plant nonhost resistance. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, v. 30, p. 5–15, 2017.

LI, L. F.; ZENG, T.; WEI, D. W.; CHEN, H. S. Effect of different plant extracts on prevention of oviposition in *Plutella xylostella* (L.) adults. South. **Journal of Agricultural Economics**, v. 2, 2011.

LI, Z.; FENG, X.; LIU, S. S.; YOU, M.; FURLONG, M. J. Biology, ecology, and management of the diamondback moth in China. **Annual Review of Entomology**, v. 61, p. 277–296, 2016.

LIMA, M. R. F.; LUNA, J. S.; SANTOS, A. F.; ANDRADE, M. C. C.; SANT'ANA, A. E. G.; GENET, J. P.; MARQUEZ, B.; NEUVILLE, L.; MOREAU, N. Antibacterial activity of some Brazilian medicinal plants. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 105, p. 137-47, 2006.

LU, L.; SUN, C.; YANG, M.; QIN, X.; ZHANG, L.; GAO, X. Insecticidal activity of crude extract of saponins isolated from *Sapindus miukurossi* Gatren. **Plant Diseases and Pests**, v. 1, p. 55-62, 2010.

MACHEKANO, H.; MVUMI, B. M.; NYAMUKONDIWA, C. Diamondback Moth, *Plutella xylostella* (L.) in Southern Africa: research trends, challenges and insights on sustainable management options. **Sustainability**, v. 9, p. 91, 2017.

MASSAROLLI, A.; BERSANI B. C. G.; ROZA, F. H. D.; BUTNARIU, A. R.; PEREIRA, M. J. B.; FOERSTER, L. A. Evaluation of Leaf Consumption and Determination of Economic Injury Level Caused by *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) in *Brassica oleracea* var. *acephala* (Brassicaceae). **Journal of Economic Entomology**, v. 112, p. 1805-1811, 2019.

MARONEZE, D. M.; GALLEGOS, D. M. N. Efeito de extrato aquoso de *Melia azedarach* no desenvolvimento das fases imatura e reprodutiva de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, p. 537-550, 2009.

MELLO, M. O.; SILVA-FILHO, M. C. Plant-insect interactions: an evolutionary arms race between two distinct defense mechanisms. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 14, p. 71–81, 2002.

MORDUE, A. J.; BLACKWELL, A. Azadirachtin: An update. **Journal of Insect Physiology**, v. 39, p. 903–924, 1993.

MOREIRA, S. S.; TAMASHIRO, L. K.; JORGE, B. C.; BALIN, P. S.; HEREDIA-VIEIRA, S. C.; ALMEIDA, G. L.; CARDOSO, C. A. L.; KASSUYA, C. A. L.; ARENA, A. C. Toxicological safety evaluation in acute and 28-day studies of aqueous extract from *Serjania marginata* Casar (Sapindaceae) leaves in rats. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 231, p. 197-204, 2019.

PAN, L.; REN, L.; CHEN, F.; FENG, Y.; LUO, Y. Antifeedant Activity of *Ginkgo biloba* secondary metabolites against *Hyphantria cunea* Larvae: Mechanisms and applications. **PLoS ONE**, v. 11, 2016.

PERES, L. L. S.; SOBREIRO, A. I.; COUTO, I. F. S.; SILVA, R. M.; PEREIRA, F. F.; HEREDIA-VIEIRA, S. C.; CARDOSO, C. A. L.; MAUAD, M.; SCALON S. P. Q.; VERZA, S. S.; MUSSURY, R. M. Chemical compounds and bioactivity of aqueous extracts of *Alibertia* spp. in the control of *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae). **Insects**, v. 8, p. 125, 2017.

PÉRICO, L. L.; HEREDIA-VIEIRA, S. C.; BESERRA, F. P.; SANTOS, R. C.; WEISS, M. B.; RESENDE, F. A.; RAMOS, M. A. S.; BONIFÁCIO, B. V.; BAUAB, T. M.; VARANDA, E. A.; GOBBI, J. I. F.; ROCHA, L. R. M.; VILEGAS, W.; HIRUMA-LIMA, C. A. Does the gastroprotective action of a medicinal plant ensure healing effects? An integrative study of the biological effects of *Serjania marginata* Casar. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 172, p. 312-324, 2015.

SALINAS-SÁNCHEZ, D. O.; JIMÉNEZ-FERRER, E.; SÁNCHEZ-SÁNCHEZ, V.; ZAMILPA, A.; GONZÁLEZ-CORTAZAR, M.; TORTORIELLO, J.; HERRERA-RUIZ, M. Anti-inflammatory activity of a polymeric proanthocyanidin from *Serjania schiedeana*. **Molecules**, v. 22, p. 863, 2017.

SALINAS-SÁNCHEZ, D. O.; AVILÉS-MONTES, D.; ALDANA-LLANOS, L.; GUTIÉRREZ-OCHOA, M.; FIGUEROA-BRITO, R.; SOTELO-LEYVA, C. Efecto insecticida de *Serjania schiedeana* para el control de *Spodoptera frugiperda* bajo

condiciones de laboratorio e invernadero. **Southwestern Entomologist**, v. 45, p. 521-530, 2020.

SAPINDAL, E.; ONG, K. H.; KING, P. J. H. Efficacy of *Azadirachta excelsa* vinegar against *Plutella xylostella*. **International Journal of Pest Management**, v. 64, p. 39–44, 2017.

SCHMUTTERER, H. Potential of azadirachtin-containing pesticides for integrated pest control in developing and industrialized countries. **Journal of Insect Physiology**, v. 34, p. 713–719, 1988.

SEFFRIN, R. C. A. S.; COSTA, E. C.; LONGHI, S. J.; LOPES, S. J.; SANTOS, V. J. Comportamento alimentar de adultos de *Diabrotica speciosa* na presença de extratos aquosos de Meliaceae. **Ciência Rural**, v. 38, p. 2115-2118, 2008.

SIMPSON, S. J.; SIMPSON, C. L. The Mechanisms of Nutritional Compensation by Phytophagous Insects. In **Insect Plant Interactions**, 1st ed. Bernays, E.A. Eds. Boca Raton, p. 111-160, 1990.

TABASHNIK, B. E.; Plant secondary compounds as oviposition deterrents for cabbage butterfly, *Pieris rapae* (Lepidoptera: Pieridae). **Journal of Chemical Ecology**, v. 13, p. 309–316, 1987.

TAGLIARI, M. S.; KNAACK, N.; FIUZA, L. M. Plantas inseticidas: interações e compostos. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 10, p. 101-111, 2004.

TALEKAR, N. S.; SHELTON, A. M. Biology, ecology, and management of the diamondback moth. **Annual Review of Entomology**, v. 38, p. 275–301, 1993.

TORRES, A. L.; BARROS, R.; OLIVEIRA, J. V. D. Effects of plant aqueous extracts on the development of *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) **Neotropical Entomology**, v. 30, p. 151-156, 2001.

TORRES, A. L.; BOIÇA JUNIOR, A. L.; MEDEIROS, C. A. M.; BARROS, R. Efeito de extratos aquosos de *Azadirachta indica*, *Melia azedarach* e *Aspidosperma pruriifolium* no desenvolvimento e oviposição de *Plutella xylostella*. **Bragantia**, v. 65, p. 447-457, 2006.

YU, L.; TANG, W.; HE, W.; MA, X.; VASSEUR, L.; BAXTER, S. W.; YANG, G.; HUANG, S.; SONG, F.; YOU, M. Characterization and expression of the cytochrome P450 gene family in diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.). **Scientific Reports**, v. 5, p. 1-10, 2015.

WAR, A. R.; PAULRAJ, M. G.; AHMAD, T.; BUHROO, A. A.; HUSSAIN, B.; IGNACIMUTHU, S.; SHARMA, H. C. Mechanisms of plant defense against insect herbivores. **Plant Signaling & Behavior**, v. 7, p. 1306–1320, 2012.

ZALUCKI, M. P.; SHABBIR, A.; SILVA, R.; ADAMSON, D.; SHU-SHENG, L.; FURLONG, M. J. Estimating the economic cost of one of the worlds major insect pests, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae): just how long is a piece of string? **Journal of Economic Entomology**, v. 105, p. 1115–1129, 2012.

CAPÍTULO II

Artigo publicado na revista Research, Society And Development.

Efeito de extratos vegetais de *Serjania* sp. sobre a oviposição de *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae)

Effect of plant extracts of *Serjania* sp. on the oviposition of *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae)

Efecto de extractos vegetales de *Serjania* sp. sobre la oviposición de *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae)

Eduardo Carvalho Faca

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2718-1871>

Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Brasil

eduardofaca@gmail.com

Eliana Aparecida Ferreira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4254-7050>

Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Brasil

E-mail: lih.ferreira.ivi@gmail.com

Rosicleia Matias da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8988-1948>

Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Brasil

E-mail: rosi-matias09@hotmail.com

Rosilda Mara Mussury

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8961-9146>,

Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Brasil

mussuryufgd@gmail.com

Resumo

A bioprospecção de espécies vegetais para o desenvolvimento de bioinsetidas pode contribuir para o controle de populações de *Plutella xylostella* na cultura das brássicas. O objetivo desta pesquisa foi estudar o efeito dos extratos aquosos de *Serjania erecta* e *Serjania marginata*, nas concentrações 5 e 10%, sobre a oviposição de *P. xylostella*. Para isso, foram realizados dois testes: o primeiro consistiu em um teste sem chance de escolha, onde foi colocado em cada gaiola um disco de couve tratado para um casal de adultos de *P. xylostella*; o segundo consistiu em um teste com chance de escolha, onde foram colocados em cada gaiola quatro discos tratados (dois discos tratados com extrato vegetal e dois discos tratados com água destilada) para cada casal de adultos de *P. xylostella*. O Delineamento utilizado foi

inteiramente casualizado com 15 repetições por tratamento. Foram contabilizados, diariamente, o número de ovos (fecundidade) e o número de larvas recém-emergidas (fertilidade dos ovos), durante os 10 dias e calculado a viabilidade dos ovos (%) e o Índice de Dissuasão de oviposição (IDO). Os resultados indicaram o efeito dissuasor das duas espécies vegetais, com redução da fecundidade, da fertilidade e viabilidade de ovos nos tratamentos com os extratos aquosos de *S. erecta* e *S. marginata*, nas concentrações 5% e 10%, sendo que a concentração 10% apresentou melhores resultados para o teste sem chance de escolha. Portanto, as duas espécies vegetais apresentaram ação inseticida, atuando na redução da fecundidade, na fertilidade na viabilidade de ovos e na dissuasão de oviposição deste microlepidóptero, contribuindo para o seu controle em cultivos de hortaliças.

Palavras-chave: Bioinseticidas; Extratos botânicos; Traça-das-crucíferas; Sapindaceae; Dissuasão

Abstract

The bioprospecting of plant species for the development of bioinsecticides can contribute to the control of *Plutella xylostella* populations in the brassica culture. The objective of this research was to study the effect of the aqueous extracts of *Serjania erecta* and *Serjania marginata*, at concentrations 5 and 10%, on the oviposition of *P. xylostella*. For this, two tests were performed: the first consisted of a no-choice test, where a treated cabbage disc was placed in each cage for a couple of *P. xylostella* adults; the second consisted of a free-choice test, where four treated discs (two discs treated with plant extract and two discs treated with distilled water) were placed in each cage for each couple of adults of *P. xylostella*. The design used was completely randomized with 15 repetitions per treatment. The number of eggs (fecundity) and the number of newly emerged larvae (egg fertility) were counted daily during 10 days and egg viability (%) and the Oviposition Deterrence Index (ODI) were calculated. The results indicated the deterrent effect of the two plant species, with reduced fecundity, fertility and egg viability in treatments with aqueous extracts of *S. erecta* and *S. marginata*, at concentrations of 5% and 10%, with the 10% concentration showing better results for the no-choice test. Therefore, the two plant species showed insecticidal action, acting in the reduction of fecundity, fertility and viability of eggs and in the deterrence of oviposition of this microlepidopteran, contributing to its control in vegetable crops.

Keywords: Biopesticides; botanical extracts; diamondback moth; Sapindaceae; Dissuasion

Resumen

La bioprospección de especies vegetales para el desarrollo de bioinsecticidas puede contribuir al control de las poblaciones de *Plutella xylostella* en el cultivo de brassica. El objetivo de esta investigación fue estudiar el efecto de los extractos acuosos de *Serjania erecta* y *Serjania marginata*, a concentraciones de 5 y 10%, sobre la oviposición de *P. xylostella*. Para ello se realizaron dos pruebas: la primera consistió en una prueba de no elección, en la que se colocó en cada jaula un disco de col rizada tratado para un par de adultos de *P. xylostella*; el segundo consistió en una prueba de libre elección, donde se colocaron cuatro discos tratados (dos discos tratados con extracto vegetal y dos discos tratados con agua destilada) en cada jaula para cada pareja de adultos de *P. xylostella*. El diseño utilizado fue completamente aleatorio con 15 repeticiones por tratamiento. El número de huevos (fecundidad) y el número de larvas recién emergidas

(fertilidad de los huevos) se contaron diariamente durante los 10 días y se calcularon la viabilidad de los huevos (%) y el índice de disuasión de la oviposición (IDO). Los resultados indicaron el efecto disuasorio de las dos especies vegetales, con una reducción de la fecundidad, fertilidad y viabilidad del huevo en tratamientos con extractos acuosos de *S. erecta* y *S. marginata*, en concentraciones de 5% y 10%, siendo que la concentración de 10% presentó mejores resultados para la prueba sin posibilidad de elección. Por tanto, las dos especies vegetales presentaron acción insecticida, actuando en la reducción de la fecundidad, fertilidad, viabilidad del huevo y disuadiendo la oviposición de este microlepidóptero, contribuyendo para su control en los cultivos de hortalizas.

Palabras clave: Bioplaguicidas; extractos botánicos; Polilla crucífera; Sapindaceae; Disuasión

1. Introdução

A traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae), é uma das principais pragas que se alimenta de brássicas e que causa importantes danos econômicos nesta cultura (Zalucki et al., 2012; Massarolli et al., 2019). Devido a sua alta capacidade reprodutiva e ao seu curto ciclo de vida, esse microlepidóptero pode permanecer na cultura das brássicas por várias gerações, causando grandes prejuízos econômicos (Ulmer et al., 2002; Marchioro e Foerster, 2011) e exigindo grandes investimentos em inseticidas sintéticos, sendo que o custo anual mundial relacionado ao seu controle pode chegar a US \$ 5 bilhões (Zalucki et al., 2012).

A utilização de inseticidas sintéticos no manejo de *P. xylostella* é o método mais utilizado, pois garante rápido controle das populações na cultura (Agboyi et al., 2016), porém, a utilização incorreta deste recurso tornou este inseto resistente a mais de 101 princípios ativos de agrotóxicos registrados mundialmente (APRD, 2021). Entretanto, estes produtos, na maioria das vezes, não são seletivos e podem comprometer a entomofauna não alvo e benéfica, além de gerar resíduos no ambiente e propiciar o desenvolvimento de resistência do inseto alvo (Furlong et al., 2004; Li et al., 2012; Zhang, et al., 2016). Diante das desvantagens e do alto custo da utilização de inseticidas sintéticos, a utilização alternativa ou complementar de inseticidas botânicos é uma saída viável quando associada a outras estratégias do Manejo Integrado de Pragas (MIP) (Loiseleur, 2017). Os inseticidas botânicos apresentam vantagens e praticidades, como a utilização de plantas nativas, baixo impacto ambiental, além do baixo custo, sendo assim, vantajoso principalmente para os pequenos produtores (Amoabeng et al., 2013; Pavela, 2016). A prospecção de espécies botânicas para o desenvolvimento de estudos que promovam a investigação de bioatividade vegetal com ênfase na ação inseticida tem aumentado ao longo dos anos (Isman, 2013; Peres et al., 2017; Fonseca et al., 2018; Couto et al., 2019, 2020; Souza et al., 2019; Ferreira et al., 2020). Alguns trabalhos demonstram que os inseticidas botânicos podem inibir e reduzir a alimentação e reprodução de insetos (Couto et al., 2019), reduzir a fecundidade (Couto et al., 2020), interferir na síntese de ecdisona e causar esterilidade (Schmutterer et al., 1988; Mordue e Blackwell 1993), além de provocar deformações em pupas e adultos e ocasionar mortalidade de indivíduos imaturos e adultos (Peres et al., 2017).

A ação inseticida é gerada a partir de substâncias bioativas oriundas do metabólito secundários de determinadas espécies vegetais, sendo um mecanismo de defesa contra o ataque de agentes agressores

(Tagliari et al., 2001). Estas substâncias bioativas podem agir como inseticidas e são compartilhadas por diversas famílias botânicas como Annonaceae, Solanaceae, meliaceae e sapindaceae, sendo relatadas em vários estudos (Castilho- Sánchez et al., 2010; Krinski et al., 2014; Couto et al., 2020).

Dentre as famílias vegetais, a Sapindaceae é investigada em alguns estudos apresentando espécies com potencial ação inseticida (Couto et al., 2019; 2020; Ramírez-Zamora et al., 2020). Os compostos mais abundantes encontrados nessa família são os compostos fenólicos, flavonoides, esteroides, taninos, saponinas e antraquinonas, que podem apresentar ação inseticida para determinados insetos (Quintanilla et al., 2014; Guimarães et al., 2015; Moreira et al., 2019 Salinas-Sánchez et al., 2020). Diante da necessidade de minimizar as aplicações de inseticidas sintéticos e seus impactos ao meio ambiente, bem como estimular o desenvolvimento de novos bioinseticidas para controlar as populações de *P. xylostella* no campo e atender tanto o mercado mundial como o local, avaliamos o potencial efeito de extratos aquosos de *Serjania erecta* e *S. marginata* nas concentrações 5% e 10% sobre a reprodução e oviposição de *P. xylostella*.

2. Materiais e Métodos

Os extratos e os bioensaios foram conduzidos e preparados no Laboratório de Interação Inseto-Planta (LIIP) da Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais na Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil.

2.1. Criação de *P. xylostella*

A criação foi estabelecida e multiplicada sob condições controladas de temperatura (25 ± 2 °C), umidade relativa ($55 \pm 5\%$) e fotoperíodo (12 horas), a partir de pupas e larvas coletadas em áreas de cultivo de couve orgânica no município de Dourados - MS.

As pupas foram colocadas em gaiolas transparentes de plástico (9 cm de comprimento x 19 cm de largura x 19 cm de altura) até a emergência dos adultos, que foram alimentados com mel a 10%. Foram oferecidos discos de couve (8 cm de diâmetro) sobre papel filtro para a oviposição das fêmeas. Os discos contendo as posturas foram substituídos diariamente e transferidos para potes de plástico (30 cm de comprimento x 15 cm de largura x 12 cm de altura), devidamente esterilizados. Após a emergência das larvas, estas foram alimentadas com folhas de couve orgânica (*Brassica oleracea* var. *acephala*), higienizadas e lavadas com solução de hipoclorito de sódio a 5% e água corrente. As folhas de couve foram dispostas com face adaxial voltada para o recipiente de plástico e a face abaxial livre, onde foram colocadas as larvas. Em seguida foi introduzida outra folha com a face abaxial voltada para as larvas. As folhas de couve foram substituídas diariamente, mantendo sempre as folhas superiores e as larvas permaneceram nos potes até atingirem a fase pupal (Barros et al., 2012) (Figura 1).

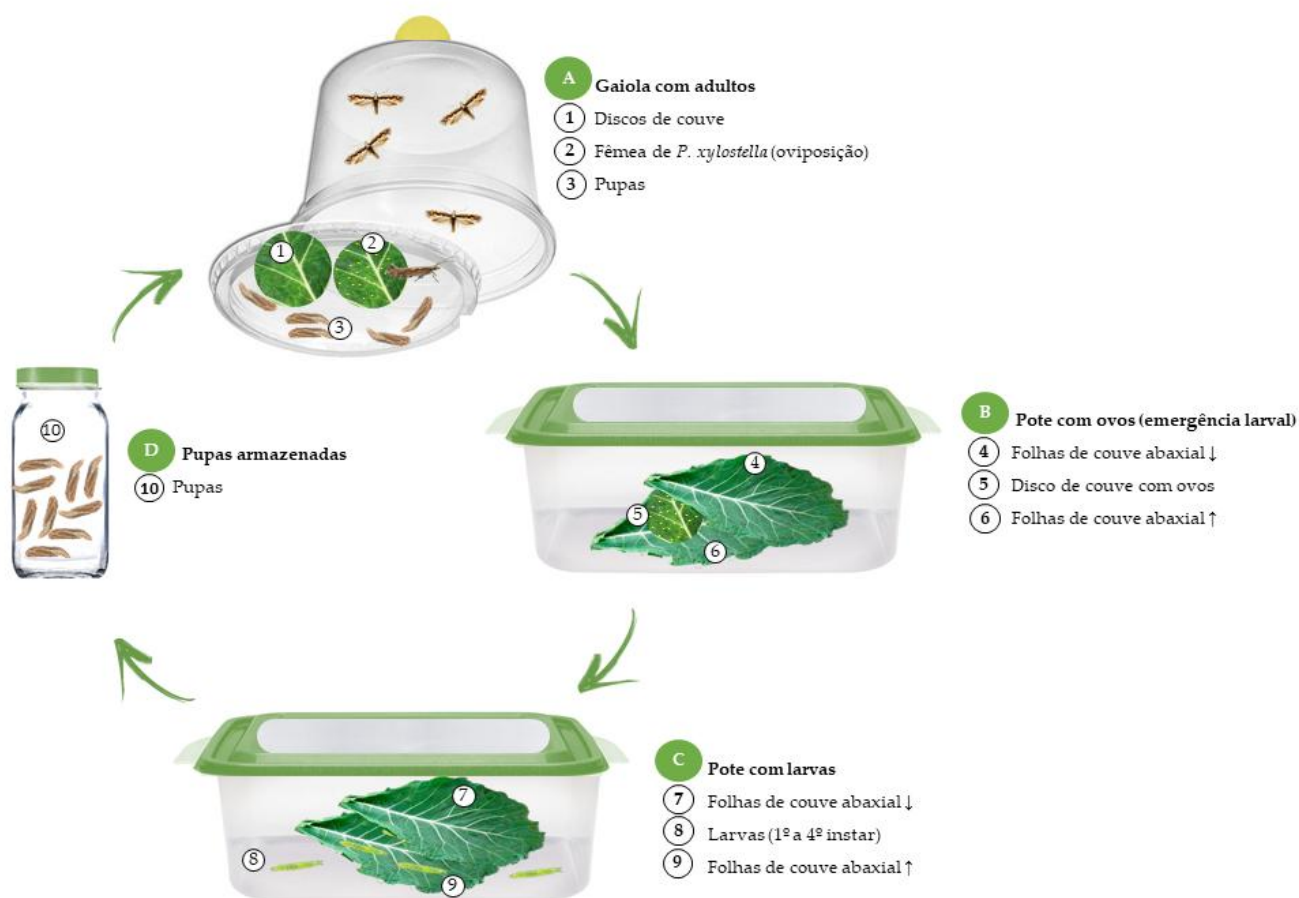


Figura 1. Esquema representativo da metodologia de criação e multiplicação de *P. xylostella* em condições controladas de temperatura (25 ± 2 °C), umidade relativa ($55 \pm 5\%$) e fotoperíodo (12 horas).

2.2. Material botânico

Folhas expandidas de *S. erecta* e *S. marginata* foram coletadas no mês de agosto, no período vespertino, no Horto de Plantas Medicinais (HPM) da Universidade Federal da Grande Dourados, em Dourados, MS ($22^{\circ}11'43.7''$ S e $54^{\circ}56'08.5''$ W).

As espécies foram identificadas a partir das exsicatas presentes no herbário da Universidade Federal da Grande Dourados-UFGD, com os respectivos números de registro: 5395 – *S. erecta* e 6267 – *S. marginata*.

2.3. Preparo dos extratos aquosos

As folhas coletadas foram colocadas em câmara de circulação forçada de ar com temperatura constante de 40 °C (± 1 °C), durante 3 dias. Em seguida, as folhas foram trituradas em moinho industrial de facas até a obtenção de um pó fino.

A técnica de maceração foi utilizada para a preparação do extrato aquoso, onde misturou-se 5 g e 2,5 g do material vegetal com 50 mL de água destilada para obtenção das concentrações de 10% e 5%,

respectivamente. Depois da agitação manual, este material permaneceu em repouso por 24 horas sob refrigeração para a extração dos compostos hidrossolúveis. Após este período foi realizada a coagem, com o auxílio de tecido voil, para a obtenção dos extratos nas concentrações (peso/volume) de 10% e 5%.

2.4. Bioensaios de oviposição com extratos aquosos em *P. xylostella*

Para os testes de oviposição sem chance e com chance de escolha foram selecionados casais de adultos de *P. xylostella* com até 12 horas de idade, procedentes da criação do laboratório. Discos foliares de couve foram imersos nos tratamentos (2 espécies vegetais, 2 concentrações e 1 controle) e após secarem naturalmente foram colocados em gaiolas plásticas. Os casais de *P. xylostella* foram mantidos por dez dias nas gaiolas e alimentados com solução de mel a 10%. Os discos foram substituídos diariamente, e com auxílio do microscópio estereoscópico foram avaliados os ovos. Os bioensaios foram conduzidos e executados em condições controladas em laboratório (25 ± 1 °C, $55 \pm 5\%$ de UR e fotoperíodo de 12 horas) (Figura 2).

2.4.1 Bioensaio de oviposição sem chance de escolha

Para o bioensaio de oviposição sem chance de escolha foi disponibilizado, em cada gaiola, um único tratamento, ou seja, um disco foliar de couve devidamente tratado com água destilada, e os respectivos extratos aquosos (*S. erecta* 5%, *S. erecta* 10%, *S. marginata* 5% ou *S. marginata* 10%) com um casal de *P. xylostella* em cada gaiola. Neste bioensaio foram utilizados 15 casais de *P. xylostella*, totalizando 15 gaiolas para cada tratamento. Foram avaliados a fecundidade (número total de ovos), a fertilidade dos ovos (número total de larvas), a viabilidade dos ovos (%) (porcentagem de ovos viáveis) e o Índice de Dissuasão de Oviposição (IDO) (Figura 2).

O cálculo do índice de dissuasão foi determinado pelo número de ovos do tratamento controle e pelo número de ovos do tratamento com extrato, com base na fórmula: $IDO = (C-T)/(C+T) \times 100$, em que, C é igual ao controle, e T é igual ao tratamento, classificado como dissuasor, se o índice for maior que zero; neutro se o índice for igual a zero; e estimulante, se o índice for menor que zero (Huang e Renwick, 1993; Lundgren, 1975).

O experimento de oviposição sem chance de escolha foi realizado em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial duplo (3x2), sendo duas espécies de plantas, um controle e duas concentrações de extrato vegetal (5% e 10%). Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) (Figura 1).

2.4.2. Bioensaio de oviposição com chance de escolha

Para o bioensaio de oviposição com chance de escolha foram dispostos na mesma placa, quatro discos de couve (2 discos tratados com extrato vegetal das espécies estudadas e concentrações testadas e 2 tratados com água destilada), de forma equidistante, e, em cada gaiola, um casal de adultos de *P. xylostella*. Neste bioensaio foram utilizados 15 casais de *P. xylostella*, totalizando 15 gaiolas para cada tratamento. Foram avaliados a fecundidade, a fertilidade e a viabilidade de ovos, além do Índice de Dissuasão de Oviposição (IDO) (Figura 2).

Foi realizado em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) e as médias da fecundidade, fertilidade e viabilidade de ovos foram comparadas pelo teste de t de Student ($p < 0,05$).

O cálculo do índice de dissuasão foi determinado pelo número de ovos do tratamento controle e pelo número de ovos do tratamento com extrato, com base na formula: $IDO = (C-T)/(C+T) \times 100$, utilizada acima e os valores obtidos para cada tratamento foram analisados em esquema fatorial (2×2) plantas e concentrações e as médias comparadas pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

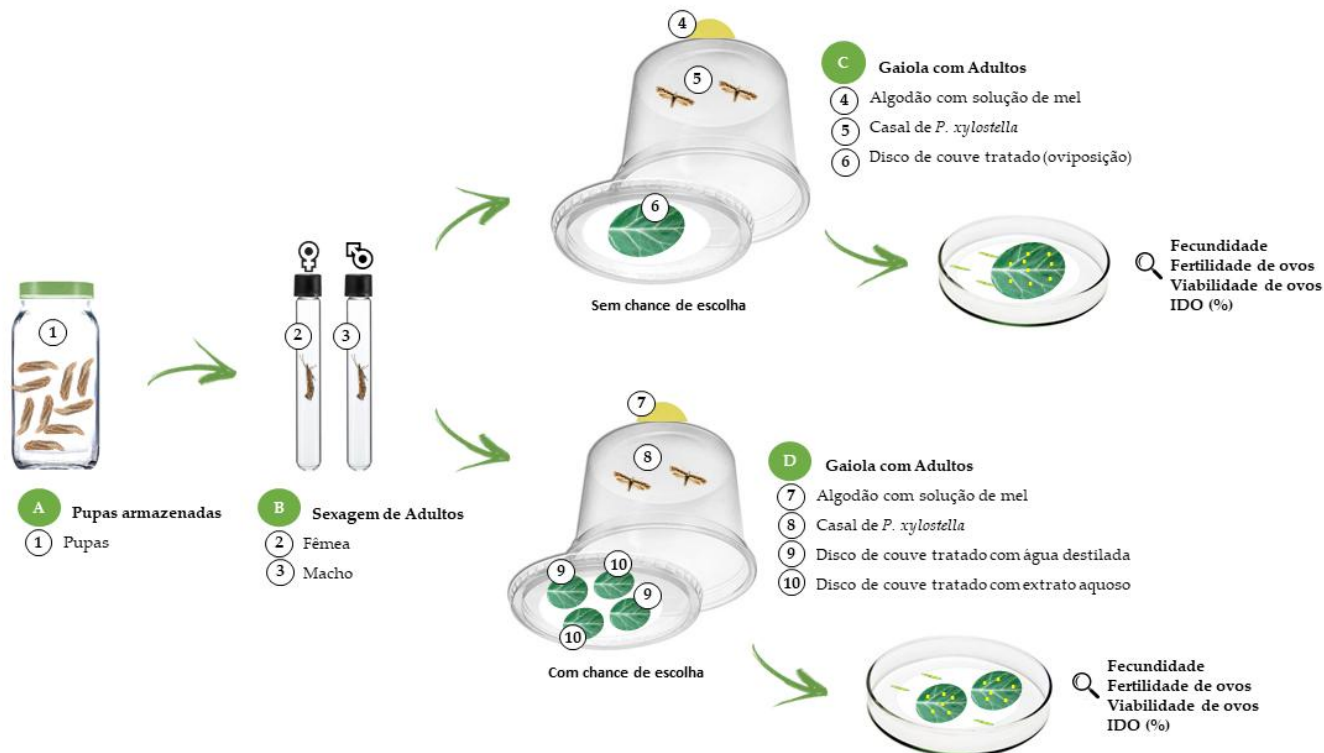


Figura 2. Esquema representativo dos bioensaios sem chance e com chance de escolha para oviposição de *P. xylostella* em discos de couve tratados. Bioensaios desenvolvidos em condições controladas de temperatura (25 ± 2 °C), umidade relativa ($55 \pm 5\%$) e fotoperíodo (12 horas).

2.5. Análise de dados

A normalidade dos dados foi testada por Shapiro-Wilk e homogeneidade pelo teste de Bartlett, e quando necessário, foram transformados para $\sqrt{x} + 0,5$ e arcoseno da $\sqrt{x}/100$. A análise estatística foi realizada utilizando o software R.

3. Resultados

3.1. Teste de oviposição de *P. xylostella* sem chance de escolha

Houve interação significativa entre os fatores (planta e concentração) apenas para o índice de dissuasão de oviposição ($F = 4,938$; $GL = 1$; $p = 0,02852$).

Houve significância para o fator isolado planta para a fecundidade ($F = 18,8797$; $GL = 2$; $p = 0,0001$), fertilidade dos ovos ($F = 15,8683$; $GL = 2$; $p = 0,0001$) e viabilidade dos ovos ($F = 27,8632$; $GL = 2$; $p < 0,0001$) (Tabela 1).

Houve significância para o fator isolado concentração para a fecundidade ($F = 4,6962$; $GL = 1$; $p = 0,0330$), fertilidade dos ovos ($F = 5,0925$; $GL = 1$; $p = 0,0026$) e viabilidade dos ovos ($F = 6,8737$; $GL = 1$; $p = 0,0103$) (Tabela 1).

O índice de dissuasão foi superior a 35% em todos os tratamentos avaliados. Ao avaliarmos o índice dentro de cada espécie vegetal comparando concentrações, notamos que o extrato da espécie *S. erecta* apresentou maior efeito dissuasor na concentração 10% ($71,44 \pm 7,05$) em relação a concentração 5% ($35,61 \pm 11,13$) para a mesma planta, que por sua vez, foi significativamente inferior ao índice de dissuasão de *S. marginata* na concentração 5% ($68,70 \pm 4,22$) (Tabela 2).

Para o fator isolado planta notamos que todos os parâmetros avaliados foram significativamente reduzidos nos tratamentos utilizando os extratos aquosos das duas espécies vegetais e que a concentração 10%, no fator isolado concentração, obteve maior êxito na redução destas características (Tabela 1).

Tabela 1. Médias de fecundidade, fertilidade dos ovos e viabilidade dos ovos para os fatores isolados planta (*S. erecta* e *S. marginata*) e concentração (5% e 10%) no teste de oviposição sem chance de escolha ($25 \pm 2^\circ\text{C}$; 55 ± 5 UR; 12h fotofase).

Fator Planta			
	Fecundidade	Fertilidade dos ovos	Viabilidade dos ovos (%)
Controle	$162,40 \pm 10,45$ a	$106,33 \pm 8,29$ a	$54,08 \pm 2,61$ a
<i>S. erecta</i>	$69,93 \pm 12,69$ b	$43,20 \pm 9,10$ b	$21,85 \pm 3,96$ b
<i>S. marginata</i>	$72,60 \pm 14,03$ b	$44,26 \pm 10,53$ b	$19,68 \pm 4,62$ b
Fator Concentração			
5%	$116,80 \pm 11,75$ a	$76,42 \pm 9,04$ a	$37,39 \pm 3,90$ a
10%	$86,48 \pm 11,86$ b	$52,77 \pm 8,17$ b	$26,34 \pm 3,72$ b

Médias ($\pm$ erro padrão) seguidas por letras distintas minúsculas nas colunas diferem entre si ao nível de significância a 5% de probabilidade quando comparadas pelo teste de Tukey

Tabela 2. Índice de Dissuasão de oviposição obtido em teste sem chance de escolha os tratamentos com extratos vegetais das espécies de *S. erecta* e *S. marginata* nas concentrações 5% e 10% ($25 \pm 2^\circ\text{C}$; 55 ± 5 UR; 12h fotofase).

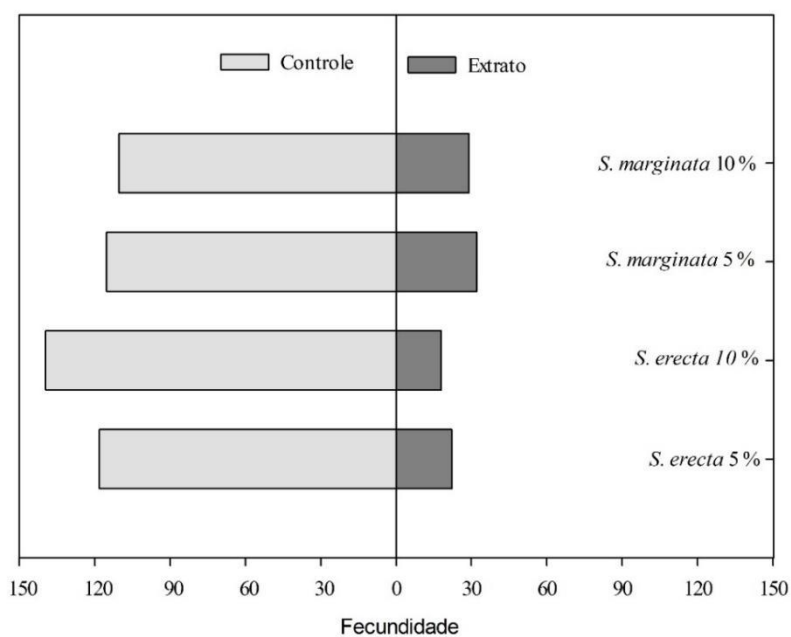
Planta	Índice de Dissuasão de oviposição (%)		
	Concentrações		Classificação (IDO)
	5%	10%	
<i>S. erecta</i>	$35,61 \pm 11,13$ aA	$71,44 \pm 7,05$ aB	Dissuasor
<i>S. marginata</i>	$68,70 \pm 4,22$ bA	$69,75 \pm 7,31$ aA	Dissuasor
CV (%)	49,37		

Médias ($\pm$ erro padrão) seguidas por letras minúsculas nas colunas comparam plantas dentro da mesma concentração. Médias ($\pm$ erro padrão) seguidas por letras maiúsculas nas linhas comparam concentrações dentro da mesma planta. Letras distintas diferem entre si ao nível de significância a 5% de probabilidade quando comparadas pelo teste de Tukey. CV = Coeficiente de variação.

3.2. Teste de oviposição de *P. xylostella* com chance de escolha

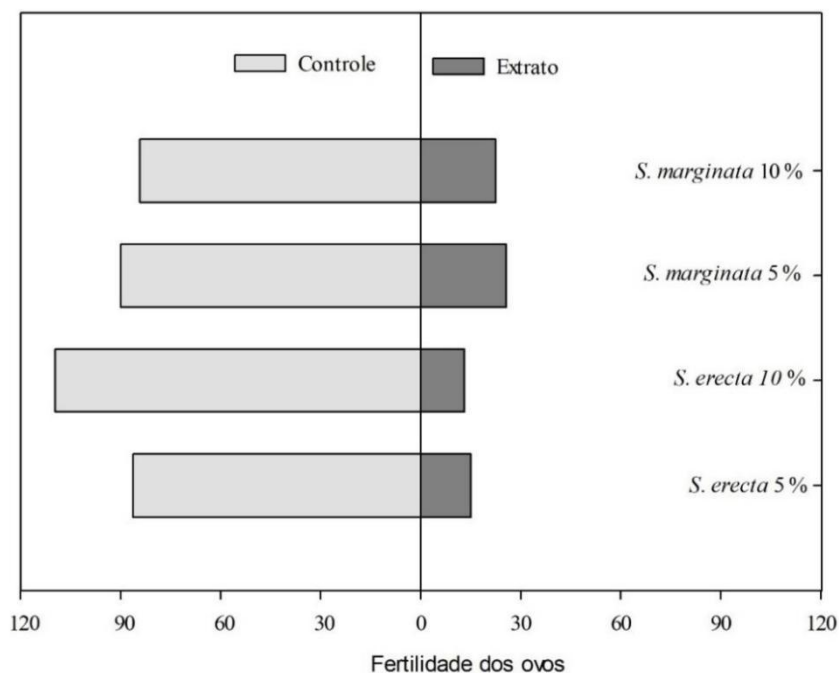
A fecundidade foi reduzida em todos os tratamentos com extratos aquosos de *S. erecta* 5% ($t = 4,609$; GL = 1; $p = 0,0002$) e 10% ($t = 6,4516$; GL = 1; $p = 0,000001078$) e *S. marginata* 5% ($t = 5,17896$ GL = 1; $p = 0,0001$) e 10% ($t = 3,7319$; GL = 1; $p = 0,0016$) (Tabela 3; Figura 3). De modo similar, a fertilidade dos ovos também foi significativamente menor nas placas contendo discos tratados com extratos aquosos de *S. erecta* 5% ($t = 3,5537$; GL = 1; $p = 0,0026$) e 10% ($t = 5,5511$; GL = 1; $p = 0,0001$) e *S. marginata* 5% ($t = 4,5684$; GL = 1; $p = 0,0002$) e 10% ($t = 3,4793$; GL = 1; $p = 0,0027$) (Tabela 3; Figura 4).

Figura 3. Média da fecundidade (número de ovos) ($p < 0,05$) de *P. xylostella* nos discos de couve foliares tratados com água destilada (controle) e extratos aquosos de *Serjania* spp. nas concentrações 5% e 10% no teste de oviposição com chance de escolha. Médias comparadas pelo teste de t Student a 5% de probabilidade.



Fonte: Autores (2021)

Figura 4. Média da fertilidade dos ovos (número de larvas recém-emergidas) de *P. xylostella* ($P < 0,05$) ovipositados nos discos de couve foliares tratados com água destilada (controle) e extratos aquosos de *Serjania* spp. nas concentrações 5% e 10% no teste de oviposição com chance de escolha. Médias comparadas pelo teste t de Student a 5% de probabilidade.



Fonte: Autores (2021)

A viabilidade de ovos foi significativamente reduzida nos tratamentos com extratos aquosos da espécie *S. erecta* 5% ($t = 2,6061$; $GL = 1$; $p = 0,0158$) e 10% ($t = 4,1557$; $GL = 1$; $p = 0,0005685$) entretanto, para a espécie *S. marginata*, apenas o tratamento contendo a concentração 10% ($t = 2,446$; $GL = 1$; $p = 0,0214$) diminuiu a viabilidade dos ovos (Tabela 3).

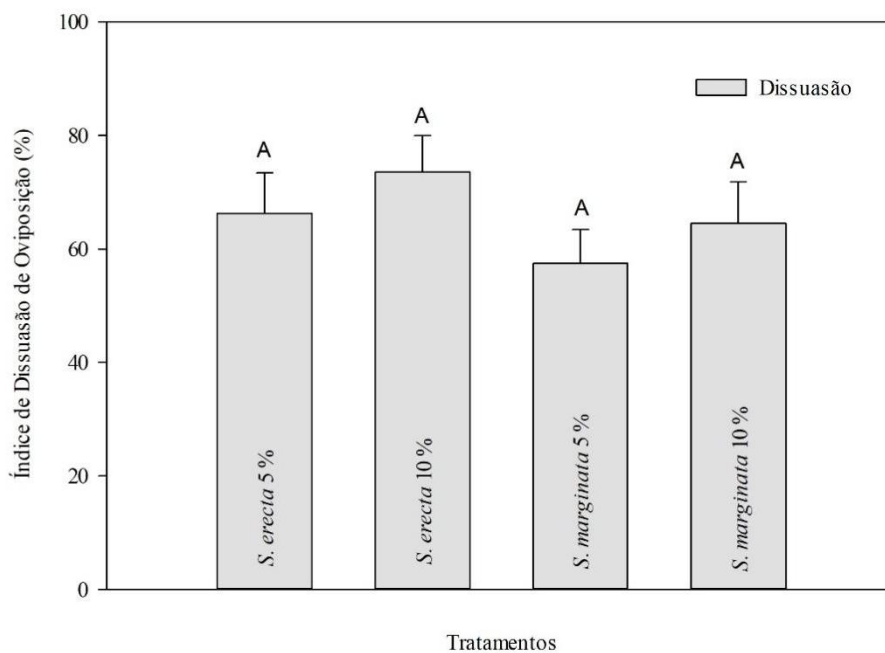
O índice de dissuasão apresentou resultados superiores a 55% em todos os tratamentos, evidenciando o efeito dissuasor das espécies vegetais, independente da concentração utilizada para o teste com chance de escolha (Figura 5).

Tabela 3. Médias do controle e do extrato aquoso vegetal em cada tratamento para a fecundidade, fertilidade dos ovos e viabilidade de ovos no teste de oviposição com chance de escolha ($25 \pm 2^\circ\text{C}$; 55 ± 5 UR; 12h fotofase).

Tratamentos	Fecundidade		Fertilidade dos ovos		Viabilidade dos ovos (%)	
	Controle	Extrato	Controle	Extrato	Controle	Extrato
<i>S. erecta</i> 5%	118,06 $\pm$ 19,83 A	22,20 $\pm$ 6,27 B	86,33 $\pm$ 19,52 A	15,13 $\pm$ 4,98 B	42,80 $\pm$ 8,02 A	18,44 $\pm$ 4,79 B
<i>S. erecta</i> 10%	139,40 $\pm$ 18,49 A	17,86 $\pm$ 3,56 B	109,66 $\pm$ 17,15 A	13,06 $\pm$ 2,93 B	52,08 $\pm$ 7,72 A	17,45 $\pm$ 3,11 B
<i>S. marginata</i> 5%	115,26 $\pm$ 15,08 A	32,13 $\pm$ 5,68 B	90,00 $\pm$ 13,12 A	25,60 $\pm$ 5,14 B	44,56 $\pm$ 5,86 A	30,69 $\pm$ 5,95 A
<i>S. marginata</i> 10%	110,33 $\pm$ 20,57 A	28,93 $\pm$ 7,24 B	84,26 $\pm$ 16,77 A	22,46 $\pm$ 5,84 B	42,07 $\pm$ 6,81 A	21,07 $\pm$ 5,21 B

Médias ($\pm$ erro padrão) seguidas por letras maiúsculas distintas nas linhas diferem entre si ao nível de significância a 5% de probabilidade quando comparadas pelo teste t de Student.

Figura 5. Comparação dos índices de dissuasão de oviposição de *P. xylostella* para os tratamentos com extratos aquosos de *Serjania* spp. nas concentrações 5% e 10% no teste de oviposição com a chance de escolha ($P < 0,05$). Médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



Fonte: Autores (2021)

4. Discussão

O efeito de antixenose causado pelas espécies *S. erecta* e *S. marginata* foi observado em todos os tratamentos, independentemente do método (sem chance e com chance) utilizado, sendo decorrente da presença de compostos bioativos oriundos dos metabólitos secundários destas espécies vegetais (Guimarães et al., 2015; Moreira et al., 2019).

Em todos os tratamentos notamos a redução da fecundidade que pode ser justificada pela mudança comportamental das fêmeas de *P. xylostella*, quando em contato com os tratamentos contendo extratos de *Serjania* sp., pois geralmente, o processo de oviposição é estimulado pelos compostos glucosinolatos que são percebidos pelos quimiorreceptores de contato da mariposa, entretanto, os compostos inibidores oriundos dos extratos, podem sobrepor os glucosinolatos, interferindo no processo quimiorreceptivo da *P. xylostella* e diminuindo a oviposição (Fahey et al., 2001; Feng et al., 2017).

Entre os compostos inibidores, os terpenos são constantemente relatados na literatura como substâncias inibidoras de oviposição e atrativas para inimigos naturais (Qiu et al., 1998; Borges et al., 2018). O extrato botânico de espécies de *Ludwigia* reduziu a fecundidade e foram tóxicos para ovos e larvas de *P. xylostella*, com presença de terpenos e flavonoides, que também podem ter influenciado na redução desta característica (Ferreira et al. 2020). Triagens fitoquímicas mostram que os extratos das espécies *S. erecta* e *S. marginata* apresentaram altos teores de taninos, saponinas, alcaloides, flavonoides e terpenos, que podem ter contribuído sinergicamente para redução da fecundidade de *P. xylostella* (Moreira et al., 2019; Gomig et al., 2008; Guimarães et al., 2015; Périco et al., 2015).

Em estudo recente sobre a ação de *S. marginata* sobre *P. xylostella* foi constatado a redução da fecundidade nos tratamentos contendo extrato aquosos de *S. marginata* nas concentrações 5% e 10% e confirmaram a supressão da oviposição deste microlepidóptero, principalmente em concentrações maiores, sendo atribuído à presença de compostos bioativos presentes nos extratos aquosos de folhas de *S. marginata* (Couto et al., 2019).

De acordo com os resultados, a fertilidade e a viabilidade dos ovos também diminuíram em quase todos os tratamentos utilizando extratos aquosos de *S. erecta* e *S. marginata*, principalmente na maior concentração (10%), devido ao contato direto dos ovos recém ovipositados sobre o substrato tratado e pela volatilização dos compostos oriundos dos extratos (Kumar et al., 2009; Rocha et al., 2021). As substâncias bioativas podem penetrar pelo córion dos ovos, através dos microcanais aerópilos que intermediam as trocas gasosas naturais do embrião com o meio externo, interferindo no processo de oxigenação do embrião, nos processos hormonais e bioquímicos, afetando diretamente o desenvolvimento do organismo (Fagoonee e Lauge, 1981; Smith e Salkeld, 1996). Substâncias bioativas como os flavonoides, saponinas e taninos podem reduzir significativamente a fecundidade de ovos, principalmente, quando utilizados sinergicamente, além disso, alguns compostos taninos podem se ligar a superfície do ovo, através de interações proteicas, interferindo no processo de oxigenação do embrião, comprometendo seu desenvolvimento e, consequentemente, causando alterações na fertilidade e viabilidade dos ovos (Engstrom et al., 2016).

A fertilidade e viabilidade dos ovos foram reduzidas, principalmente, utilizando extratos na concentração 10%, pois maiores concentrações garantem maior vulnerabilidade de ovos aos compostos bioativo, afetando o desenvolvimento embrionário e a viabilidade dos ovos (Matharu e Mehta, 2017; Sangha et al., 2017; Rocha et al., 2021). O efeito dissuasor ocorreu em todos os tratamentos, independentemente do método utilizado (sem chance ou com chance), entretanto, assim como nas demais características avaliadas, os maiores índices foram resultantes da maior concentração utilizada (10%) em quase todos os tratamentos, pois a medida que a concentração aumenta são extraídas mais substâncias bioativas do material vegetal que podem contribuir para o aumento do efeito dissuasor (Torres et al., 2001; Silva et al., 2019).

Nos bioensaios realizados ambas espécies vegetais apresentaram resultados semelhantes, reduzindo a fecundidade, o número de larvas e a viabilidade dos ovos, pois estas espécies pertencem ao mesmo gênero botânico (*Serjania*) e, possivelmente, compartilham substâncias inseticidas e características ictiotóxicas semelhantes (Quintanilha e Pinto, 2014; Andrade et al., 2015; Périco et al., 2015).

5. Conclusão

As espécies vegetais, *S. erecta* e *S. marginata*, apresentam capacidade de dissuadir a oviposição de *P. xylostella*, diminuindo a fecundidade, fertilidade e viabilidade de ovos, independentemente do método (sem chance ou com chance de escolha) utilizado, entretanto, notamos que no método sem chance de escolha a concentração 10% apresentou melhores resultados. Assim, os extratos aquosos de *S. erecta* e *S. marginata* apresentam potencial para serem utilizados como bioinseticidas no controle de *P. xylostella*, principalmente na região local onde as espécies são nativas, promovendo o uso sustentável e econômico de métodos alternativos para o pequeno agricultor, minimizando as aplicações de pesticidas e os impactos ao meio ambiente.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio e suporte da Universidade Federal da Grande Dourados, do Programa de Pós-Graduação de Entomologia e Conservação da Biodiversidade e da coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida ao primeiro autor. Ao suporte financeiro, nº. 71/711.130/2018 concedido pela Fundação de Desenvolvimento, Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul (FUNDECT).

Referências

- Agboyi LK, Ketoh GK, Martin T, Glitho IA, Tamo M (2016). Pesticide resistance in *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) populations from Togo and Benin. *International Journal of Tropical Insect Science* 36:204-210. <https://doi.org/10.1017/S1742758416000138>
- Amoabeng BW, Gurr GM, Gitau CW, Nicol HI, Munyakazi L, Stevenson PC (2013). Tri-Trophic insecticidal effects of African plants against cabbage pests. *PLoS ONE* 8:e78651. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0078651>
- Andrade JN, Costa Neto EM, Brandão H (2015). Using ichthyotoxic plants as bioinsecticide: A literature review. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais* 17: 649-656. https://doi.org/10.1590/1983-084X/13_105

APRD, Arthropod Pesticide Resistance Database (2021). *Plutella xylostella*. <<https://www.pesticideresistance.org/>>. Acesso em: 28/07/2021.

Barros R, Thuler RT, Pereira FF (2012). *Técnica de criação de Plutella xylostella (L., 1758) (Lepidoptera: Yponomeutidae)*. In: Pratisoli D. (Org.). Técnicas de criação de pragas de importância agrícola, em dietas naturais, 1rd edn. Vitória: Edufes, pp 65-84.

Borges EDO, Martins CB, da Silva RR, Zarbin PH (2018). Terpenoids dominate the bouquet of volatile organic compounds produced by *Passiflora edulis* in response to herbivory by *Heliconius erato* phyllis (Lepidoptera: Nymphalidae). *Arthropod-Plant Interactions*, 12:123-131. <https://doi.org/10.1007/s11829-017-9560-2>

Castillo-Sánchez LE, Jiménez JJ, Delgado MA (2010). Secondary metabolites of the Annonaceae, Solanaceae and Meliaceae families used as biological control of insects. *Tropical and subtropical Agroecosystems*, 12:445-462.

Couto IFS, Verza S, Valente FI, Senna B, Souza SA, Mauad M, Mussury RM (2019) Botanical extracts of the brazilian savannah affect feeding and oviposition of *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae). *Journal of Agricultural Science* 11:322-333. <https://doi.org/10.1007/s10343-020-00520-8>

Couto IFS, Souza SA, Valente FI, Silva, RM, Scalón SDPQ, Pereira FF, Silva SV, Carvalho EM, Mussury RM (2020). Changes in the biological characteristics of *Plutella xylostella* using ethanolic plant extracts. *Gesunde Pflanzen*, 72(4), 383-391. <https://doi.org/10.1007/s10343-020-00520-8>

Engstrom MT, Karonen M, Ahern JR, Baert N, Payré B, Hoste H, Salminen JP (2016). Chemical structures of plant hydrolyzable tannins reveal their in vitro activity against egg hatching and motility of *Haemonchus contortus* nematodes. *Journal of agricultural and food chemistry*, 64:840-851. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b05691>

Fagoonee I, Lauge G. (1981). Noxious effects of neem extract of *Crocidolomia binotalis*. *Phytoparasitica*, 92: 111-118. <https://doi.org/10.1007/BF03158453>

Fahey JW, Zalcmann AT, Talalay P (2011). The chemical diversity and distribution of glucosinolates and isothiocyanates among plants. *Phytochemistry* 56:5-51. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)00316-2](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)00316-2)

Feng B, Qian K, Du YJ (2017). Floral Volatiles from *Vigna unguiculata* Are Olfactory and Gustatory Stimulants for Oviposition by the Bean Pod Borer Moth *Maruca vitrata*. *Insects* 8:60. <https://doi.org/10.3390/insects8020060>

Ferreira EA, de Souza SA, Domingues A, Da Silva MMM, Padial IMPM, de Carvalho EM, Cardoso CAL, da Silva SV, Mussury RM (2020). Phytochemical screening and bioactivity of *Ludwigia* spp. in the control of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Insects*, 11:596. <https://doi.org/10.3390/insects11090596>

Fonseca J, Couto IFS, Silva RM, Fioratti CAG, Pereira FF, Mauad, M., Scalón SPQ, Carvalho EM, Mussury RM (2018). Efeito de extratos metanólicos de *Stryphnodendron adstringens* (Mart) coville na alimentação e reprodução de *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae). *Interciência*, 43:182-187.

Furlong MJ, Zu-Hua S, Yin-Quan L, Shi-Jian G, Yao-Bin L, Shu-Sheng L, Zalucki MP (2004). Experimental analysis of the influence of pest management practice on the efficacy of an endemic arthropod natural enemy complex of the diamondback moth. *Journal of Economic Entomology* 97:1814–27. <https://doi.org/10.1093/jee/97.6.1814>

Iannacone J, Onofre R, Huanqui O, Giraldo J, Mamani N, Miglio MC, Alvarino L (2007). Evaluación del riesgo ambiental del insecticida metamidofos en bioensayos con cuatro organismos acuáticos no Destinatarios. *Agricultura Técnica*, 67:126-138. <http://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072007000200002>

Iannacone J, Alvarino L, Murrugarra Y, Arrascue A, Alayo M, Salazar N (2008). Selectividad del insecticida metamidofos en ocho organismos terrestres no destinatarios. *Journal of Brazilian Society of Ecotoxicology*, 3:23-34. DOI:10.5132/jbse.2008.01.004

Krinski D, Massaroli A, Machado M (2014). Potencial inseticida de plantas da família Annonaceae. *Revista Brasileira de Fruticultura* 36:225-242. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452014000500027>

Kumar R, Sharma KC, Kumar D (2009). Studies on ovicidal effects of some plant extracts against the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) infesting cauliflower crop. *Biological Forum-An International Journal*, 1:47-50.

Li ZY, Zalucki MP, Bao HL, Chen HY, Hu ZD, Feng X (2012). Population dynamics and ‘outbreaks’ of diamondback moth, *Plutella xylostella*, in Guangdong Province, China: climate or the failure of management? *Journal of Economic Entomology* 105:739–52. <https://doi.org/10.1603/EC11384>

Loiseleur O (2017). Natural products in the discovery of agrochemicals. *CHIMIA International Journal for Chemistry*, 71:810-822. <https://doi.org/10.2533/chimia.2017.810>

Gomig F, Pietrovski EF, Guedes A, Dalmarco EM, Calderari MT, Guimarães CL, Pinheiro RM, Cabrini DA, Otuki MF (2008). Topical anti-inflammatory activity of *Serjania erecta* Radlk (Sapindaceae) extracts. *Journal of Ethnopharmacology* 118:220- 224. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2008.03.017>

Guimarães, CC, Oliveira DD, Valdevite M, Saloratto ALF, Pereira SIV, França SC, Pereira AMS, Pereira PS (2015). The glycosylated flavonoids vitexin, isovitexin, and quercetrin isolated from *Serjania erecta* Radlk (Sapindaceae) leaves protect PC12 cells against amyloid- β 25-35 peptide-induced toxicity. *Food and Chemical Toxicology* 86:88-94. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2015.09.002>

- Huang X, Renwick JAA (1993). Differential selection of host plants by two *Pieris* species: the role of oviposition stimulants and deterrents. *Entomologia experimentalis et applicata*, 68:59-69. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1993.tb01689.x>
- Isman MB, Grienesen ML (2013) Botanical insecticide research: many publications, limited useful data. *Trends in Plant Science*, 1:1-6. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2013.11.005>
- Krinski D, Massaroli A, Machado M (2014). Potencial inseticida de plantas da família Annonaceae. *Revista Brasileira de Fruticultura* 36:225-242. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452014000500027>
- Lundgren L (1975). Natural plant chemicals acting as oviposition deterrents on cabbage butterflies (*Pieris brassicae* (L.), *P. rapae* (L.) and *P. napi* (L.)). *Zoologica Scripta* 4: 253-258.
- Marchioro CA, Foerster LA (2011). Development and survival of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Yponomeutidae) as a function of temperature: effect on the number of generations in tropical and subtropical regions. *Neotropical Entomology* 40:533-541. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2011000500003>
- Massaroli A, Bersani BCG, Roza FHD, Butnariu AR, Pereira MJB, Foerster LA (2019). Evaluation of Leaf Consumption and Determination of Economic Injury Level Caused by *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) in *Brassica oleracea* var. *acephala* (Brassicales: Brassicaceae). *Journal of economic entomology*, 112:1805-1811. <https://doi.org/10.1093/jee/toz113>
- Matharu K, Mehta P (2017). Ovicidal activity of crude extracts of indigenous plant species against *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae). *Environment & Ecology*, 35, 285-289.
- Mordue AJ, Blackwell A (1993). Azadirachtin: an update. *Journal of Insect Physiology*, 39:903-924. [https://doi.org/10.1016/0022-1910\(93\)90001-8](https://doi.org/10.1016/0022-1910(93)90001-8)
- Moreira SS, Tamashiro LK, Jorge BC, Balin PS, Heredia-Vieira SC, Almeida GL, Cardoso CAL, Kassuya CAL, Arena AC (2019). Toxicological safety evaluation in acute and 28-day studies of aqueous extract from *Serjania marginata* Casar (Sapindaceae) leaves in rats. *Journal of ethnopharmacology* 231:197-204. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2018.11.024>
- 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 Protection Science* 52:229–241. <https://doi.org/10.17221/31/2016-PPS>
- Peres LLS, Sobreiro AI, Couto IFS, Silva RM, Pereira FF, Heredia-Vieira SC, Cardoso CAL, Mauad M, Scalón SPQ, Verza SS, Mussury, R. M (2017). Chemical compounds and bioactivity of aqueous extracts of *Alibertia* spp. in the control of *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae). *Insects* 8:125. <https://doi.org/10.3390/insects8040125>
- Périco LL, Heredia-Vieira SC, Beserra FP, dos Santos RC, Weiss MB, Resende FA, Ramos MAS, Bonifácio BV, Bauab TM, Varanda EA, Gobbi JIF, da Rocha LRM, Vilegas W, Hiruma-Lima CA (2015). Does the gastroprotective action of a medicinal plant ensure healing effects? An integrative study of the biological effects of *Serjania marginata* Casar. (Sapindaceae) in rats. *Journal of Ethnopharmacology* 172:312-324. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2015.06.025>
- Qiu YT, van Loon JJ, Roessingh P (1998). Chemoreception of oviposition inhibiting terpenoids in the diamondback moth *Plutella xylostella*. *Entomologia experimentalis et applicata*, 87:143-155. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.1998.00316.x>
- Quintanilla RHR, Pinto AC (2014). Constituintes Químicos e Propriedades Biológicas de Espécies do Gênero *Serjania*. *Revista Virtual de Química*, 6:1583-1606. doi:10.5935/RVQ.V6I6.772
- Ramírez-Zamora J, Salinas-Sánchez DO, Figueroa-Brito R, Ramos-López MÁ, Castañeda-Espinoza JD, Flores-Macias A (2020). Botanical extracts from *Dodonaea viscosa* (Sapindales: Sapindaceae) reduce hemocyte counts from *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) with potential insecticidal synergism with *Isaria fumosorosea* (Hypocreales: Cordycipitaceae). *Biocontrol Science and Technology* 30:1365-1376. <https://doi.org/10.1080/09583157.2020.1826903>
- Rocha AN, de Carvalho EM, Mauad JRC, Mussury RM. (2021). *Tradescantia pallida* L.(Commelinaceae) influences the activity of oviposition and feeding of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Research, Society and Development*, 10: e57610817583-e57610817583. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i8.17583>
- Sangha JS, Astatkie T, Cutler GC. (2017). Ovicidal, larvicidal, and behavioural effects of some plant essential oils on diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). *The Canadian Entomologist*, 149:639-648. <https://doi.org/10.4039/tce.2017.13>
- Salinas-Sánchez DO, Avilés-Montes D, Aldana-Llanos L, Gutiérrez-Ochoa M, Figueroa-Brito R, Sotelo-Leyva C (2020). Efecto insecticida de *Serjania schiedeana* para el control de *Spodoptera frugiperda* bajo condiciones de laboratorio e invernadero. *Southwestern Entomologist* 45:521-530. <https://doi.org/10.3958/059.045.0220>
- Schmutterer H (1988). Potential of azadirachtin-containing pesticides for integrated pest control in developing and industrialized countries. *Journal of Insect Physiology* 34:713-719. [https://doi.org/10.1016/0022-1910\(88\)90082-0](https://doi.org/10.1016/0022-1910(88)90082-0)
- Silva PRC, Camaroti JRSL, Almeida WA, Ferreira ECB, Paiva PMG, Barros R, Napoleão TH, Pontual EV (2019). *Schinus terebinthifolia* leaf extract is a larvicidal, pupicidal, and oviposition deterring agent against *Plutella xylostella*. *South African Journal of Botany* 127:124-128. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.08.054>
- Smith EH, Salkeld EH (1966). The use and action of ovicides. *Annual Review of Entomology*, 11:331-368.

<https://doi.org/10.1146/annurev.en.11.010166.001555>

Souza AS, Couto I FS, Silva MP, Cardoso CAL, Scalón SPQ, Pereira FF, Carvalho EM, Mussury RM (2019). Aqueous extracts of species of the genus *Campomanesia* (Myrtaceae) affect biological characteristics of *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) Lepidoptera: Plutellidae. *Journal of Agricultural Science*. Doi: 10.5539/jas.v11n5p334

Tagliari MS, Knaak N, Fiuza LM (2004). Plantas inseticidas: interações e compostos. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, 10:101-111.

Torres AL, Barros R, Oliveira JV (2001). Efeito de extratos aquosos de plantas no desenvolvimento de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae). *Neotropical Entomology* 30:151-156. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2001000100022>

Ulmer B, Gillotta C, Woods D, Erlandson M (2002). Diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.), feeding and oviposition preferences on glossy and waxy *Brassica rapa* (L.) lines. *Crop Protection*, 21:327-331. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(02\)00014-5](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(02)00014-5)

Zalucki MP, Shabbir A, Silva R, Adamson D, Shu-Sheng L, Furlong MJ (2012). Estimating the economic cost of one of the world's major insect pests, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae): just how long is a piece of string? *Journal of Economic Entomology* 105: 1115– 1129. <https://doi.org/10.1603/EC12107>

Zhang S, Zhang X, Shen J, Mao K, You H, Li J (2016). Susceptibility of field populations of the diamondback moth, *Plutella xylostella*, to a selection of insecticides in Central China. *Pesticide Biochemistry Physiology* 132:38-46. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2016.01.007>

CAPÍTULO III

Atividade antialimentar dos extratos aquosos de *Serjania* spp. sobre *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae)

Eduardo Carvalho Faca¹, Rosilda Mara Mussury¹

¹Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais (FCBA), Programa de Pós-graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade. Rodovia Dourados-Itahum, Km 12, Cidade Universitária, CEP: 79.804-970, Dourados-MS, Brasil. E-mail: eduardofaca@gmail.com

Resumo

A ascensão de populações resistentes de *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Plutellidae) a inseticidas químicos tem ocasionado significativos danos às crucíferas, perdas na produtividade e, conseqüentemente, prejuízos econômicos. Além da resistência desenvolvida pelo inseto, as sucessivas aplicações de inseticidas afetam negativamente o meio ambiente e organismos não-alvos. Como alternativa, a utilização de inseticidas botânicos, além de minimizar as constantes aplicações de pesticidas e reduzir os impactos ambientais podem ser muito eficientes no controle de *P. xylostella*. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a atividade antialimentar dos extratos aquosos de *Serjania erecta* Radlk (Sapindaceae) e *Serjania marginata* Casar (Sapindaceae), nas concentrações 5% e 10%, durante 24 horas, contra *P. xylostella*. Para isso, foram realizados dois testes: o primeiro teste para avaliar a atividade antialimentar sem chance de escolha, sendo oferecido três discos foliares de couve, por placa de Petri, oriundos do mesmo tratamento; e o segundo teste para avaliar a atividade antialimentar com chance de escolha, sendo oferecido quatro discos de couve tratados (dois discos tratados com água destilada e dois tratados com extrato aquoso vegetal) por placa. Para o teste sem chance de escolha foram avaliados o peso larval (mg), a área foliar consumida (cm²) e o índice de Preferência alimentar (IP). Para o teste com chance de escolha foram avaliados apenas a área foliar consumida (cm²) e o índice de Preferência Alimentar (IA). Os tratamentos utilizados não causaram alterações no peso larval. Os extratos aquosos de *S. marginata* foram fagodeterrentes para larvas de *P. xylostella* em ambos os testes. Nos bioensaios sem a chance de escolha os extratos de *S. erecta* foram fagoestimulantes, assim como a concentração 10%. Nos testes com a chance de escolha todos os tratamentos foram fagodeterrentes.

Palavras-chave: alimentação; bioinseticida; Brassicaceae; fagodeterrencia; *Serjania erecta*; *Serjania marginata*; traça-das-crucíferas; preferência alimentar

Abstract

The rise of resistant populations of *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Plutellidae) to chemical insecticides has caused significant damage to crucifers, losses in productivity and, consequently, economic losses. In addition to the resistance developed by the insect, successive insecticide applications negatively affect the environment and non-target organisms. As an alternative, the use of botanical insecticides, in addition to minimizing the constant application of pesticides and reducing environmental impacts, can be very efficient in the control of *P. xylostella*. Therefore, the objective of this work was to evaluate the anti-food activity of aqueous extracts of *Serjania erecta* Radlk (Sapindaceae) and *Serjania marginata* Casar (Sapindaceae), at concentrations 5% and 10%, for 24 hours, against *P. xylostella*. For this, two tests were carried out: the first test to evaluate the anti-food activity with no choice, being offered three kale leaf discs, per Petri dish, from the same treatment; and the second test to evaluate the anti-food activity with free choice, being offered four treated cabbage disks (two disks treated with distilled water and two treated with aqueous plant extract) per plate. For the no-choice test, larval weight (mg), leaf area consumed (cm²) and food preference index (PI) were evaluated. For the free-choice test, only the leaf area consumed (cm²) and the Food Preference Index (AI) were evaluated. The treatments used did not cause changes in larval weight. The aqueous extracts of *S. marginata* were phagodeterrent for *P. xylostella* larvae in both tests. In the no-choice bioassays, the *S. erecta* extracts were phagostimulant, as was the 10% concentration. In free-choice tests, all treatments were phagodeterrent.

Keywords: bioinsecticide, Brassicaceae, diamondback moth, food, *S. erecta*; *S. marginata*

1. Introdução

A olericultura é caracterizada como uma atividade agrícola responsável pela produção e exploração de hortaliças, praticada principalmente por pequenos produtores, sendo responsável pela geração de renda, subsistência e pela segurança alimentar familiar (UUSIKU et al., 2010). A família Brassicaceae (crucíferas) é um dos principais grupos vegetais que abrange hortaliças economicamente importantes (JAHANGIR et al., 2009; RAMIREZ et al., 2020). Além disso, as crucíferas são consideradas alimentos essenciais na suplementação da dieta humana, pois são abundantes em fibras, nutrientes, vitaminas, minerais e aminoácidos (BEILSTEIN et al., 2006).

A *Brassica oleracea* var. *acephala*, conhecida popularmente como couve manteiga, é uma das hortaliças mais produzidas em sistemas agrícolas tradicionais (FRANCISCO et al., 2017), devido ao seu rápido desenvolvimento e grande rendimento (VELASCO et al., 2007). Entretanto, o alto consumo e produção dessa hortaliça, principalmente em regiões de climas tropicais e temperados (SHELTON 2001) tem

contribuído para o aumento populacional e ataque de diversas pragas (HOROWITZ et al., 2020; MPUMI et al., 2020). Entre elas, a espécie *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Plutellidae), conhecida popularmente como traça-das-crucíferas, é um microlepidóptero global que apresenta ciclo de vida curto e alta fecundidade, o que favorece sua multiplicação e permanência na cultura por muitas gerações durante o ano (FURLONG et al., 2013; Li et al., 2016). Os danos causados pela fase larval podem comprometer e inviabilizar a produção podendo ocasionar até 100% de perdas no rendimento (TALEKAR & SHELTON 1993; ZALUCKI et al., 2012). Anualmente, são gastos aproximadamente 5 bilhões de dólares para o manejo de *P. xylostella*, sendo que a principal forma de controle é através da aplicação de inseticidas químicos (GRZYWACZ et al., 2010; ZALUCKI et al., 2012; FURLONG et al., 2013).

As sucessivas aplicações de inseticidas, a falta de estratégia e monitoramento para o controle efetivo de *P. xylostella* tem contribuído para o desenvolvimento de resistência e, conseqüentemente, para o aumento populacional deste inseto (CASTELO BRANCO et al., 2001; LI et al., 2018a; 2018b; JOURAKU et al., 2020; WANG et al., 2020). Além disso, os inseticidas químicos também são responsáveis pelos impactos negativos à biodiversidade, gerando resíduos no solo e afetando a entomofauna benéfica (CARVALHO, 2017; RIMSHA et al., 2020). A utilização de inseticidas botânicos é uma alternativa para minimizar as sucessivas aplicações químicas, além de serem comprovadamente eficazes no controle de *P. xylostella* (DELETRE et al., 2016; CAMAROTI et al., 2018; MASSAROLLI et al., 2019).

Estudos revelam que extratos botânicos causam uma série de alterações fisiológicas, morfológicas e comportamentais em *P. xylostella*, como inibição de oviposição, alterações hormonais, toxicidade alimentar, mortalidade larval, pupal e adulta (SCHMUTTERER, 1988; MORDUE & BLACKWELL, 1993; COSTA et al., 2004; PERES et al., 2017; COUTO 2019; 2020; FERREIRA et al., 2020). Além disso, os inseticidas botânicos apresentam menores custos, disponibilidade e abundância local, e inocuidade para organismos não alvos (TALEKAR & SHELTON, 1993; DONG et al., 2013).

A ação inseticida proporcionada pelos inseticidas botânicos ocorre pela produção de metabólitos secundários em plantas, a partir de substâncias bioativas como taninos, saponinas, flavonoides, fenóis e alcaloides que podem atuar como inseticidas

naturais, afetando o desenvolvimento de alguns artrópodes (PERES et al., 2017; INOCENTE et al., 2019; FERREIRA et al., 2020). A família Sapindaceae já foi mencionada em alguns estudos envolvendo espécies botânicas para fins inseticidas (LI et al., 2011; SANGAVI et al., 2017; COUTO 2019; 2020). O gênero *Serjania* já foi relatado em pesquisas através da investigação de substâncias bioativas com atividade medicinal, antifúngica, moluscicida, antioxidante, antimicrobiana e inseticida (CARDOSO et al., 2013; GUIMARÃES et al., 2015; SALINAS-SÁNCHEZ et al., 2017; COUTO 2019; 2020; SALINAS-SÁNCHEZ et al., 2020).

Portanto, diante da necessidade da minimização das aplicações de inseticidas sintéticos, da contenção das elevadas populações de *P. xylostella* em campo e da diminuição dos danos diretos causados às crucíferas, pela fase larval deste inseto, avaliamos a atividade antialimentar dos extratos aquosos de *Serjania erecta* Radlk (Sapindaceae) e *Serjania marginata* Casar (Sapindaceae), nas concentrações 5 e 10%, sobre a alimentação de *P. xylostella*.

2. Material e Métodos

Os extratos botânicos e os experimentos foram preparados e conduzidos nas dependências do Laboratório de Interação Inseto-Planta (LIIP) da Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais na Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil.

2.1. Criação de *Plutella xylostella*

Pupas e larvas foram coletadas em áreas de cultivo de couve e a criação foi estabelecida e multiplicada sob condições controladas com temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa de $55 \pm 5\%$ e fotoperíodo de 12 horas.

As pupas coletadas foram transferidas para gaiolas de plástico transparentes (9 cm de comprimento x 19 cm de largura x 19 cm de altura) até a emergência dos indivíduos adultos. Os adultos foram alimentados com solução nutritiva de mel (10%) e foram oferecidos discos de couve com 8cm de diâmetro sobre papel filtro para a oviposição das fêmeas. Diariamente, os discos de couve contendo as posturas foram substituídos e transferidos para potes de plástico (30 cm de comprimento x 15 cm de largura x 12 cm de altura) esterilizados. Posteriormente à eclosão das larvas, essas

foram alimentadas com folhas de couve orgânica (*Brassica oleracea* var. *acephala*), lavadas e higienizadas com solução de hipoclorito de sódio (5%) e água corrente. As larvas foram colocadas entre duas folhas de couve, sendo que a primeira folha foi disposta com a face adaxial voltada para o recipiente de plástico e a segunda folha com a face abaxial voltada para as larvas. Todos os dias as folhas de couve foram substituídas, mantendo sempre as folhas superiores até que as larvas atingissem a fase pupal, conforme detalhado na Figura 1 (BARROS et al., 2012).

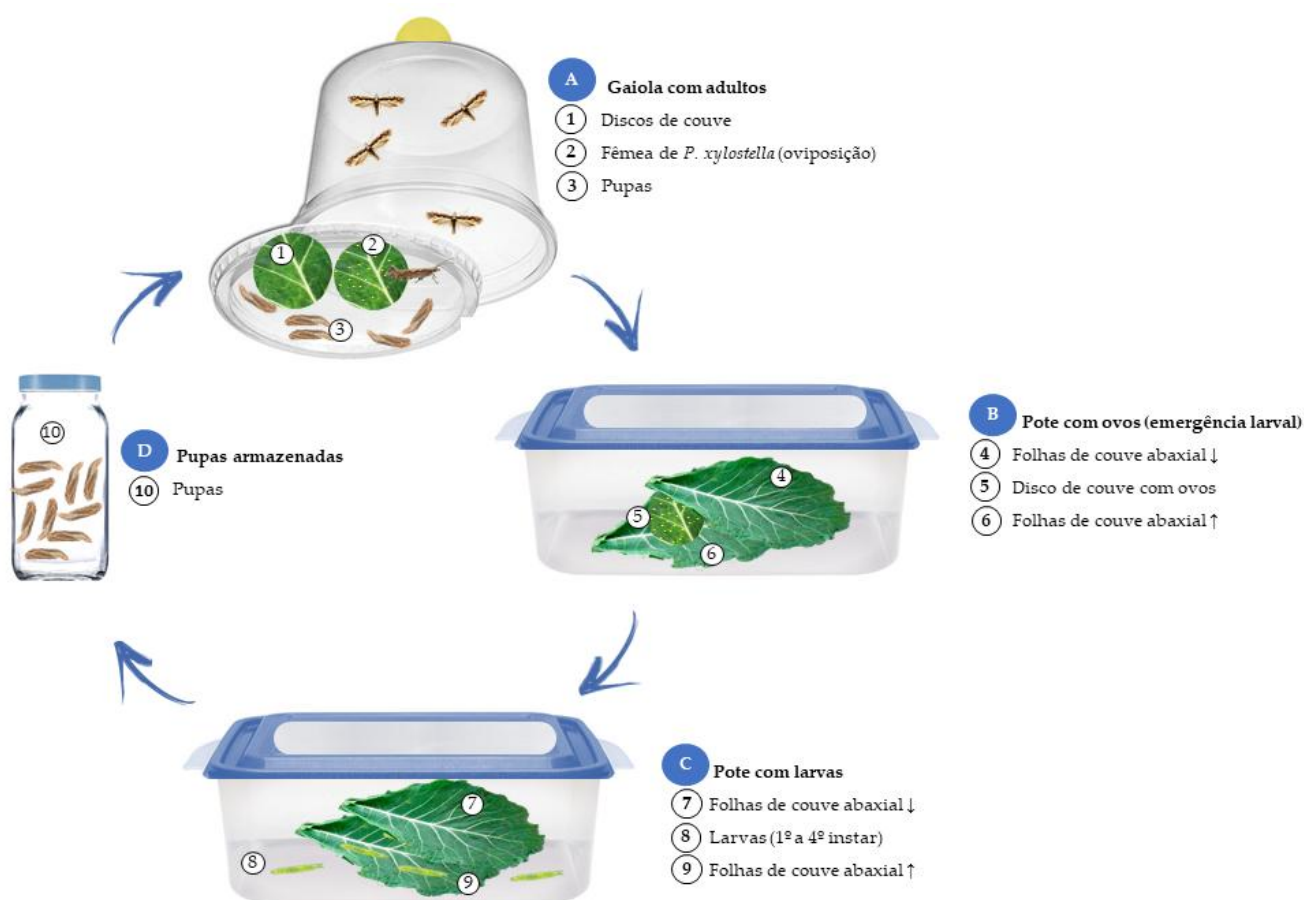


Figura 1. Esquema representativo da metodologia de criação de *Plutella xylostella* estabelecida e multiplicada em laboratório sob condições controladas de temperatura ($25 \pm 2^\circ\text{C}$), umidade relativa (UR) ($55 \pm 5\%$) e fotoperíodo (12 h). Dourados, MS, 2022 (Créditos: Eduardo Carvalho Faca).

2.2. Material botânico

Folhas expandidas das espécies *S. erecta* e *S. marginata* foram coletadas no Horto de Plantas Medicinais (HPM) da Universidade Federal da Grande Dourados, em Dourados, MS ($22^\circ 11' 43.7''\text{S}$ e $54^\circ 56' 08.5''\text{W}$).

A partir das exsicatas presentes no herbário da Universidade Federal da Grande Dourados-UFGD, as espécies foram identificadas com os números de registro: 5395 – *S. erecta* e 6267 – *S. marginata*.

2.3. Preparo dos extratos aquosos

As folhas expandidas foram colocadas em câmara de circulação forçada de ar, durante três dias, a 40 °C (± 1 °C). Posteriormente, as folhas secas foram trituradas em moinho industrial para a obtenção de um pó fino.

O extrato aquoso foi preparado utilizando a técnica de maceração, onde misturou-se 5g e 2,5g do material vegetal com 50 mL de água destilada para obtenção das concentrações de 10% e 5%, respectivamente. O material foi agitado manualmente e permaneceu em repouso por 24 horas sob refrigeração para a extração dos compostos hidrossolúveis. Após este período, o material foi coado, com o auxílio de tecido voil, para a obtenção dos extratos nas concentrações (peso/volume) 10% e 5%.

2.4. Bioensaios para atividade antialimentar com extratos aquosos de *Serjania* spp.

Para os experimentos de alimentação sem chance e com chance de escolha foram selecionadas larvas de 3º instar de *P. xylostella*, procedentes da criação do laboratório e colocadas em jejum durante 4 horas, dentro de um recipiente plástico (30 cm de comprimento $\times$ 15 cm de largura $\times$ 12 cm de altura). O instar larval foi identificado e determinado pela largura da capsula cefálica das larvas (0,33-0,44 mm).

Discos foliares de couves (*Brassica oleracea* var. *acephala* com 4 cm de diâmetro) foram imersos nos tratamentos (2 espécies vegetais, 2 concentrações e 1 controle) e depois de secarem naturalmente foram dispostos em placas de Petri (9 cm de diâmetro). As larvas foram mantidas nas placas por 24 horas, em bioensaios separados. Os bioensaios foram conduzidos e executados em condições controladas em laboratório (25 ± 1 °C, $55 \pm 5\%$ de UR e fotoperíodo de 12 horas) (Figura 2).

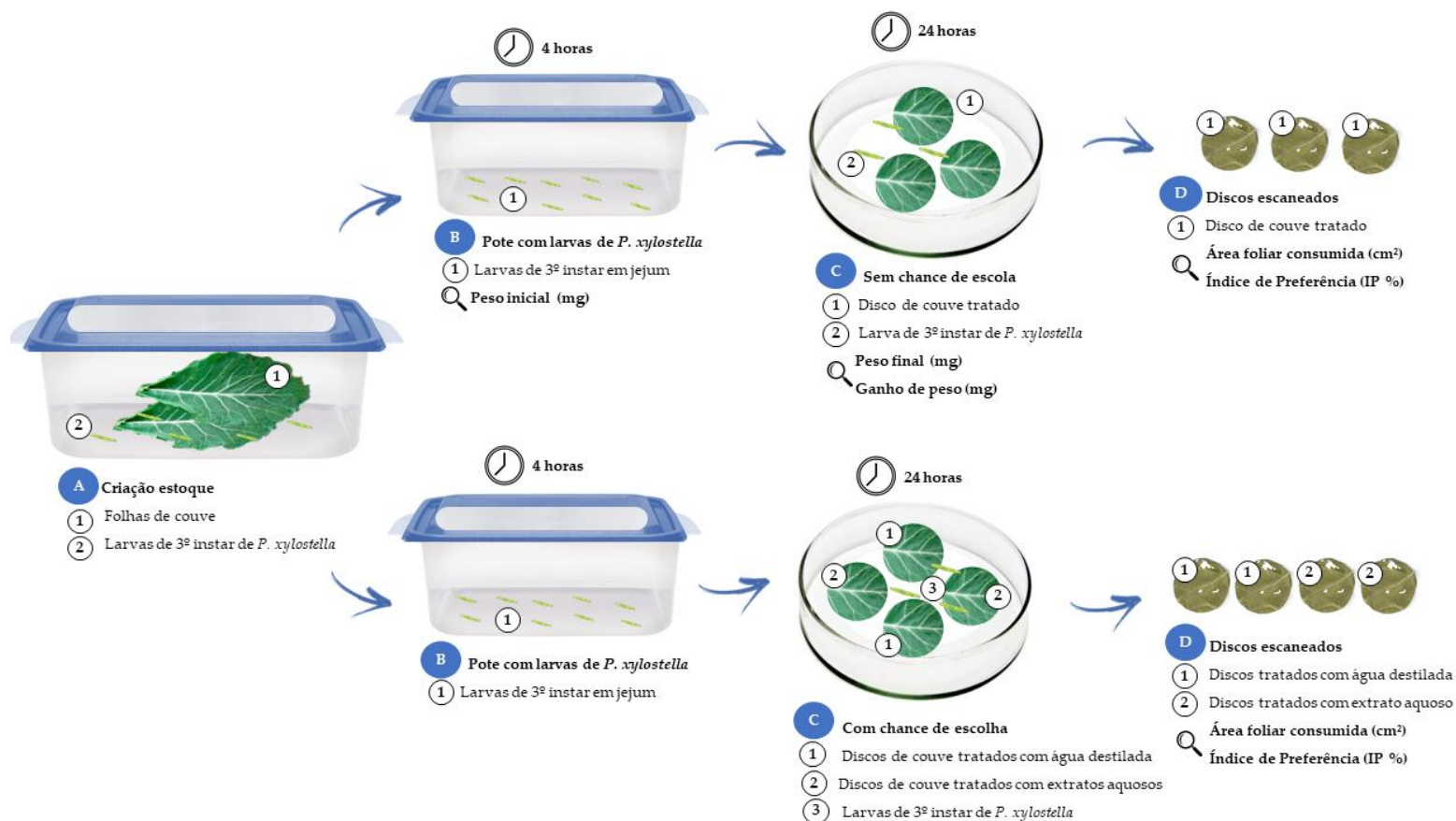


Figura 2. Esquema representativo da metodologia utilizada para os bioensaios de atividade alimentar de *Plutella xylostella* em discos foliares de couve imerso em extratos aquosos de *S. erecta* e *S. marginata* a 5% e 10% sem chance e com chance de escolha, durante 24 horas, desenvolvidos em laboratório sob condições controladas de temperatura ($25 \pm 2^\circ\text{C}$), umidade relativa (UR) ($55 \pm 5\%$) e fotoperíodo (12 h). Dourados, MS, 2022 (Créditos: Eduardo Carvalho Faca).

2.4.1. Bioensaio para atividade antialimentar sem chance de escolha

Para o bioensaio de alimentação sem chance de escolha foi disponibilizado, em cada placa de Petri, um único tratamento, contendo três discos foliares de couve devidamente tratado com água destilada ou com os respectivos extratos aquosos e concentrações (*S. erecta* 5%, *S. erecta* 10%, *S. marginata* 5% ou *S. marginata* 10%) com 3 larvas de 3º instar de *P. xylostella* em cada placa de Petri.

As larvas foram, cuidadosamente, pesadas no início e no final dos experimentos (Bel Mark Balança analítica - 0,001 g), para obtenção do peso médio inicial e final. As larvas foram mantidas nas placas durante 24 horas e no final dos experimentos os discos foliares foram escaneados para verificação da área foliar consumida através do programa ImageJ 1.52^a (SCHNEIDER et al., 2012). Neste bioensaio, cada tratamento foi constituído por 15 repetições, sendo que em cada repetição havia 3 discos foliares tratados com água destilada (controle) ou com extratos aquosos de *S. erecta* 5% ou 10% ou *S. marginata* 5% ou 10% e 3 larvas de *P. xylostella*. Foram avaliados o ganho de peso (mg), área foliar consumida (cm²) e o Índice de Preferência alimentar (IP %) (Figura 3).

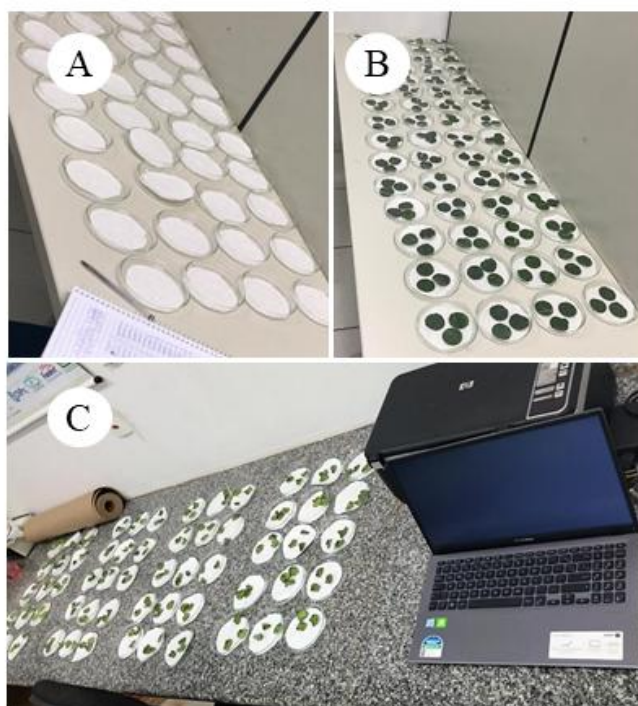


Figura 3. A) Montagem e preparo do bioensaio antialimentar sem chance de escolha; B) Placas de Petri contendo discos foliares de couve tratados com água destilada ou com extrato aquoso de *S. erecta* 5% ou 10% ou *S. marginata* 5% ou 10% e larvas de *P. xylostella*; C) Escaneamento dos discos foliares de couve para obtenção da área foliar média consumida (cm²) em cada tratamento (Créditos: Eduardo Carvalho Faca).

O cálculo do IP foi determinado pela fórmula $IP (\%) = 2A / (M + A)$, onde A é correspondente à área foliar consumida do tratamento com extrato aquoso vegetal e M correspondente à área foliar consumida do tratamento com água destilada (controle). O resultado obtido por este índice classifica o extrato como fagodeterrente, se o índice for menor que 1; neutro, se o índice for igual a zero; ou fagoestimulante, se o índice for maior que 1 (KOGAN & GOEDEN, 1970).

O experimento foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial duplo (3 x 2), composto por um controle, duas espécies de plantas (*S. erecta* e *S. marginata*) e duas concentrações de extrato aquoso vegetal (5% e 10%). Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo test Tukey ($p < 0,05$).

2.4.2. Bioensaio para atividade antialimentar com chance de escolha

Para o bioensaio de alimentação com chance de escolha foram dispostos na mesma placa, quatro discos de couve (2 discos tratados com extrato vegetal com as respectivas concentrações e 2 tratados com água destilada), de maneira equidistante, e 3 larvas de *P. xylostella*. As larvas foram mantidas nas placas por 24 e após este período os discos foram retirados e cuidadosamente escaneados. Os discos foliares de couve foram escaneados através do programa ImageJ 1.52^a e verificou-se a área foliar consumida (SCHNEIDER et al., 2012) (Figura 2). Neste bioensaio, cada tratamento foi constituído por 15 repetições, sendo que em cada repetição havia 4 discos foliares tratados e 3 larvas de *P. xylostella*. Foram avaliados a área foliar consumida (cm²) e o Índice de Preferência (IP %) (Figura 4).

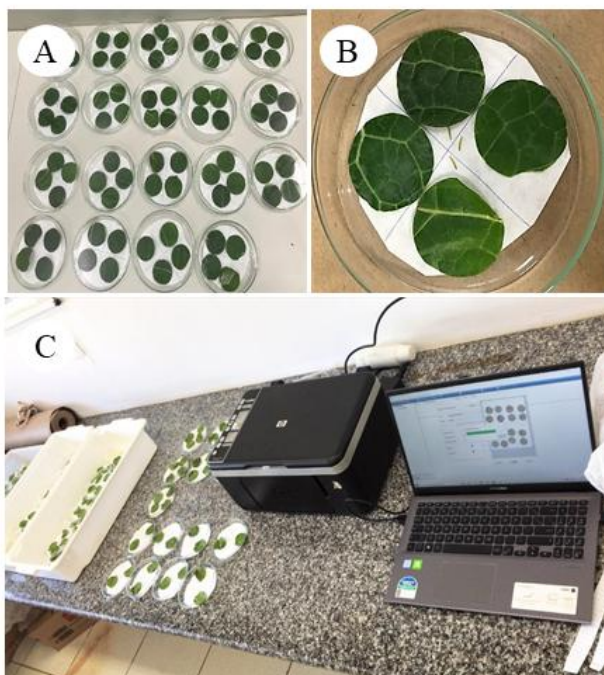


Figura 4. **A)** Placas de Petri contendo discos de couve tratados (2 discos tratados com água destilada e dois com extrato aquoso vegetal); **B)** Placa de Petri contendo discos foliares de couve, de forma equidistante, e larvas de *P. xylostella* no bioensaio com chance de escolha; **C)** Escaneamento dos discos foliares de couve para obtenção da área foliar média consumida em cada tratamento (Créditos: Eduardo Carvalho Faca).

O bioensaio foi realizado em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) e as médias da área foliar consumida (cm²) foram comparadas pelo teste de t de Student ($p < 0,05$).

O cálculo do IP foi determinado pela área foliar consumida no tratamento controle e no tratamento com extrato aquoso com base na fórmula $IP (\%) = 2A / (M + A)$. Os valores obtidos a partir do IP foram analisados em esquema fatorial (2 x 2) plantas e concentrações e as médias comparadas pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

2.5. Análise estatística dos dados

Os dados foram verificados a nível de normalidade (Shapiro-Wilk) e foram transformados para $\sqrt{x} + 0,5$ e arcoseno da $\sqrt{x}/100$, quando necessário. A análise estatística foi realizada utilizando o software R.

3. Resultados

3.1. Teste sem chance de escolha

Para o teste de atividade alimentar sem chance de escolha, não houve interação significativa entre os fatores (planta e concentração) e nem para o fator isolado concentração para as características de ganho de peso, área foliar consumida e Índice de Preferência (Tabela 1). O fator isolado planta foi significativo apenas para a área foliar consumida para a espécie *S. erecta* ($F = 5,283$; $GL = 2$; $p = 0,0069$) (Tabela 1).

Através do índice antialimentar notamos que, no fator isolado planta, a espécie *S. erecta* foi classificada como fagoestimulante, apresentando índice com valor acima de 1, semelhante ao fator isolado concentração 10%. Os extratos aquosos de *S. marginata* foram fagodeterrentes assim como a concentração 5% (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios ($\pm$ EP) para o ganho de peso médio (mg), área foliar média consumida (cm^2) e Índice Alimentar (%) para o fator isolado planta (*S. erecta* e *S. marginata*) e concentração (5% e 10%) analisados no teste de atividade alimentar sem chance de escolha, durante 24 horas ($25 \pm 2^\circ\text{C}$; 55 ± 5 UR; 12h fotofase). Dourados, MS, 2022.

Fator Extrato de Planta				
Tratamentos	Ganho de Peso (mg)	Área Foliar Consumida (cm^2)	Índice Antialimentar IA (%)	Classificação
Controle	$0,62 \pm 0,07$ a	$0,11 \pm 0,01$ a	--	--
<i>S. erecta</i>	$0,75 \pm 0,11$ a	$0,17 \pm 0,02$ b	$1,10 \pm 0,08$ a	Fagoestimulante
<i>S. marginata</i>	$0,82 \pm 0,08$ a	$0,10 \pm 0,01$ a	$0,93 \pm 0,07$ a	Fagodeterrente
Fator Concentração				
5%	$0,68 \pm 0,06$ a	$0,11 \pm 0,01$ a	$0,99 \pm 0,07$ a	Fagodeterrente
10%	$0,78 \pm 0,07$ a	$0,14 \pm 0,01$ a	$1,05 \pm 0,08$ a	Fagoestimulante
CV (%)	0,05	7,02	25,82	

Médias ($\pm$ erro padrão) seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si ao nível de significância a 5% de probabilidade quando comparadas pelo teste de Tukey. CV = Coeficiente de variação.

3.2. Teste com chance de escolha

Neste bioensaio a área foliar consumida foi menor nos discos tratados com os extratos aquosos de *Serjania* spp. (Tabela 2; Figura 5). As concentrações 5% ($t=3,121$; $GL = 1$; $p = 0,004225$) e 10% ($t = 3,9902$; $GL = 1$; $p = 0,0004943$) dos extratos da espécie *S. erecta* reduziram a área foliar consumida quando comparadas aos seus respectivos controles (Tabela 2). Os extratos aquosos preparados a partir da espécie *S. marginata*, nas concentrações de 5% ($t = 2,4379$; $GL = 1$; $p = 0,02203$) e 10% ($t = 4,6823$; $GL = 1$; $p = 0,0001452$) também induziram a redução do consumo da área foliar, quando comparadas aos discos dos controles (Tabela 2).

Não houve interação significativa entre os fatores (planta e concentração) e nem para os fatores isolados (planta ou concentração) para o Índice de Preferência alimentar. Os resultados oriundos pelo cálculo de IP foram semelhantes, classificando as plantas e as concentrações como fagodeterrentes, através da inibição do consumo alimentar de *P. xylostella* (Tabela 3).

Tabela 2. Valores médios da área foliar consumida (cm²) de *P. xylostella* em discos de couve tratados com extratos aquosos de *S. erecta* e *S. marginata* nas concentrações de 5% e 10% analisados no teste de atividade alimentar com chance de escola, durante 24 horas ($25 \pm 2^\circ\text{C}$; 55 ± 5 UR; 12h fotofase).

Tratamentos	Área Foliar Consumida (cm ²)		
	Controle	Extrato	CV (%)
<i>S. erecta</i> 5%	0,11 $\pm$ 0,01 a	0,04 $\pm$ 0,01 b	5,51
<i>S. erecta</i> 10%	0,13 $\pm$ 0,02 a	0,03 $\pm$ 0,01 b	5,86
<i>S. marginata</i> 5%	0,12 $\pm$ 0,02 a	0,05 $\pm$ 0,01 b	6,41
<i>S. marginata</i> 10%	0,16 $\pm$ 0,02 a	0,04 $\pm$ 0,01 b	5,68

Médias ($\pm$ EP) seguidas por letras minúsculas nas colunas diferem entre si ao nível de significância a 5% de probabilidade quando comparadas pelo teste de t Student. CV = Coeficiente de variação.

Tabela 3. Médias ($\pm$ EP) e classificações do Índice de Preferência Alimentar analisados após o teste de atividade alimentar com chance de escolha ($25 \pm 2^\circ\text{C}$; 55 ± 5 UR; 12h fotofase).

Fator Extrato de Planta		
Tratamentos	Índice Alimentar IA (%)	Classificação
<i>S. erecta</i>	$0,37 \pm 0,08$ a	Fagodeterrente
<i>S. marginata</i>	$0,48 \pm 0,09$ a	Fagodeterrente
Fator Concentração		
5 %	$0,46 \pm 0,09$ a	Fagodeterrente
10 %	$0,39 \pm 0,08$ a	Fagodeterrente
CV (%)	26,14	

Médias ($\pm$ erro padrão) seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si ao nível de significância a 5% de probabilidade quando comparadas pelo teste de Tukey. CV = Coeficiente de variação.

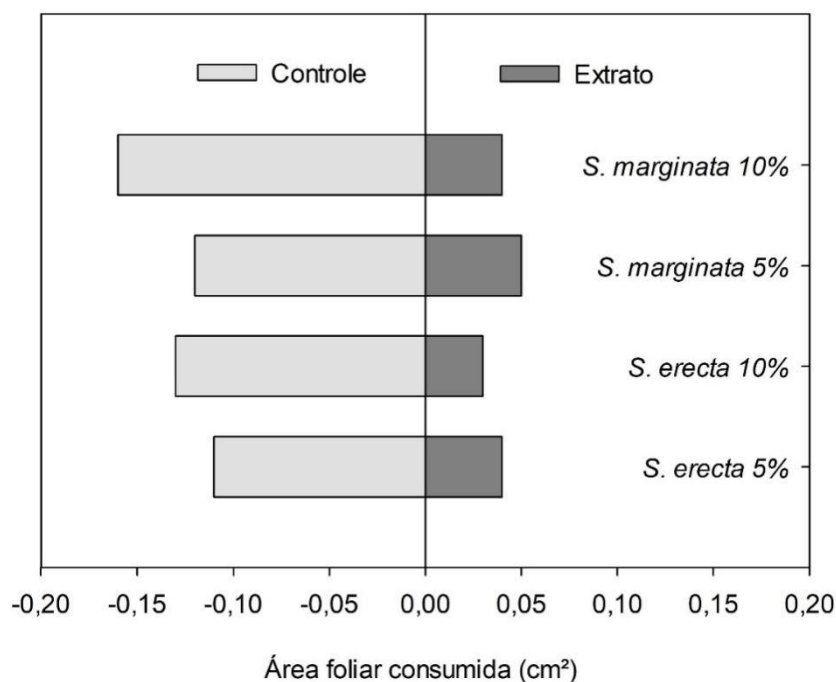


Figura 5. Área foliar média consumida (cm^2), por larvas de *P. xylostella*, de discos de couve tratados com água destilada (controle) e extratos aquosos de *S. erecta* e *S. marginata* nas concentrações 5% e 10%, no teste de atividade alimentar com chance de escolha. Médias comparadas pelo teste de t Student a 5% de probabilidade.

4. Discussão

O desenvolvimento e o crescimento dos insetos estão condicionados à seleção e a proporção de alimento ingerido (AHMAD et al., 1993, 2001; LESTARI et al., 2019). A resposta gerada pelo inseto, estimulada pelos aleloquímicos durante sua alimentação, pode alterar a taxa e a eficiência de consumo, a quantidade de substrato ingerido, a taxa de crescimento e a eficiência na conversão de ingestão e digestão de alimentos, podendo causar alterações na biologia do inseto (SIMPSON & SIMPSON, 1990; CAI et al., 2016; LESTARI et al., 2019).

Nos bioensaios de atividade alimentar sem chance de escolha os extratos de *S. erecta* e *S. marginata*, nas concentrações 5% e 10%, não causaram alterações significativas no ganho de peso larval, entretanto, foi observado que a área foliar consumida foi significativamente maior utilizando extratos aquosos de *S. erecta*. Embora esta espécie vegetal tenha apresentado resultados fagoestimulantes, através do aumento do consumo da área foliar, não houve ganho de peso proporcional a este consumo, pois algumas larvas têm a capacidade de neutralizar substâncias tóxicas que foram ingeridas durante a alimentação, utilizando a energia que seria destinada ao seu processo de crescimento e desenvolvimento para a neutralização destes compostos em seu trato digestivo (SAHAYAJ et al., 2008). Por outro lado, alguns autores relatam a diminuição no peso larval proporcionado pela presença e ingestão de aleloquímicos nos tratamentos (AHMAD et al., 2012; PERES et al., 2017; FERREIRA et al., 2020). Hassan et al. (2018) verificaram a diminuição do peso das larvas de *P. xylostella*, de terceiro instar, nos discos tratados com extratos, principalmente, em concentrações maiores. Salinas-Sánchez et al. (2020) notaram a diminuição no peso larval de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) nos tratamentos com frações aquosas de *Serjania schiedeana* Schltdl (Sapindaceae).

Os tratamentos utilizando extrato aquoso de *S. marginata* nos testes sem chance de escolha, causaram fagodeterrência em larvas de *P. xylostella*, pois os metabolitos secundários presentes nesta espécie inibiram o consumo alimentar deste inseto. Alguns autores relataram que a presença de flavonoides e taninos podem causar o efeito fagodeterrente, dificultando a digestão de insetos, a partir da criação de um complexo tanino-proteína que inativa enzimas que atuam na digestão, comprometendo o desenvolvimento do organismo (MELLO & SILVA-FILHO 2002). As saponinas também apresentam o mesmo mecanismo de ação, formando complexos proteicos e inibindo as proteinases (GEYTER et al., 2012). Estudos fitoquímicos demonstram que a espécie *S.*

marginata e *S. erecta* apresentam os grupos saponinas, taninos e flavonoides em sua composição metabólita (CARDOSO et al., 2013; GUIMARÃES et al., 2015; MOREIRA et al., 2019; ZANATTA et al., 2021), o que justifica a fagodeterrência para a espécie *S. marginata*. Entretanto, Cai et al. (2016), em sua pesquisa, apresenta que o aumento da concentração de saponinas pode estimular o consumo alimentar, aumentando a eficiência na ingestão e conversão de alimentos, o que pode justificar a maior área foliar consumida e a fagoestimulação nos tratamentos com extratos aquosos de *S. erecta*, já que o extrato de *S. erecta* apresenta grandes concentrações de saponinas (BROGGINI et al., 2010).

Nos bioensaios de atividade antialimentar oferecendo a chance de escolha, observamos, que os discos de couve tratados água destilada (controle) apresentaram maior área foliar consumida quando comparados aos tratamentos contendo extratos aquosos de *Serjania* spp. Esse resultado pode ser proporcionado pela presença dos compostos químicos glucosinolatos, sintetizados naturalmente pela família Brassicaceae, que seriam responsáveis pela inibição da alimentação de alguns insetos, entretanto, essas substâncias podem atuar como estimulantes para alimentação da traça-das-crucíferas (FAHEY et al., 2001; VAN LOON et al., 2002). Este estímulo ocorre a partir do sistema de defesa glucosinato-mirosinase (HOPKINS et al., 2009; SANTOLAMAZZA-CARBONE et al., 2014). Durante a herbivoria o inseto libera a enzima sulfatase que cliva resíduo de sulfato presente no composto glucosinato que por sua vez não interage com a enzima mirosinase e não produz os isotiocianatos, que seriam responsáveis pela antibiose e antixenose em insetos (FURSTENBERG-HAGG et al., 2013; SANTOLAMAZZA-CARBONE et al., 2014). Portanto, nos ensaios com chance de escolha ocorre maior consumo da área foliar no controle, pois não há presença de aleloquímicos oriundos de extratos neste tratamento, ocorrendo a herbivoria naturalmente, proporcionada pelos estímulos dos compostos glucosinolatos, assim como observado por Rocha et al. (2021), que verificou maior área foliar consumida por *P. xylostella* nos discos de controle.

No mesmo bioensaio, com a chance de escolha, também ocorreu a fagodeterrência nos discos contendo extratos aquosos de *Serjania* spp., que através da volatilização dos compostos nos discos tratados, mascaram os compostos glucosinolatos nestes tratamentos, inibindo a alimentação (MORDUE & BLACKWELL, 1993).

5. Conclusões

As espécies vegetais e suas respectivas concentrações estudadas no teste sem chance de escolha não causaram alterações no peso larval, entretanto a espécie *S. erecta* foi fagoestimulante para a área foliar consumida, assim como, a concentração 10%. Já a espécie *S. marginata* foi fagodeterrente, semelhante a concentração 5%.

No teste com chance de escolha, os tratamentos contendo extratos aquosos de *Serjania* spp. nas concentrações 5% e 10% reduziram o consumo da área foliar de larvas de *P. xylostella*, sendo classificados como fagodeterrentes.

Portanto, a espécie botânica *S. marginata* apresentou os melhores resultados como redutora de danos causados por larvas de *P. xylostella*, pois foi fagodeterrente em ambos os testes. Porém, mais estudos devem ser desenvolvidos sobre a bioatividade destes compostos sobre o ciclo de vida deste microlepidóptero, principalmente em testes que envolvam a atividade antialimentar, bem como o tempo de exposição aos extratos de *S. erecta* e *S. marginata*, para a melhor compreensão do comportamento deste inseto.

Referências bibliográficas

AHMAD, I.; WALDBAUER, G. P.; FRIEDMAN, S. Maxillectomy Does not Disrupt Self-Selection by Larvae *Manduca sexta* (Lepidoptera: Sphingidae). **Annals Entomological Society of America**, v.86, p.458-463. 1993.

AHMAD, I.; KAMAL, M. Consumption and Utilization of Complete Defined Diets Containing Various Carbohydrate by *Spodoptera exempta* (Lepidoptera; Noctuidae). **BIOTA**, v1, p. 99-104, 2001.

AHMAD, N.; ANSARI, M. S.; HASAN, F. Effects of neem based insecticides on *Plutella xylostella* (Linn.). **Crop Protection**, v. 34, p.18-24, 2012.

BARROS, R.; THULER, R. T.; PEREIRA, F. F. Técnica de criação de *Plutella xylostella* (L., 1758) (Lepidoptera: Yponomeutidae). In: Pratissoli D. (Org.). **Técnicas de criação de pragas de importância agrícola, em dietas naturais**. 1. ed. Vitória: Edufes, v.1, p. 65-84, 2012.

BEILSTEIN, M. A.; AL-SHEHBAZ, I. A.; KELLOGG, E. A. Brassicaceae phylogeny and trichome evolution. **American Journal of Botany**, v. 93, p. 607-619, 2006.

BROGGINI, L. S.; FERNANDES, R. S.; NOGUEIRA, T.; SUZANO, F. R.; CAETANO, A. L.; BUCK, H. S.; COUTO, L. B.; FRANÇA, S. C.; PEREIRA, P. S. Behavioral and enzymatic bioassays with *Serjania erecta* Radlk., Sapindaceae, correlated with cognitive dysfunctions. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.20, p.519-528. 2010.

CAMAROTI, J. R. S. L.; DE ALMEIDA, W. A.; BELMONTE, B. R.; DE OLIVEIRA, A. P. S.; LIMA, T. A.; FERREIRA, M. R. A.; PAIVA, P. M. G.; SOARES, L. A. L.; PONTUAL, E. V.; NAPOLEÃO, T. H. *Sitophilus zeamais* adults have survival and nutrition affected by *Schinus terebinthifolius* leaf extract and its lectin (SteLL). **Industrial Crops and Products**, v. 116, p. 81-89, 2018.

CAI, H.; BAI, Y.; WEI, H.; LIN, S.; CHEN, Y.; TIAN, H.; GU, X.; MURUGAN, K. Effects of tea saponin on growth and development, nutritional indicators, and hormone titers in diamondback moths feeding on different host plant species. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 131, p. 53-59, 2016.

CARVALHO, F.P. Pesticides, environment, and food safety. **Food Energy Security**, v. 6, p. 48–60, 2017.

CARDOSO, C. A. L.; COELHO, R. G.; HONDA, N. K.; POTT, A.; PAVAN, F. R.; LEITE, C. Q. F. Phenolic compounds and antioxidant, antimicrobial and antimycobacterial activities of *Serjania erecta* Radlk. (Sapindaceae). **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v.49, p.775-782, 2013.

CASTELO BRANCO, M.; GATEHOUSE, A. G. A survey of insecticide susceptibility in *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Yponomeutidae) in the Federal District, Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 30, p. 327-332, 2001.

COSTA, E. L. N.; SILVA, R. F. S.; FIUZA, L. M. Efeitos, aplicações e limitações de extratos de plantas inseticidas. **Acta Biologica Leopoldensia**, v. 24, p. 173-185, 2004.

COUTO, I. F. S.; VERZA, S.; VALENTE, F. I.; SENNA, B.; SOUZA, S. A.; MAUAD, M.; MUSSURY, R. M. Botanical extracts of the brazilian savannah affect feeding and

oviposition of *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae). **Journal of Agricultural Science**, v. 11, p. 322-333, 2019.

COUTO, I. F. S.; SOUZA, S. A.; VALENTE, F. I.; SILVA, R. M.; SCALON, S. D. P. Q.; PEREIRA, F. F.; SILVA, S. V.; CARVALHO, E. M.; MUSSURY, R. M. Changes in the biological characteristics of *Plutella xylostella* using ethanolic plant extracts. **Gesunde Pflanzen**, v. 72, p. 383-391, 2020.

DELETRE, E.; SCHATZ, B.; BOURGUET, D.; CHANDRE, F.; WILLIAMS, L.; RATNADASS, A.; MARTIN, T. Prospects for repellent in pest control: current developments and future challenges. **Chemoecology**, v. 26, p. 127-142, 2016.

DONG, X.; ZHAI, Y.; HU, M.; ZHONG, G.; HUANG, W.; ZHENG, Z.; HAN, P. Proteomic and properties analysis of botanical insecticide rhodojaponin III-Induced response of the Diamondback Moth, *Plutella xylostella* (L.). **PloS one**, v. 8, e67723, 2013.

FAHEY, J.W.; ZALCMANN, A.T.; TALALAY, P. The chemical diversity and distribution of glucosinolates and isothiocyanates among plants. **Phytochemistry**, v. 56, p. 5-51, 2001.

FERREIRA, E. A.; SOUZA, S. A.; DOMINGUES, A.; SILVA, M. M. M.; PADIAL, I. M. P. M.; CARVALHO, E. M.; CARDOSO, C. A. L.; SILVA, S. V.; MUSSURY, R. M. Phytochemical screening and bioactivity of *Ludwigia* spp. in the control of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **Insects**, v. 11, p. 596, 2020.

FRANCISCO, M.; TORTOSA, M. MATÍNEZ-BALLESTA, M. C.; VELASCO, P.; GARCÍA-VIGUERA, C.; MORENO, D. A. Nutritional and phytochemical value of Brassica crops from the agri-food perspective. **Annals of Applied Biology**, v. 170, p. 273–285, 2017.

FURLONG, M. J.; WRIGHT, D. J.; DOSDALL, L. M. Diamondback Moth Ecology and Management: Problems, Progress, and Prospects. **Annual Review of Entomology**, v.58, p. 517-541, 2013.

FÜRSTENBERG-HÄGG, J.; ZAGROBELNY, M.; BAK, S. Plant defense against insect herbivores. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 14, p. 10242-97, 2013.

GEYTER, E.; SWEVERS, L.; CACCIA, S.; GEELLEN, D.; SMAGGHE, G. Saponins show high entomotoxicity by cell membrane permeation in Lepidoptera. **Pest Management Science**, v. 68, p. 1199-1205, 2012.

GRZYWACZ, D.; ROSSBACH, A.; RAUF, A.; RUSSELL, D. A., SRINIVASAN, R., & SHELTON, A. M. Current control methods for diamondback moth and other brassica insect pests and the prospects for improved management with lepidopteran-resistant Bt vegetable brassicas in Asia and Africa. **Crop protection**, v. 29, p. 68-79, 2010.

GUIMARÃES, C. C.; OLIVEIRA, D. D.; VALDEVITE, M.; SALTORATTO, A. L. F.; PEREIRA, S. I. V.; FRANÇA, S. C.; PEREIRA, A. N. S.; PEREIRA, P. S. The glycosylated flavonoids vitexin, isovitexin, and quercetrin isolated from *Serjania erecta* Radlk (Sapindaceae) leaves protect PC12 cells against amyloid- β 25-35 peptide-induced toxicity. **Food and Chemical Toxicology**, v.86, p.88-94, 2015.

HASSAN, E.; HAYAT ZADA, B. A. Effect of Different Neem Extracts on *Plutella Xylostella* (Lepidoptera; Plutellidae) Under Laboratory Conditions. **Journal of Agricultural & Crop Sciences**, v.1, p.1-5, 2018.

HOPKINS, R. J.; VAN DAM, N. M.; VAN LOON, J. J. A. Role of glucosinolates in insect–plant relationships and multitrophic interactions. **Annual Review of Entomology**, v. 54, p. 57–83, 2009.

HOROWITZ, A. R.; GHANIM, M.; RODITAKIS, E.; NAUEN, R.; ISHAAYA, I. Insecticide resistance and its management in *Bemisia tabaci* species. **Journal of Pest Science**, v. 93, p. 893-910, 2020.

KOGAN, M.; GOEDEN, R. D. The host-plant range of *Lema trilineata daturaphila* (Coleoptera: Chrysomelidae). **Annals of the Entomological Society of America**, v. 63, p 1175-1180, 1970.

INOCENTE, E. A.; NGUYEN, B.; MANWILL, P. K.; BENATREHINA, A.; KWEKA, E.; WU, S.; CHENG, X.; RAKOTONDRAIBE, L. H.; PIERMARINI, P. M. Insecticidal and antifeedant activities of Malagasy medicinal plant (*Cinnamosma* sp.) extracts and drimane-type sesquiterpenes against *Aedes aegypti* mosquitoes. **Insects**, v. 10, p. 373, 2019.

ISMAN, M. B.; KOUL, O.; LUCZYNSKI, A.; KAMINSKI, J. Insecticidal and antifeedant bioactivities of neem oils and their relationship to azadirachtin content. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 38, p. 1406-1411, 1990.

ISMAN, M. B. A physiological perspective. In: Roitberg B. D, Isman M. B (eds) *Insect chemical ecology: an evolutionary approach*. Chapman and Hall, New York, p. 156–176, 1992.

JAHANGIR, M.; KIM, H. K.; CHOI, Y. H.; VERPOORTE, R. Health-affecting compounds in Brassicaceae. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 8, p. 31-43, 2009.

JOURAKU, A.; KUWAZAKI, S.; MIYAMOTO, K.; UCHIYAMA, M.; KUROKAWA, T.; MORI, E.; MORI, Y.; SONODA, S. Ryanodine receptor mutations (G4946E and I4790K) differentially responsible for diamide insecticide resistance in diamondback moth, *Plutella xylostella* L. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v. 118, p. 103308, 2020.

LESTARI, M. S.; HIMAWAN, T.; ABADI, A. L.; RETNOWATI, D. R. Consumption efficiency of leaf extracts of piper methysticum g. Forst against larvae of *plutella Xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **Innovation of Environmental-Friendly Agricultural Technology Supporting Sustainable Food Self-Sufficiency**, p.695 – 711, 2019.

LI, L. F.; ZENG, T.; WEI, D. W.; CHEN, H. S. Effect of different plant extracts on prevention of oviposition in *Plutella xylostella* (L.) adults. **Journal of Southern Agriculture**, v. 2, 2011.

LI, Z.; ZALUCKI, M. P.; YONOW, T.; KRITICOS, D. J.; BAO, H.; CHEN, H.; HU, Z.; FENG, X.; FURLONG, M. J. Population dynamics and management of diamondback moth (*Plutella xylostella*) in China: the relative contributions of climate, natural enemies and cropping patterns. **Bulletin of Entomological Research**, v. 106, p.197-214, 2016.

LI, X.; SHI, H.; GAO, X.; LIANG, P. Characterization of UDP-glucuronosyltransferase genes and their possible roles in multi-insecticide resistance in *Plutella xylostella* (L.). **Pest Management Science**, v. 74, p. 695-704, 2018a.

LI, X.; LI, R.; ZHU, B.; GAO, X.; LIANG, P. Overexpression of cytochrome P450 CYP6BG1 may contribute to chlorantraniliprole resistance in *Plutella xylostella* (L.). **Pest Management Science**, v. 74, p. 1386-1393, 2018b.

MASSAROLLI, A.; BERSANI, B. C. G.; ROZA, F. H. D.; BUTNARIU, A. R.; PEREIRA, M. J. B.; FOERSTER, L. A. Evaluation of Leaf Consumption and Determination of Economic Injury Level Caused by *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) in *Brassica oleracea* var. *acephala* (Brassicales: Brassicaceae). **Journal of Economic Entomology**, v. 112, p. 1805-1811, 2019.

MELLO, M. O.; SILVA-FILHO, M. C. Plant-insect interactions: an evolutionary arms race between two distinct defense mechanisms. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 14, p. 71-81, 2002.

MORDUE, A. J.; BLACKWELL, A. Azadirachtin: An Update. **Journal of Insect Physiology**, v.39, p. 903-924, 1993.

MOREIRA, S. S.; TAMASHIRO, L. K.; JORGE, B. C.; BALIN, P. S.; HEREDIA-VIEIRA, S. C.; ALMEIDA, G. L.; CARDOSO, C. A. L.; KASSUYA, C. A. L.; ARENA, A. C. Toxicological safety evaluation in acute and 28-day studies of aqueous extract from *Serjania marginata* Casar (Sapindaceae) leaves in rats. **Journal of Ethnopharmacology**, v.231, p.197-204, 2019.

MPUMI, N.; MACHUNDA, R. S.; MTEI, K. M.; NDAKIDEMI, P. A. Selected insect pests of economic importance to *Brassica oleracea*, their control strategies and the potential threat to environmental pollution in Africa. **Sustainability**, v. 12, p. 3824, 2020.

PERES, L. L. S.; SOBREIRO, A. I.; COUTO, I. F. S.; SILVA, R. M.; PEREIRA, F. F.; HEREDIA-VIEIRA, S. C.; CARDOSO, C. A. L.; MAUAD, M.; SCALON, S. P. Q.; VERZA, S. S.; MUSSURY, R. M. Chemical compounds and bioactivity of aqueous extracts of *Alibertia* spp. in the control of *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae). **Insects**, v. 8, p. 125, 2017.

RAMIREZ, D.; VICTORIO-ABELLÁN, A.; BERETTA, V.; CAMARGO, A.; MORENO, D. A. Functional ingredients from Brassicaceae species: Overview and perspectives. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 21, n. 6, p. 1998, 2020.

RIMSHA, N.; NAUREEN, R.; AZEVEDO, K. E. B.; WAQAR, M.; SHAHLA, N. Abundance and diversity of foliage insects among different Olericulture Crops. **GSC Biological and Pharmaceutical Sciences**, v. 10, p. 062-069, 2020.

ROCHA, A. N.; DE CARVALHO, E. M.; MAUAD, J. R. C.; MUSSURY, R. M. *Tradescantia pallida* L.(Commelinaceae) influences the activity of oviposition and feeding of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **Research, Society and Development**, v. 10, e57610817583-e57610817583, 2021.

SALINAS-SÁNCHEZ, D. O.; JIMÉNEZ-FERRER, E.; SÁNCHEZ-SÁNCHEZ, V.; ZAMILPA, A.; GONZÁLEZ-CORTAZAR, M.; TORTORIELLO, J.; HERRERA-RUIZ, M. Anti-inflammatory activity of a polymeric proanthocyanidin from *Serjania schiedeana*. **Molecules**, v. 22, p. 863, 2017.

SALINAS-SÁNCHEZ, D. O.; AVILÉS-MONTES, D.; ALDANA-LLANOS, L., GUTIÉRREZ-OCHOA, M.; FIGUEROA-BRITO, R.; SOTELO-LEYVA, C. Efecto Insecticida de *Serjania schiedeana* Para el Control de *Spodoptera frugiperda* Bajo Condiciones de Laboratorio e Invernadero. **Southwestern Entomologist**, v. 45, p.521-530, 2020.

SANGAVI, R.; EDWARD, Y. J. T. Anti-Insect Activities of Plant Extracts on the Diamondback Moth, *Plutella xylostella* (L.). **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 6, p. 28-39, 2017.

SANTOLAMAZZA-CARBONE, S.; VELASCO, P.; SOENGAS, P.; CARTEA, M. E. Bottom-up and top-down herbivore regulation mediated by glucosinolates in *Brassica oleracea* var. *acephala*. **Oecologia**, v. 174, p. 893-907, 2014.

SCHMUTTERER, H. Potential of azadirachtin-containing pesticides for integrated pest control in developing and industrialized countries. **Journal of Insect Physiology**, v. 34, p. 713–719, 1988.

SCHNEIDER, C. A.; RASBAND, W. S.; ELICEIRI, K. W. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. **Nature Methods**, v. 9, p. 671-675, 2012.

SHELTON, A. M. Management of the diamondback moth: déjà vu all over again? In: ENDERSBY, N.M.; RIDLAND, P.M. (Ed.). The management of diamondback moth and other crucifer pests. Melbourne: The Regional Institute, p.3-8, 2001.

SIMPSON, S. J.; SIMPSON, C. L. The Mechanisms of Nutritional Compensation by Phytophagous Insects. **Insect Plant Interactions**, v. 2, p. 111-160, 1990.

TALEKAR, N. S.; SHELTON A. M. Biology, ecology, and management of the diamondback moth. **Annual Review of Entomology**, v. 38, p. 275–301, 1993.

UUSIKU, N. P., OELOFSE, A., DUODU, K. G., BESTER, M. J., FABER, M. Nutritional value of leafy vegetables of sub-Saharan Africa and their potential contribution to human health: A review. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 23, n. 6, p. 499-509, 2010.

VAN LOON, J. J. A.; WANG, C. Z.; NIELSEN, J. K.; GOLS, R.; QIU, Y. T. Flavonoids from cabbage are feeding stimulants for diamondback moth larvae additional to glucosinolates: chemoreception and behaviour. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 104, p. 27-34, 2002.

VELASCO, P.; CARTEA, M. E.; GONZÁLEZ, C.; VILAR, M.; ORDÁS, A. Factors affecting the glucosinolate content of kale (*Brassica oleracea acephala* group). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, p. 955-962, 2007.

WANG, X.; CAO, X.; JIANG, D.; YANG, Y.; WU, Y. CRISPR/Cas9 mediated ryanodine receptor I4790M knockin confers unequal resistance to diamides in *Plutella xylostella*. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v. 125, p. 103453, 2020.

ZALUCKI, M. P.; SHABBIR, A.; SILVA, R.; ADAMSON, D.; SHU-SHENG, L.; FURLONG, M. J. Estimating the economic cost of one of the world's major insect pests, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae): just how long is a piece of string? **Journal of Economic Entomology**, v. 105, p. 1115-1129, 2012.

ZANATTA, A. C.; VILEGAS, W.; EDRADA-EBEL, R. UHPLC-(ESI)-HRMS and NMR-based metabolomics approach to access the seasonality of *Byrsonima intermedia* and *Serjania marginata* from Brazilian Cerrado flora diversity. **Frontiers in Chemistry**, v.9, p.534, 2021.

CAPÍTULO IV

Toxicidade de extratos aquosos de *Serjania* spp. sobre ovos, larvas e pupas de *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae)

Eduardo Carvalho Faca¹, Rosilda Mara Mussury¹

¹Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais (FCBA), Programa de Pós-graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade. Rodovia Dourados-Itahum, Km 12, Cidade Universitária, CEP: 79.804-970, Dourados-MS, Brasil. E-mail: eduardofaca@gmail.com

Resumo

A traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Plutellidae), é um inseto comumente encontrado na cultura das brássicas, sendo o principal responsável pelos prejuízos econômicos nesta cultura. O manejo químico utilizado para o seu controle, além de elevar os custos econômicos, não são ambientalmente saudáveis. Como alternativa, os inseticidas botânicos podem ser uma via sustentável para o meio ambiente e suas aplicações tópicas podem causar alterações na biologia de *P. xylostella*, contribuindo para o seu controle. Diante disso, verificamos a toxicidade dos extratos aquosos de *Serjania erecta* Radlk (Sapindaceae) e *Serjania marginata* Casar (Sapindaceae), nas concentrações 5% e 10%, aplicados topicamente sobre ovos, larvas e pupas de *P. xylostella*. Para isso, foi realizada a imersão dos ovos de *P. xylostella* nos respectivos tratamentos contendo extratos aquosos de *S. erecta* e *S. marginata*, nas concentrações 5% e 10% e, também, foram aplicados 20 µl, destes tratamentos, em larvas e pupas de *P. xylostella*. Foram avaliados a viabilidade de ovos (%), a sobrevivência larval (%) e a sobrevivência pupal (%). Observamos que os tratamentos à base de *S. erecta* e *S. marginata* reduziram todas as características biológicas estudadas em relação ao controle, sendo que os extratos aquosos contendo *S. marginata* foram mais eficazes na redução da sobrevivência larval e pupal de *P. xylostella*. Além disso, a concentração 10% intensificou a diminuição da sobrevivência larval. Portanto, concluímos que os extratos aquosos de ambas as espécies apresentaram potencial para serem utilizadas como bioinseticidas tópicos, sendo tóxicos para ovos, larvas e pupas de *P. xylostella*.

Palavras-chave: aplicações tópicas; bioinseticidas; *Serjania erecta*; *Serjania marginata*; traça-das-crucíferas

Abstract

The diamondback moth, *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Plutellidae), is an insect commonly found in the brassica culture, being the main responsible for the economic losses in this culture. The chemical management used for its control, in addition to raising economic costs, is not environmentally sound. As an alternative, botanical insecticides can be a sustainable way for the environment and their topical applications can cause changes in the biology of *P. xylostella*, contributing to its control. Therefore, we verified the toxicity of aqueous extracts of *Serjania erecta* Radlk (Sapindaceae) and *Serjania marginata* Casar (Sapindaceae), at concentrations of 5% and

10%, applied topically on eggs, larvae and pupae of *P. xylostella*. For this, *P. xylostella* eggs were immersed in the respective treatments containing aqueous extracts of *S. erecta* and *S. marginata*, at concentrations of 5% and 10% and, also, 20 µl of these treatments were applied to larvae and pupae of *P. xylostella*. Egg viability (%), larval survival (%) and pupal survival (%). We observed that the treatments based on *S. erecta* and *S. marginata* reduced all the biological characteristics studied in relation to the control, and the aqueous extracts containing *S. marginata* were more effective in reducing the larval and pupal survival of *P. xylostella*. In addition, the 10% concentration intensified the decrease in larval survival. Therefore, we conclude that the aqueous extracts of both species showed potential to be used as topical bioinsecticides, being toxic to eggs, larvae and pupae of *P. xylostella*.

Keywords: bioinsecticides; topical applications; diamondback moth; *Serjania erecta*; *S. marginata*.

1. Introdução

A constante expansão da agricultura e a alta demanda alimentar tem colaborado para o aumento das populações de artrópodes pragas no campo, ocasionando elevadas perdas na produtividade e contribuindo para o aumento das sucessivas aplicações de inseticidas sintéticos (OERKE et al., 2006; CULLINEY et al., 2014). Embora este método de controle garanta a imediata redução de populações de pragas e de seus danos nas culturas, existem efeitos colaterais que comprometem a biodiversidade local, através da geração de resíduos, contaminação de solos e ecossistemas e da não seletividade, sendo tóxicos para organismos não alvos (CARVALHO, 2017). Além disso, outro grande problema provocado pelas constantes aplicações de inseticidas está concentrado na evolução da resistência dos insetos, proporcionada principalmente pela não rotação dos princípios ativos presentes nos produtos utilizados e pela ausência de um programa adequado de monitoramento e manejo de pragas (GOULD et al., 2018; VAN LEEUWEN et al., 2020).

O manejo integrado de pragas (MIP) agrega um conjunto de tecnologias para serem utilizadas de maneira interativa por meio de táticas sustentáveis com o objetivo de conter o ataque de pragas nas culturas e diminuir os prejuízos econômicos (HAGSTRUM et al., 2018; LENGAI et al., 2020). Os inseticidas botânicos podem ser uma ferramenta eficaz no controle de insetos, quando associada a outros métodos interativos oferecidos pelo MIP (DAMALAS & KOUTROUBAS et al., 2020). Eles agem a partir dos metabólitos secundários de plantas, que são naturalmente produzidos, como forma de defesa contra algum organismo agressor (TAGLIARI et al., 2004). Em insetos, os bioinseticidas podem causar alterações biológicas, inibindo a alimentação, dificultando o

desenvolvimento, reduzindo a fecundidade, alterando seu comportamento, causando deformações e até mesmo a mortalidade de indivíduos imaturos e adultos (SCHMUTTERER, 1988; MORDUE & BLACKWELL, 1993; COSTA et al., 2004; PERES et al., 2017; ALI et al., 2019; COUTO 2019; 2020; GAO et al., 2019; FERREIRA et al., 2020). Além disso, os inseticidas botânicos são caracterizados pela praticidade do seu preparo, pela disponibilidade local a partir de plantas nativas, pequeno custo de produção e baixa toxicidade para organismos não alvos (TALEKAR & SHELTON, 1993; DONG et al., 2013).

Vários estudos já foram realizados promovendo a investigação de propriedades bioativas de várias famílias vegetais Annonaceae, Meliaceae, Asteraceae, Rubiaceae, Rutaceae, Euphorbiaceae, Solanaceae, Onagraceae, Anacardiaceae e Sapindaceae (JACOBSON, 1989; AMOABENG et al., 2013; KRINSKI et al., 2014; PERES et al., 2017; COUTO et al., 2020; FERREIRA et al., 2020). Além disso, os bioinseticidas já foram relatados em trabalhos desenvolvidos para o controle de vários lepidópteros como *Helicoverpa armígera* (Lepidoptera: Noctuidae), *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae), *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae), *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Plutellidae) entre outros (FITE et al., 2018, 2020; JUNHIRUN et al., 2018; SISAY et al., 2019; COUTO et al., 2020; FERREIRA et al., 2020).

A traça-das-crucíferas, *P. xylostella*, é considerada uma praga cosmopolita e apresenta um ciclo de vida curto com grande potencial reprodutivo podendo permanecer na cultura por várias gerações consecutivas (ULMER et al., 2002). Este microlepidóptero desenvolveu resistência para mais de 100 princípios ativos de agrotóxicos (APRD, 2021), sendo este inseto considerado o principal fator limitante nos cultivos de brássicas, pois são responsáveis por significativos danos e prejuízos econômicos, sendo investidos anualmente mais de US \$ 4 bilhões para o seu manejo e controle (ZALUCKI et al., 2012).

O gênero *Serjania*, pertencente à família Sapindaceae, ainda é pouco investigado e já foi relatado em alguns trabalhos, apresentando espécies com potenciais inseticidas para o controle de alguns lepidópteros (COUTO et al., 2019, 2020; SALINAS-SÁNCHEZ et al., 2020) Diante da necessidade da minimização das aplicações de inseticidas sintéticos, da redução dos impactos ambientais proporcionados por estes produtos e da busca por novos métodos alternativos e sustentáveis para o controle da traça-das-crucíferas, este trabalho objetivou avaliar a toxicidade dos extratos aquosos de *Serjania erecta* Radlk

(Sapindaceae) e *Serjania marginata* Casar (Sapindaceae), nas concentrações 5 e 10%, aplicados topicamente sobre ovos, larvas e pupas de *P. xylostella*

2. Material e Métodos

Os extratos e os bioensaios foram preparados e realizados no Laboratório de Interação Inseto-Planta (LIIP) da Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais (FCBA) na Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil.

2.1. Criação de *P. xylostella*

A partir de pupas e larvas coletadas em áreas de cultivo de couve, a criação foi estabelecida e multiplicada em condições laboratoriais com temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa de $55 \pm 5\%$ e fotoperíodo de 12 horas.

As pupas coletadas foram colocadas em gaiolas de plástico transparentes medindo 9 cm de comprimento x 19 cm de largura x 19 cm de altura. Após a emergência, os adultos foram alimentados com mel a 10% e foram oferecidos discos de couve medindo 8cm de diâmetro sobre papel filtro para a oviposição das fêmeas. Diariamente, os discos foram trocados e transferidos para potes de plástico (30 cm de comprimento $\times$ 15 cm de largura $\times$ 12 cm de altura), devidamente higienizados e esterilizados. Após a eclosão das larvas, folhas de couve orgânica (*Brassica oleracea* var. *acephala*), higienizadas e lavadas com solução de hipoclorito de sódio a 5% e água corrente, foram colocadas para alimentação. Foram colocadas duas folhas de couve nos potes de plástico. Uma folha de couve disposta com a face adaxial voltada para o recipiente de plástico e a face abaxial livre, onde foram colocadas as larvas. E a segunda folha com a face abaxial voltada para as larvas. Diariamente as folhas de couve foram substituídas, mantendo sempre as folhas superiores até que as larvas atingissem a fase pupal (BARROS et al., 2012) (Figura 1).

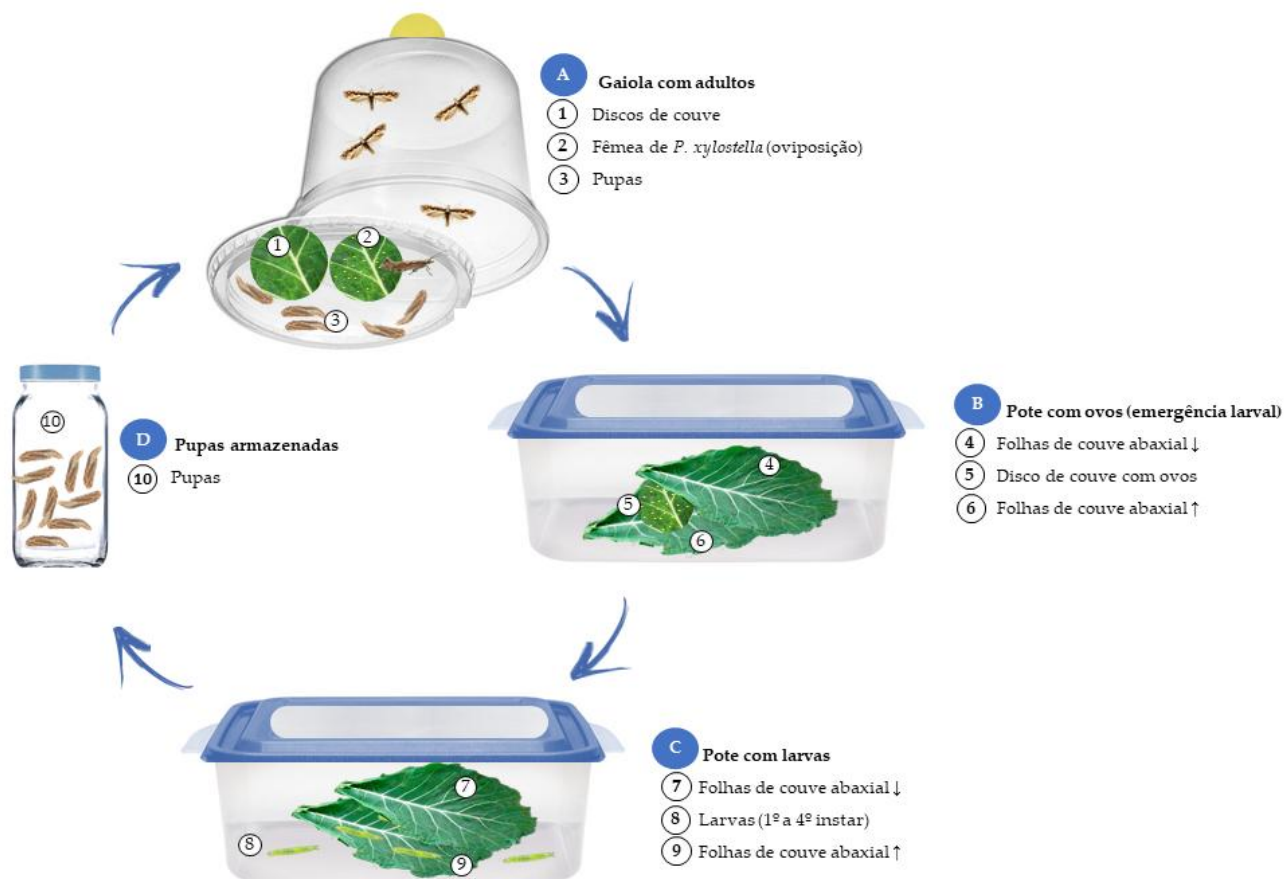


Figura 1. Esquema representativo da metodologia de criação e multiplicação de *P. xylostella* em condições controladas de temperatura (25 ± 2 °C), umidade relativa ($55 \pm 5\%$) e fotoperíodo (12 horas). Dourados, MS, 2022 (Créditos: Eduardo Carvalho Faca).

2.2. Material botânico

Folhas expandidas de *S. erecta* e *S. marginata* foram coletadas no Horto de Plantas Medicinais (HPM), da Universidade Federal da Grande Dourados, em Dourados, MS ($22^{\circ}11'43.7''\text{S}$ e $54^{\circ}56'08.5''\text{W}$).

As espécies foram identificadas a partir das exsicatas presentes no herbário da Universidade Federal da Grande Dourados-UFGD, apresentando os números de registro: 5395 – *S. erecta* e 6267 – *S. marginata*.

2.3. Preparo dos extratos aquosos

As folhas coletadas foram colocadas em câmara de circulação forçada de ar com temperatura constante de 40 °C (± 1 °C). Após três dias, as folhas foram trituradas em moinho industrial de facas para a obtenção de um pó fino.

Os extratos aquosos foram preparados a partir da técnica de maceração, onde misturou-se 5 g do material vegetal com 50 mL de água destilada e 2,5g do material vegetal com 50 mL de água destilada para obtenção das concentrações de 10% e 5%, respectivamente. O material foi agitado manualmente e permaneceu em repouso por 24 horas sob refrigeração para a extração dos compostos hidrossolúveis. Após este período foi realizada a coagem, com o auxílio de voil, para a obtenção dos extratos aquosos nas concentrações (peso/volume) 10% e 5%.

2.4. Bioensaio de toxicidade de contato em ovos de *P. xylostella*

A metodologia para o desenvolvimento e avaliação da toxicidade dos extratos em ovos de *P. xylostella* foi adaptada de Liu et al. (2019), Silva et al. (2019), Ferreira et al. (2021) e Silva et al. (2021). Folhas de couve contendo ovos com até 24 horas de idade foram retiradas da gaiola de adultos. Em seguida, as folhas foram cortadas com o auxílio de navalha, cada pedaço com 30 ovos. Posteriormente, os pedaços de couve, contendo os 30 ovos, foram mergulhados, separadamente, durante 20 segundos nos devidos tratamentos (controle, *S. erecta* e *S. marginata*) com as respectivas concentrações (5% e 10%). Em seguida, foram secos em temperatura ambiente por 5 minutos. Cada pedaço de couve contendo os ovos tratados foi individualizado em placas de Petri, colocados sobre papel filtro úmido e mantidos em condições controladas ($25 \pm 2^{\circ}\text{C}$; 55 ± 5 UR; 12h fotofase). As placas contendo os ovos tratados foram avaliadas duas vezes ao dia, durante 5 dias, para verificar e registrar a eclosão larval (Figura 2).

2.5. Bioensaio de toxicidade de contato em larvas de *P. xylostella*

A metodologia para o desenvolvimento e avaliação da toxicidade dos extratos aquosos para larvas de *P. xylostella* foi adaptada de Risco et al. (2012), Hernández-Lambrão et al. (2014), Huang et al. (2014), Junhirun et al. (2018) e Silva et al. (2021). Para este ensaio foram selecionadas larvas de terceiro instar de desenvolvimento. O instar foi determinado pela largura da capsula cefálica das larvas (0,33-0,44 mm). Com o auxílio de uma micropipeta eletrônica, foi realizado aplicações tópicas de 20 μL do devido tratamento diretamente na superfície dorsal de cada larva. Em seguida, foram secas em temperatura ambiente e foram individualizadas em placas de Petri, colocadas sobre papel filtro com um disco foliar de couve para alimentação e mantidas em condições controladas ($25 \pm 2^{\circ}\text{C}$; 55 ± 5 UR; 12h fotofase). O experimento foi avaliado durante

quatro dias e diariamente os discos de couve foram substituídos. Durante este período foi avaliada a mortalidade larval em cada tratamento (Figura 2).

2.6. Bioensaio de toxicidade de contato em pupas de *P. xylostella*

A metodologia para o desenvolvimento e avaliação da toxicidade dos extratos para pupas de *P. xylostella* foi adaptada de de Risco et al. (2012), Santos et al. (2015), Huang et al. (2014) e Silva et al. (2021). Para este bioensaio foram selecionadas pupas com até 24 horas de idade. Com o auxílio de uma micropipeta eletrônica, foi realizado aplicações tópicas de 20 µl do devido tratamento diretamente em cada pupa. Em seguida, as pupas foram secas em temperatura ambiente e individualizadas em placas de Petri, colocadas sobre papel filtro e mantidas em condições controladas ($25 \pm 2^\circ\text{C}$; 55 ± 5 UR; 12h fotofase). As placas foram, diariamente, avaliadas duas vezes ao dia, durante 7 dias, para verificar e registrar a emergência dos adultos (Figura 2).

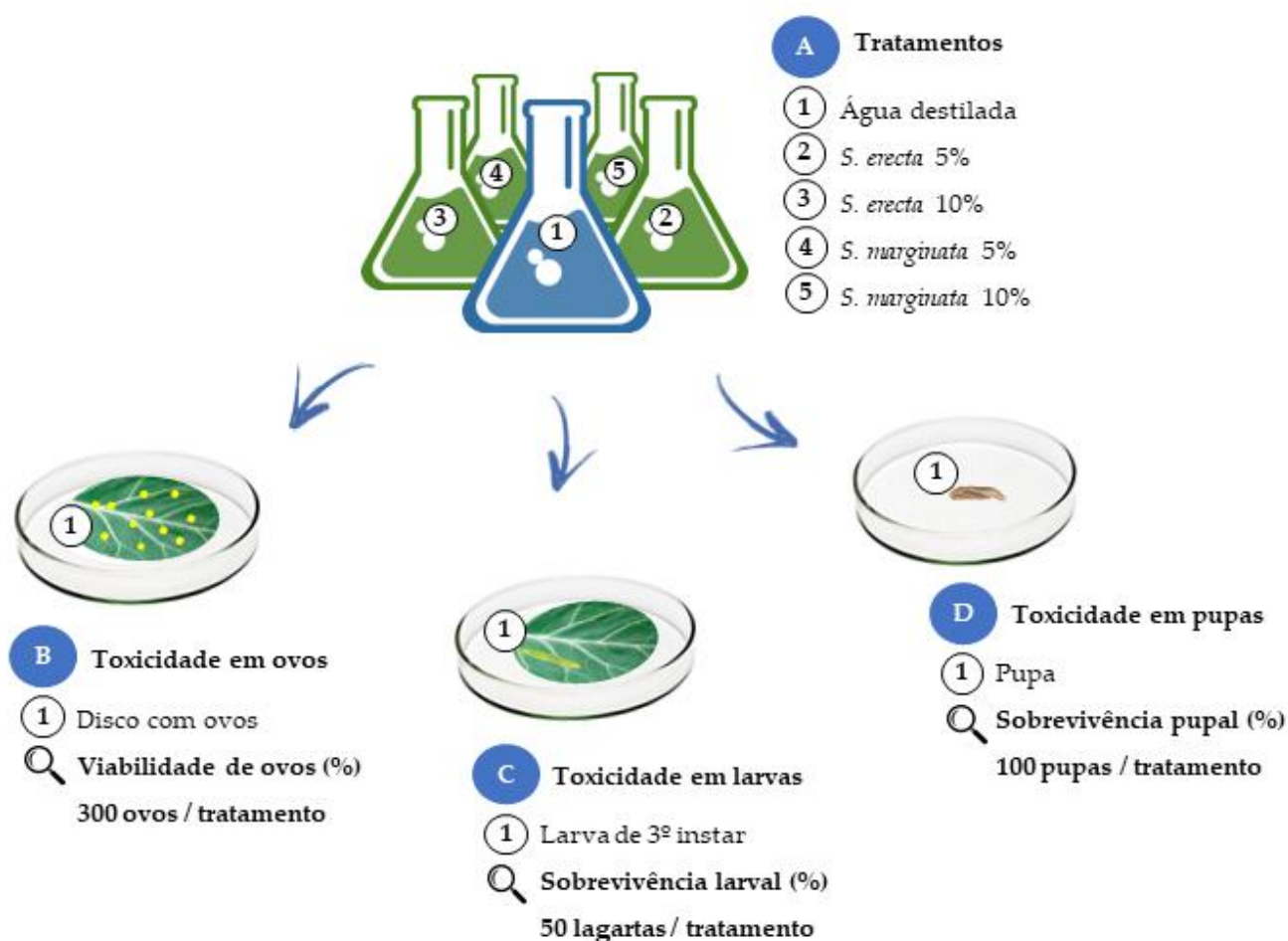


Figura 2. Esquema representativo da metodologia utilizada para avaliação da toxicidade dos extratos de *S. erecta* e *S. marginata*, nas concentrações 5% e 10% em ovos, larvas e pupas de *P. xylostella* (Créditos: Eduardo Carvalho Faca).

2.7. Análise estatística dos dados

O experimento foi realizado com delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial duplo (3x2), composto por duas espécies de plantas, um controle e duas concentrações de extrato vegetal (5% e 10%).

Para a toxicidade em ovos, cada tratamento foi constituído por 10 repetições, com 30 ovos por repetição, totalizando 300 ovos por tratamento. Foi avaliada a viabilidade dos ovos como: Viabilidade de ovos (%) = (ovos incubados) $\times$ 100 / total de ovos.

Para o teste de toxicidade em larvas, cada tratamento foi constituído por 10 repetições com 5 larvas por repetição, totalizando 50 larvas por tratamento. Foi calculada a sobrevivência larval como: Sobrevivência larval (%) = (Larvas sobreviventes) $\times$ 100 / Total de larvas.

Para o bioensaio de toxicidade em pupas, cada tratamento foi constituído por 10 repetições, com 10 pupas por repetição, totalizando 100 pupas por tratamento. Foi calculada a sobrevivência pupal como: Sobrevivência pupal (%) = (adultos emergidos) $\times$ 100 / total de pupas.

Os dados foram verificados a nível de normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade (Bartlett), e quando necessário, foram transformados para $\sqrt{x} + 0.5$ e arcoseno da $\sqrt{x}/100$. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

3. Resultados

Para a viabilidade dos ovos não ocorreu interação significativa entre os fatores planta e concentração. Porém, observou-se significância na viabilidade dos ovos para o fator isolado planta ($F = 88,274$; $GL = 2$; $p < 0,05$) e para o fator isolado concentração ($F = 7,203$; $GL = 1$; $p = 0,009644$) (Tabela 1).

Para a sobrevivência larval não houve interação significativa entre os fatores planta e concentração, entretanto este parâmetro foi significativo para o fator isolado planta ($F = 22,3789$; $GL = 2$; $p = 0,00001$) e concentração ($F = 4,1925$; $GL = 1$; $p = 0,04547$) (Tabela 1). A concentração 10% foi mais eficaz na redução da sobrevivência larval para ambas as espécies, sendo a espécie *S. marginata* a responsável pela menor sobrevivência ($48,00 \pm 7,42$) (Tabela 1).

Para a sobrevivência pupal não se observou significância entre os fatores (planta e concentração) e nem para o fator isolado concentração. Entretanto, houve significância para o fator isolado planta ($F = 52,838$; $GL = 2$; $p < 0,05$) (Tabela 1).

Tabela 1. Médias ($\pm$ EP) da viabilidade de ovos (%) e sobrevivência larval e pupal (%) para os fatores isolados planta (*S. erecta* e *S. marginata*) e concentração (5% e 10%) nos testes de toxicidade em ovos, larvas e pupas de *P. xylostella* ($25 \pm 2^\circ\text{C}$; 55 ± 5 UR; 12h fotofase). Dourados, MS. 2022.

Tratamentos	Fator Extrato de Planta		
	Viabilidade dos ovos (%)	Sobrevivência larval (%)	Sobrevivência pupal (%)
Controle	$93,66 \pm 1,16$ a	$98,00 \pm 1,38$ a	$90,00 \pm 2,05$ a
<i>S. erecta</i>	$67,16 \pm 2,27$ b	$79,00 \pm 4,70$ b	$71,00 \pm 1,91$ b
<i>S. marginata</i>	$66,50 \pm 1,67$ b	$58,00 \pm 5,79$ c	$60,50 \pm 2,23$ c
Fator Concentração			
5%	$73,22 \pm 3,03$ a	$83,33 \pm 4,08$ a	$72,00 \pm 2,97$ a
10%	$78,33 \pm 2,33$ b	$73,33 \pm 5,01$ b	$75,66 \pm 2,61$ a
CV (%)	9,73	24,15	12,46

Médias ($\pm$ EP) seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si ao nível de significância a 5% de probabilidade quando comparadas pelo teste de Tukey. CV = Coeficiente de variação.

4. Discussão

Os extratos aquosos de *S. erecta* e *S. marginata*, nas concentrações 5% e 10% reduziram a viabilidade dos ovos e a sobrevivência larval e pupal, pois algumas espécies de plantas utilizadas como extratos vegetais possuem a capacidade de reduzir a sobrevivência de ovos, ninfas, larvas e pupas, além de inibir a oviposição, interferindo no processo reprodutivo dos insetos (COSTA et al., 2004). Algumas substâncias presentes nos extratos podem atuar topicamente, a partir do contato direto, sendo absorvidas pela quitina, pelo exoesqueleto ou pelas vias respiratórias, causando toxicidade ao inseto (COSTA et al., 2004). Além disso, a presença de vários grupos aleloquímicos podem atuar sinergicamente intensificando o efeito tóxico dos extratos botânicos (BERENBAUM, 1985).

A viabilidade dos ovos foi reduzida nos tratamentos para ambas as espécies vegetais, devido a presença de compostos bioativos presentes nos extratos vegetais que penetram no córion dos ovos, pelos canais aerópilos, interferindo na oxigenação do

embrião. A deficiência na oxigenação pode comprometer as trocas gasosas com o meio externo, interferindo nos processos bioquímicos e hormonais e afetando o desenvolvimento do embrião (FAGOONEE & LAUGE, 1981; SMITH & SALKELD, 1996). Além disso, alguns compostos como os taninos podem se ligar a superfície dos ovos, a partir de interações proteicas, afetando o processo de respiração do embrião (ENGSTROM et al., 2016). Triagens fitoquímicas dos extratos de *S. erecta* e *S. marginata* evidenciam a presença de compostos fenólicos, flavonoides, alcaloides e taninos em suas composições (LIMA et al., 2006; GOMIG et al., 2008; GUIMARÃES et al., 2015; PÉRICO et al., 2015; MOREIRA et al. 2019). Couto et al. (2020) verificaram que o extrato de *S. marginata* na concentração 10% reduziu significativamente a viabilidade de ovos de *P. xylostella*, quando alimentadas com o extrato desta espécie vegetal. Krinski et al. (2018) notaram a diminuição da viabilidade dos ovos de *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Erebidæ) nos bioensaios tratados com os diferentes extratos botânicos, atribuindo o efeito tóxico aos componentes químicos das espécies estudadas. Matharu e Mehta (2017) também verificaram a redução da viabilidade de ovos de *P. xylostella* nos bioensaios contendo extratos botânicos de diferentes espécies vegetais.

A sobrevivência larval diminuiu nos tratamentos utilizando os extratos aquosos de *S. erecta* e *S. marginata*, devido a toxicidade dos bioextratos que podem reduzir a aptidão de insetos herbívoros, inibir o crescimento e o desenvolvimento larval (HUMMELBRUNNER & ISMAN, 2001). Além disso, o efeito tóxico dos extratos pode estar relacionado a presença de óleos essenciais altamente voláteis e hidrofóbicos o que facilita sua penetração no corpo do inseto (MENDONZA & TABORDA, 2010). Alguns compostos oriundos dos metabólitos secundários de plantas podem atuar como agonistas e antagonistas no sistema octopaminérgico em insetos, causando efeitos comportamentais adversos como agitação, hiperatividade, tremores, convulsões, diurese e morte (NATHANSON et al., 1993; HUMMELBRUNNER & ISMAN, 2001), pois a octopamina, presente neste sistema, atua como neuromônio, neuromodulador e neurotransmissor, sendo responsável por vários eventos fisiológicos (FAROOQUI, 2007). Diante disso, os receptores de octopamina podem agir como sítio de atividade inseticida para substâncias metabólicas em insetos, como os terpenos que se ligam aos receptores, causando superestimulação, alterações comportamentais e, conseqüentemente, a toxicidade (ENAN, 2001; KOSTYUKOVSKY et al., 2002). Estudos fitoquímicos de plantas do gênero *Serjania* mostram a presença de terpenos em algumas espécies vegetais

(LIMA et al., 2006; GOMIG et al., 2008; CARDOSO et al., 2013). Hummelbrunner e Isman (2001) notaram em seu trabalho que as aplicações tópicas dos compostos de óleo essencial diminuíram o crescimento e o desenvolvimento larval, além de causarem sintomas neurotóxicos e ocasionar a mortalidade de *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae). Koul et al. (2013) analisaram compostos e misturas binárias oriundos de óleos essenciais e verificaram que estas substâncias foram tóxicas, causando alterações comportamentais e mortalidade de larvas de *Helicoverpa armígera* (Hübne) (Lepidoptera: Noctuidae), *S. litura* e *Chilo partellus* (Swinhoe) (Lepidoptera: Pyralidae), quando aplicadas topicamente. Neste trabalho foi verificado que a sobrevivência larval foi diretamente afetada pela concentração utilizada, sendo a maior concentração responsável pela menor sobrevivência, pois a medida em que a concentração aumenta, mais compostos bioativos são extraídos do material vegetal (TORRES et al., 2001; SILVA et al., 2019).

A sobrevivência pupal foi menor nos tratamentos utilizando extratos aquosos das duas espécies vegetais estudadas, independente da concentração utilizada, principalmente para *S. marginata*. Estudos mostram que os extratos preparados a partir da espécie *S. marginata* podem causar alterações em várias características biológicas de *P. xylostella* (COUTO et al., 2019; 2020). Os extratos vegetais estudados podem ter penetrado pelos canais traqueais das pupas, obstruindo os espiráculos, dificultando os processos respiratórios e metabólitos do inseto e causando a mortalidade pupal (COLPO et al., 2014). Hossain e Poehling (2006) notaram o aumento da mortalidade pupal de *Liriomyza sativae* (Blanchard) (Diptera: Agromyzidae) quando pulverizadas com extratos aquosos a base de *Azadirachta indica*. Costa et al. (2016) verificaram que os extratos aquosos investigados em seu trabalho também diminuíram a sobrevivência pupal de *L. sativae*. Schneider et al. (2017) observaram deformações e mortalidade pupal de *Diatraea saccharalis* (Fabricius) (Lepidoptera: Crambidae) quando pulverizadas com extrato diluído de óleo de Neem em água destilada, evidenciando que os grupos de compostos presentes no extrato podem interferir na sobrevivência pupal, quando aplicados topicamente.

5. Conclusões

As espécies vegetais *S. erecta* e *S. marginata* foram eficientes na redução da viabilidade de ovos, na sobrevivência larval e pupal de *P. xylostella*, sendo a que a concentração de 10% intensificou a redução da sobrevivência larval. Também

destacamos que a espécie *S. marginata* foi mais eficaz na redução da sobrevivência larval e pupal de *P. xylostella*. Portanto, as duas espécies apresentam potencial inseticida para serem utilizadas no controle da traça-das-crucíferas, colaborando para a minimização das aplicações de pesticidas sintéticos e dos seus impactos ao meio ambiente.

Referências bibliográficas

AMOABENG, B. W.; GURR, G. M.; GITAU, C. W.; NICOL, H. I.; MUNYAKAZI, L.; STEVENSON, P. C. Tri-Trophic insecticidal effects of African plants against cabbage pests. **PLoS ONE**, v. 8, n. 10, p. e78651, 2013.

Arthropod Pesticide Resistance Database. *Plutella xylostella*. Acesso em 28 de julho, 2021 de <https://www.pesticideresistance.org/>

BARROS, R.; THULER, R. T.; PEREIRA, F. F. Técnica de criação de *Plutella xylostella* (L., 1758) (Lepidoptera: Yponomeutidae). In: Pratissoli D. (Org.). **Técnicas de criação de pragas de importância agrícola, em dietas naturais**. 1. ed. Vitória: Edufes, v.1, p. 65-84, 2012.

BERENBAUM, May. Brementown revisited: interactions among allelochemicals in plants. In: **Chemically Mediated Interactions Between Plants and Other Organisms**. Springer, Boston, MA, 1985. p. 139-16

CARDOSO, C. A. L.; COELHO, R. G.; HONDA, N. K.; POTT, A.; PAVAN, F. R.; LEITE, C. Q. F. Phenolic compounds and antioxidant, antimicrobial and antimycobacterial activities of *Serjania erecta* Radlk (Sapindaceae). **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 49, p. 775-782, 2013.

CARVALHO, F. P. Pesticides, environment, and food safety. **Food Energy Security**. v. 6, p. 48–60, 2017.

COLPO, J. F.; JAHNKE, S. M.; FÜLLER, T. Potencial inseticida de óleos de origem vegetal sobre *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae). **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v.16, p. 182-188, 2014.

COSTA, E. L. N.; SILVA, R. F. S; FIUZA, L. M. Efeitos, aplicações e limitações de extratos de plantas inseticidas. **Acta Biologica Leopoldensia**, v. 24, p. 173-185, 2004.

COSTA, E. M.; TORRES, S. B.; FERREIRA, R. R.; SILVA, F. G.; ARAUJO, E. L. Extrato aquoso de sementes de nim no controle de *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) em meloeiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 2, p. 401 – 406, 2016.

COUTO, I. F. S.; VERZA, S.; VALENTE, F. I.; SENNA, B.; SOUZA, S. A.; MAUAD, M.; MUSSURY, R. M. Botanical extracts of the brazilian savannah affect feeding and oviposition of *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae). **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 5, 2019.

COUTO, I. F. S.; SOUZA, S. A.; VALENTE, F. I.; DA SILVA, R. M.; SCALON, S. D. P. Q.; PEREIRA, F. F.; SILVA, S. V.; CARVALHO, E. M.; MUSSURY, R. M. Changes in the biological characteristics of *Plutella xylostella* using ethanolic plant extracts. **Gesunde Pflanzen**, v. 72, n. 4, p. 383-391, 2020.

CULLINEY, T. W. Crop losses to arthropods. In: **Integrated pest management**. Springer, Dordrecht, 2014. p. 201-225.

DAMALAS, C. A.; KOUTROUBAS, S. D. Botanical Pesticides for Eco-Friendly Pest Management: Drawbacks and Limitations. **Pesticides in Crop Production: Physiological and Biochemical Action**, p. 181-193, 2020.

DONG, X.; ZHAI, Y.; HU, M.; ZHONG, G.; HUANG, W.; ZHENG, Z.; HAN, P. Proteomic and properties analysis of botanical insecticide rhodojaponin III-Induced response of the Diamondback Moth, *Plutella xylostella* (L.). **PLoS ONE**, n. 8, e67723, 2013.

ENAN E. Insecticidal activity of essential oils: octopaminergic sites of action. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 130, p. 325-37, 2001.

ENGSTROM, M. T.; KARONEN, M.; AHERN, J.R.; BAERT, N.; PAYRÉ, B.; HOSTE, H.; SALMINEN, J. P. Chemical structures of plant hydrolyzable tannins reveal their in vitro activity against egg hatching and motility of *Haemonchus contortus* nematodes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 64, p. 840-851, 2016.

FAGOONEE, I.; LAUGE, G. Noxious effects of neem extracts on *Crocidolomia binotalis*. **Phytoparasitica**, v. 9, n. 2, p. 111-118, 1981.

FAROOQUI, T. Octopamine-mediated neuromodulation of insect senses. **Neurochemical Research**, v. 32, n. 9, p. 1511-1529, 2007.

FERREIRA, E. A.; DE SOUZA, S. A.; DOMINGUES, A.; DA SILVA, M. M. M.; PADIAL, I. M. P. M.; DE CARVALHO, E. M.; CARDOSO, C. A. L.; SILVA, S. V.; MUSSURY, R. M. Phytochemical screening and bioactivity of *Ludwigia* spp. in the control of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **Insects**, v. 11, n. 9, p. 596, 2020.

FITE, T.; TEFERA, T.; NEGERI, M.; DAMTE, T.; SORI, W. Management of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) by Nutritional Indices and Botanical Extracts of *Milletia ferruginea* and *Azadirachta indica*. **Advances in Entomology**, v. 6, p. 235-255, 2018.

FITE, T.; TEFERA, T.; NEGERI, M.; DAMTE, T. Effect of *Azadirachta indica* and *Milletia ferruginea* extracts against *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) infestation management in chickpea. **Cogent Food & Agriculture**, v. 6, n. 1, 1712145, 2020.

GAO, Q.; SONG, L.; SUN, J.; CAO, H. Q.; WANG, L.; LIN, H.; TANG, F. Repellent action and contact toxicity mechanisms of the essential oil extracted from Chinese chive against *Plutella xylostella* larvae. **Archives of Insect Biochemistry and Physiology**, v. 100, e21509, 2019.

GOMIG, F.; PIETROVSKI, E. F.; GUEDES, A.; DALMARCO, E. M.; CALDERARI, M. T.; GUIMARÃES, C. L.; PINHEIRO, R. M.; CABRINI, D. A.; OTUKI, M. F.

Topical anti-inflammatory activity of *Serjania erecta* Radlk (Sapindaceae) extracts. **Journal of Ethnopharmacology**, v.118, p. 220- 224, 2008.

GOULD, F.; BROWN, Z. S.; KUZMA, J. Wicked evolution: Can we address the sociobiological dilemma of pesticide resistance? **Science**, v. 360, n. 6390, p. 728-732, 2018.

GUIMARÃES, C. C.; OLIVEIRA, D. D.; VALDEVITE, M.; SALTORATTO, A. L. F.; PEREIRA, S. I. V.; DE CASTRO FRANÇA, S.; PEREIRA, A. M. S.; PEREIRA, P. S. The glycosylated flavonoids vitexin, isovitexin, and quercetrin isolated from *Serjania erecta* Radlk (Sapindaceae) leaves protect PC12 cells against amyloid- β 25-35 peptide-induced toxicity. **Food and Chemical Toxicology**, 86, 88-94, 2015.

HAGSTRUM, D. W.; FLINN, P. W. Integrated pest management. In: **Integrated Management of Insects in Stored Products**. CRC Press, 2018. p. 399-407.

HERNÁNDEZ-LAMBRAÑO, R.; CABALLERO-GALLARDO, K.; OLIVERO-VERBEL, J. Toxicity and antifeedant activity of essential oils from three aromatic plants grown in Colombia against *Euprosterna elaeasa* and *Acharya fusca* (Lepidoptera: Limacodidae). **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v. 4, n. 9, p. 695-700, 2014.

HOSSAIN, M. B.; POEHLING, H. M. Effects of a neembased insecticide on different immature life stages of the leafminer *Liriomyza sativae* on tomato. **Phytoparasitica**, v. 34, p. 360-369, 2006

HUANG, S. H.; XIAN, J. D.; KONG, S. Z.; LI, Y. C.; XIE, J. H.; LIN, J.; CHEN, J. N.; WANG, H. F.; SU, Z. R. Insecticidal activity of pogostone against *Spodoptera litura* and *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). **Pest Management Science**, v. 70, n. 3, p. 510-516, 2014.

HUMMELBRUNNER, L. A.; ISMAN, M. B. Acute, sublethal, antifeedant, and synergistic effects of monoterpenoid essential oil compounds on the tobacco cutworm,

Spodoptera litura (Lep., Noctuidae). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, n. 2, p. 715-720, 2001.

JACOBSON, M. Botanical pesticides: Past, present and future. **In Insecticides of Plant Origin**, 1st ed. ARNASON, J. T.; PHILOGENE, B. J. R.; MORAND, P. Eds. America Chemical Society: Washington, DC, USA, 1989; pp. 1–10.

JUNHIRUN, P.; PLUEMPANUPAT, W.; YOBOON, T.; RUTTANAPHAN, T.; KOUL, O.; BULLANGPOTI, V. The study of isolated alkane compounds and crude extracts from *Sphagneticola trilobata* (Asterales: Asteraceae) as a candidate botanical insecticide for lepidopteran larvae. **Journal of Economic Entomology**, v. 111, n. 6, p. 2699-2705, 2018.

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, n. 11, p. 1101-1106, 2002.

KOUL, O.; SINGH, R.; KAUR, B.; KANDA, D. Comparative study on the behavioral response and acute toxicity of some essential oil compounds and their binary mixtures to larvae of *Helicoverpa armigera*, *Spodoptera litura* and *Chilo partellus*. **Industrial Crops and Products**, v. 49, p. 428-436, 2013.

KRINSKI, D.; MASSAROLI, A.; MACHADO, M. Potencial inseticida de plantas da família Annonaceae. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, p. 225-242, 2014.

KRINSKI, D.; FOERSTER, L. A.; DESCHAMPS, C. Ovicidal effect of the essential oils from 18 Brazilian Piper species: controlling *Anticarsia gemmatilis* (Lepidoptera, Erebidae) at the initial stage of development. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 40, 2018.

LENGAI, G. M. W.; MUTHOMI, J. W.; MBEGA, E. R. Phytochemical activity and role of botanical pesticides in pest management for sustainable agricultural crop production. **Scientific African**, v. 7, p. e00239, 2020.

LIMA, M. R. F.; LUNA, J. D. S.; SANTOS, A. F. D.; ANDRADE, M. C. C. D.; SANTANA, A. E. G.; GENET, J. P.; MARQUEZ, B.; NEUVILLE, L.; MOREAU, N. Anti-bacterial activity of some brazilian medicinal plants. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 105, n. 1-2, p. 137-147, 2006.

LIU, S.; WANG, X.; XU, Y.; ZHANG, R.; XIAO, S.; WANG, Y.; ZHANG, L. Antifeedant and ovicidal activities of ginsenosides against Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis* (Guenée). **PloS One**, v. 14, n. 2, e0211905, 2019.

MATHARU, K. S.; MEHTA, P. K. Antifeedant and ovipositional deterrent activity of medicinal plants of Western Himalaya on *Plutella xylostella*. **Journal of Environmental Biology**, v. 39, n. 6, p. 966-972, 2018.

MENDOZA, D. L. M.; TABORDA, M. Composición química y actividad acaricida del aceite esencial de *Cymbopogon citratus* Stapf contra el ácaro intradomiciliario *Dermatophagoides farinae* (Acari: Pyroglyphidae). **Biosalud**, v. 9, n. 2, p. 21-31, 2010.

MORDUE, A. J.; BLACKWELL, A. Azadirachtin: an update. **Journal of Insect Physiology**, v. 39, n. 11, p. 903-924, 1993.

MOREIRA, S. S.; TAMASHIRO, L. K.; JORGE, B. C.; BALIN, P. S.; HEREDIA-VIEIRA, S. C.; ALMEIDA, G. L.; CARDOSO, C. A. L.; KASSUYA, C. A. L.; ARENA, A. C. Toxicological safety evaluation in acute and 28-day studies of aqueous extract from *Serjania marginata* Casar (Sapindaceae) leaves in rats. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 231, p. 197-204, 2019.

NATHANSON, J. A.; HUNNICUTT, E.; KANTHAM, L.; SCAVONE, C. Cocaine as a naturally occurring pesticide. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 90, p. 9645-9648, 1993.

OERKE, E. Crop losses to pests. **The Journal of Agricultural Science**, v. 144, n. 1, p. 31-43, 2006.

PERES, L. L. S.; SOBREIRO, A. I.; COUTO, I. F. S.; SILVA, R. M.; PEREIRA, F. F.; HEREDIA-VIEIRA, S. C.; CARDOSO, C. A. L.; MAUAD, M.; SCALON, S. P. Q.; VERZA, S. S.; MUSSURY, R. M. Chemical Compounds and Bioactivity of Aqueous Extracts of *Alibertia* spp. in the Control of *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae). **Insects**, v. 8, n. 4, p. 125, 2017.

PÉRICO, L. L.; HEREDIA-VIEIRA, S. C.; BESERRA, F. P.; DOS SANTOS, R. C.; WEISS, M. B.; RESENDE, F. A.; RAMOS, M. A. S.; BONIFÁCIO, B. V.; BAUAB, T. M.; VARANDA, E. A.; GOBBI, J. I. F.; DA ROCHA, L. R. M.; VILEGAS, W.; HIRUMA-LIMA, C. A. Does the gastroprotective action of a medicinal plant ensure healing effects? An integrative study of the biological effects of *Serjania marginata* Casar (Sapindaceae) in rats. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 172, p. 312-324, 2015.

RISCO, G. V. S.; IDROGO, C. R.; KATO, M. J.; DÍAZ, J. S.; ARMANDO-JR, J.; PAREDES, G. E. D. Larvicidal activity of *Piper tuberculatum* on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) under laboratory conditions. **Revista Colombiana de Entomología**, v. 38, n. 1, p. 35-41, 2012.

SALINAS-SÁNCHEZ, D. O.; AVILÉS-MONTES, D.; ALDANA-LLANOS, L.; GUTIÉRREZ-OCHOA, M.; FIGUEROA-BRITO, R.; SOTELO-LEYVA, C. Efecto Insecticida de *Serjania schiedeana* para el control de *Spodoptera frugiperda* bajo condiciones de laboratorio e invernadero. **Southwestern Entomologist**, v. 45, n. 2, p. 521-530, 2020.

SANTOS, M. S.; ZANARDI, O. Z.; PAULI, K. S.; FORIM, M. R.; YAMAMOTO, P. T.; VENDRAMIM, J. D. Toxicity of an azadirachtin-based biopesticide on *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) and its ectoparasitoid *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae). **Crop Protection**, v. 74, p. 116-123, 2015.

SCHMUTTERER, H. Potential of azadirachtin-containing pesticides for integrated pest control in developing and industrialized countries. **Journal of Insect Physiology**, v. 34, p. 713–719, 1988.

SCHNEIDER, L. C. L.; SILVA, C. V.; CONTE, H. Toxic effect of commercial formulations of neem oil, *Azadirachta indica* A. Juss., in pupae and adults of the sugarcane borer, *Diatraea saccharalis* F. (Lepidoptera: Crambidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 84, 2017.

SILVA, R. M.; Fioratti, C. A. G.; Faca, E. C.; Mussury, R. M. Extratos aquosos de *Psychotria* sp. interferem na biologia de *Plutella xylostella*. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 14, e19101421474-e19101421474, 2021.

SILVA, P. R. C.; CAMAROTI, J. R. S. L.; ALMEIDA, W. A.; FERREIRA, E. C. B.; PAIVA, P. M. G.; BARROS, R.; NAPOLEÃO, T. H.; PONTUAL, E. V. *Schinus terebinthifolia* leaf extract is a larvicidal, pupicidal, and oviposition deterring agent against *Plutella xylostella*. **South African Journal of Botany**, 127, 124-128, 2019.

SISAY, B.; TEFERA, T.; WAKGARI, M.; AYALEW, G.; MENDESIL, E. The efficacy of selected synthetic insecticides and botanicals against fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, in maize. **Insects**, v. 10, n. 2, p. 45, 2019.

SMITH, E. H.; SALKELD, E. H. The use and action of ovicides. **Annual Review of Entomology**, v. 11, p. 331-368, 1996.

TAGLIARI, M. S.; KNAAK, N.; FIUZA, L. M. Plantas inseticidas: interações e compostos. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 10, n. 1/2, p. 101-111, 2004.

TALEKAR, N. S.; SHELTON, A. M. Biology, ecology, and management of the diamondback moth. **Annual Review of Entomology**, v. 38, p. 275–301, 1993.

TEIXEIRA, O. P. B.; AMARANTE, A.; CINDRA, J.; MONTEIRO, M. **Mecânica dos fluidos**: algumas considerações sobre a viscosidade. In: XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física, 16., 2005, Rio de Janeiro. Resumos. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Física, 2005. p.171.

TORRES, A. L.; BARROS, R.; OLIVEIRA, J. V. Efeito de extratos aquosos de plantas no desenvolvimento de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae). **Neotropical**

Entomology, v. 30, p. 151-156, 2001.

ULMER, B.; GILLOTT, C.; WOODS, D.; ERLANDSON, M. Diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.), feeding and oviposition preferences on glossy and waxy *Brassica rapa* (L.) lines. **Crop Protection**, v. 21, p. 327- 331, 2002.

VAN LEEUWEN, T.; DERMAUW, W.; MAVRIDIS, K.; VONTAS, J. Significance and interpretation of molecular diagnostics for insecticide resistance management of agricultural pests. **Current Opinion in Insect Science**, v. 39, p. 69-76, 2020.

ZALUCKI, M. P.; SHABBIR, A.; SILVA, R.; ADAMSON, D.; SHU-SHENG, L.; FURLONG, M. J. Estimating the economic cost of one of the worlds major insect pests, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae): just how long is a piece of string? **Journal of Economic Entomology**, v. 105, p. 1115–1129, 2012.

CAPÍTULO V

Toxicidade e seletividade de extratos aquosos de *Serjania* spp. sobre *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae), um endoparasitoide de *P. xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae)

Eduardo Carvalho Faca¹, Helter Carlos Pereira¹, Augusto Rodrigues¹, Fabricio Fagundes Pereira¹, Rosilda Mara Mussury¹

¹Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais (FCBA), Programa de Pós-graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade. Rodovia Dourados-Itahum, Km 12, Cidade Universitária, CEP: 79.804-970, Dourados-MS, Brasil. E-mail: eduardofaca@gmail.com

Resumo

A utilização de inseticidas botânicos é uma alternativa ambientalmente sustentável para a regulação de populações de *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Plutellidae) em cultivos de brássicas. Da mesma forma, o controle biológico com parasitoides pode ser uma ferramenta eficaz quando integrada aos bioinseticidas. Entretanto, a segurança dos inimigos naturais deve ser priorizada dentro de programas de controle de pragas. Diante disso, avaliamos os efeitos dos extratos aquosos de *Serjania erecta* Radlk (Sapindaceae) e *Serjania marginata* Casar (Sapindaceae), nas concentrações 5% e 10%, sobre a reprodução de *Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae) em larvas de *P. xylostella*, topicamente tratadas com extratos. Além disso, avaliamos a sobrevivência das fêmeas adultas de *T. howardi* expostas aos respectivos extratos de *Serjania* spp. Para isso, foram realizados dois bioensaios. No primeiro foram selecionadas larvas de 4º instar de *P. xylostella*, as quais foram aplicados topicamente 20 µL de cada tratamento (*S. erecta* 5%, *S. erecta* 10%, *S. marginata* 5%, *S. marginata* 10%, água destilada) em cada larva e, em seguida, foram expostas ao parasitismo por *T. howardi* por 48 horas. Foram avaliadas a porcentagem de parasitismo e emergência (%), a duração do ciclo de vida (dias), o número total de progênie, a razão sexual e a longevidade dos adultos. No segundo bioensaio foi utilizado o sistema ASPECLE (Avaliação de Seletividade de Praguicidas em Condições Estendidas de Laboratório) adaptado do modelo padrão International Organization for Biological Control (IOBC). Neste bioensaio foram introduzidos em cada gaiola de vidro do sistema ASPECLE cinco discos foliares de couve devidamente tratados com água destilada, extratos aquosos de *S. erecta* e *S. marginata*, nas concentrações 5% e 10%, ou acefato. Posteriormente, foram liberadas dez fêmeas adultas de *T. howardi* em cada gaiola e acionado o sistema. Foi avaliada a sobrevivência do parasitoide durante 24, 48, 72, 96 e 120 horas. Os resultados sugerem que os extratos aquosos de *S. erecta* e *S. marginata*, nas concentrações estudadas, podem ser utilizados de forma integrada ao controle biológico de *P. xylostella* com o parasitoide *T. howardi*, pois não interferem no parasitismo e na sobrevivência desse agente. Entretanto, pode afetar outras características biológicas, sendo necessário o desenvolvimento de mais pesquisas sobre a segurança e interação destes métodos.

Palavras-chave: bioinseticidas; *Serjania erecta*; *Serjania marginata*; parasitoide; toxicidade

Abstract

The use of botanical insecticides is an environmentally sustainable alternative for the regulation of *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Plutellidae) populations in brassica crops. Likewise, biological control with parasitoids can be an effective tool when integrated with bioinsecticides. However, the safety of natural enemies must be prioritized within pest control programs. Therefore, we evaluated the effects of aqueous extracts of *Serjania erecta* Radlk (Sapindaceae) and *Serjania marginata* Casar (Sapindaceae), at concentrations of 5% and 10%, on the reproduction of *Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae) in *P. xylostella*, topically treated with extracts. In addition, we evaluated the survival of adult females of *T. howardi* exposed to the respective extracts of *Serjania* spp. For this, two bioassays were performed. In the first one, 4th instar larvae of *P. xylostella* were selected, which were applied topically 20 µL of each treatment (*S. erecta* 5%, *S. erecta* 10%, *S. marginata* 5%, *S. marginata* 10%, distilled water) in each larva and then exposed to parasitism by *T. howardi* for 48 hours. The percentage of parasitism and emergence (%), life cycle duration (days), total number of progeny, sex ratio and adult longevity were evaluated. In the second bioassay, the ASPECLE system (Assessment of Pesticide Selectivity in Extended Laboratory Conditions) adapted from the International Organization for Biological Control (IOBC) standard model was used. In this bioassay, five kale leaf discs properly treated with distilled water, aqueous extracts of *S. erecta* and *S. marginata*, at concentrations of 5% and 10%, or acephate were introduced into each glass cage of the ASPECLE system. Subsequently, ten adult females of *T. howardi* were released in each cage and the system was activated. The parasitoid survival for 24, 48, 72, 96 and 120 hours was evaluated. The results suggest that the aqueous extracts of *S. erecta* and *S. marginata*, at the concentrations studied, can be used in an integrated way for the biological control of *P. xylostella* with the parasitoid *T. howardi*, as they do not interfere with the parasitism and survival of this agent. However, it can affect other biological characteristics, being necessary the development of more research on the safety and interaction of these methods.

Keywords: bioinsecticides; *Serjania erecta*; *Serjania marginata*; parasitoid; toxicity

1. Introdução

O controle biológico é considerando um fenômeno natural sendo caracterizado pela regulação de insetos pragas através de inimigos naturais (PARRA et al., 2002). Os himenópteros parasitoides são responsáveis pelo equilíbrio da densidade populacional de vários insetos fitófagos em diversos sistemas de produção agrícola (DOLPHIN & QUICKE 2001; STILING & CORNELISSEN, 2005; KAUR et al., 2021).

Os parasitoides podem ser classificados como endoparasitoides e ectoparasitoides, se desenvolvendo dentro ou fora do corpo do hospedeiro a partir de seus recursos nutricionais, causando, na maioria das vezes, a mortalidade do inseto e, conseqüentemente, sua regulação populacional (WAHL & SHARKEY, 1993; PARRA et

al., 2002). Além disso, esses agentes são caracterizados por serem, na maioria das vezes, insetos especialistas, podendo parasitar ovos, pupas e/ou até mesmo larvas, dependendo da espécie himenóptera (DIECKHOFF et al., 2017; WANG et al., 2019a; HERZ et al., 2021; HOUGARDY et al., 2021). Vários parasitoides já foram objetos de estudos e utilizados em programas de controle biológico para a contenção de populações de pragas em diversas culturas agrícolas (CORRÊA-FERREIRA & MOSCARDI, 1996; KAISER et al., 2017; WANG et al., 2019b; FACA et al., 2021a; TOUGERON et al., 2021). O parasitoide *Tetrastichus howardi* (Olliff) (Hymenoptera: Eulophidae) já foi relatado em alguns estudos parasitando diferentes hospedeiros (CRUZ et al., 2011; FAVORETO et al., 2020; RODRIGUES et al., 2021), inclusive *P. xylostella*, sendo um importante inimigo natural deste inseto (SILVA-TORRES et al., 2010).

O controle biológico apresenta uma série de vantagens como a minimização de aplicações de inseticidas, que por sua vez, maximiza a preservação da entomofauna benéfica como polinizadores, predadores e parasitoides, e reduz a contaminação de ambientes terrestres e aquáticos (ALVES et al., 1998; FINKLER 2011). Além disso, o controle biológico pode ser uma ferramenta eficaz quando associado a outras técnicas de controle oferecidas pelo Manejo Integrado de Pragas (MIP), como a utilização de inseticidas botânicos (MONSREAL-CEBALLOS et al., 2018).

A utilização de bioinseticidas, assim como os parasitoides empregados no controle biológico, é um método de controle alternativo e ambientalmente saudável que utiliza espécies vegetais com potencial atividade inseticida para a regulação populacional de insetos considerados pragas (MOREIRA et al., 2006). Esta atividade ocorre devido a presença de substâncias químicas oriundas do metabólito secundário de espécies vegetais (KIM et al., 2003). Entre as substâncias químicas presentes nos metabólitos de plantas que atuam contra a herbivoria destacam-se os flavonoides, os alcaloides, os terpenoides, as saponinas e os fitohormônios (ISMAN, 2006). Certos aleloquímicos podem apresentar propriedades deterrente alimentar, repelente e/ou até mesmo interferir no processo oviposição de insetos (IBRAHIM et al., 2001).

Alguns estudos já foram desenvolvidos para investigação da atividade inseticida de espécies vegetais contra determinadas pragas de importância econômica na agricultura (SAJJAD et al., 2017; FITE et al., 2018; MAJEED et al., 2018; RIOBA et al., 2020), inclusive para *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Plutellidae) (PERES et al., 2017; COUTO et al., 2019, 2020; FACA et al., 2021b; FERREIRA et al., 2020). Várias famílias botânicas como Meliaceae, Onagraceae, Asteraceae, Rutaceae, Euphorbiaceae,

Solanaceae, Annonaceae, Anacardiaceae, Rubiaceae e Sapindaceae já foram investigadas para o desenvolvimento de bioinseticidas (JACOBSON, 1989; AMOABENG et al., 2013; KRINSKI et al., 2014; PERES et al., 2017; COUTO et al., 2020; FERREIRA et al., 2020). A família Sapindaceae apresenta diversos gêneros e espécies com potencial ação inseticida como o gênero *Serjania* que já foi relatado em algumas pesquisas para o controle de *P. xylostella* (COUTO et al., 2019, 2020; FACA et al., 2021b).

A traça-das-crucíferas, *P. xylostella*, é uma das principais pragas de interesse econômico na cultura das brássicas, sendo responsável por danos significativos nesta cultura (LI et al., 2016). Os severos danos ocasionados por este microlepidóptero é atribuído a sua alta capacidade reprodutiva e ao seu curto ciclo de vida, podendo permanecer na cultura por diversas gerações, ocasionando constantes prejuízos econômicos (FURLONG et al., 2013). Estima-se que anualmente são gastos mais de 4 bilhões de dólares para a realização do manejo e controle de populações de *P. xylostella* (ZALUCKI et al., 2012; FURLONG et al., 2013).

O principal método atualmente empregado para o controle de *P. xylostella* é o químico, pois garante imediata redução das elevadas populações deste inseto, entretanto, as sucessivas aplicações de pesticidas podem contribuir para o aumento da pressão de seleção destes insetos, contribuindo para o surgimento de populações resistentes e tornando o controle ainda mais complexo (YU et al., 2015; ARRUDA et al., 2020). Além disso, a frequente utilização destes produtos gera efeitos colaterais ao ambiente, através da contaminação residual de solos, afetando ecossistemas terrestres e aquáticos, e de seus efeitos tóxicos aos organismos não alvos (CARVALHO, 2017).

Vários autores relatam a preocupação e a importância da conscientização sobre a utilização de produtos químicos e o seu alcance em organismos não alvos, através do desenvolvimento de trabalhos sobre toxicidade e seletividade de inseticidas sobre organismos benéficos (KUMAR et al., 2018; JIANG et al., 2019; LU et al., 2020; RICUPERO et al., 2020; SANOMIA et al., 2020; GONÇALVES et al., 2021), inclusive sobre os inimigos naturais de *P. xylostella* (BACCI et al., 2018; RAHARDJO et al., 2021). Diante da necessidade de conter as elevadas populações de *P. xylostella* nos cultivos de hortaliças, utilizando métodos alternativos e interativos para o seu controle, e diante da importância da preservação de seus inimigos naturais, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a seletividade e toxicidade dos extratos aquosos de *Serjania erecta* Radlk (Sapindaceae) e *Serjania marginata* Casar (Sapindaceae), nas concentrações 5% e 10% sobre a reprodução e adultos de *T. howardi*.

2. Material e métodos

Os extratos e o bioensaio foram preparados e realizados no Laboratório de Interação Inseto-Planta (LIIP) e no Laboratório de Controle Biológico de Insetos (LECOBIOL) da Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais na Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil.

2.1. Criação de *P. xylostella*

A criação foi multiplicada e estabelecida em condições controladas de temperatura (25 ± 2 °C), umidade relativa ($55 \pm 5\%$) e fotoperíodo (12 h), a partir de pupas e larvas oriundas de áreas de cultivo de couve.

As pupas foram introduzidas em gaiolas plásticas transparentes (9cm × 19 cm × 19 cm) até a emergência dos adultos. Os adultos foram alimentados com mel a 10% e foram oferecidos discos de couve (8 cm de diâmetro) sobre papel filtro para a oviposição das fêmeas. Os discos foliares de couve contendo as posturas foram substituídos diariamente e transferidos para potes transparentes de plástico (30 cm × 15 cm × 12 cm), devidamente esterilizados e higienizados. As larvas recém eclodidas foram alimentadas com folhas de couve orgânica (*Brassica oleracea* var. *acephala*), devidamente higienizadas e lavadas com solução de hipoclorito de sódio a 5% e água corrente. As folhas de couve nos potes foram dispostas com face adaxial voltada para o recipiente de plástico e a face abaxial livre, onde foram introduzidas as larvas. Em seguida foi colocada outra folha de couve com a face abaxial voltada para as larvas. As folhas foram substituídas diariamente, mantendo sempre as superiores e as larvas permaneceram nos potes até atingirem a fase pupal (BARROS et al., 2012) (Figura 1).

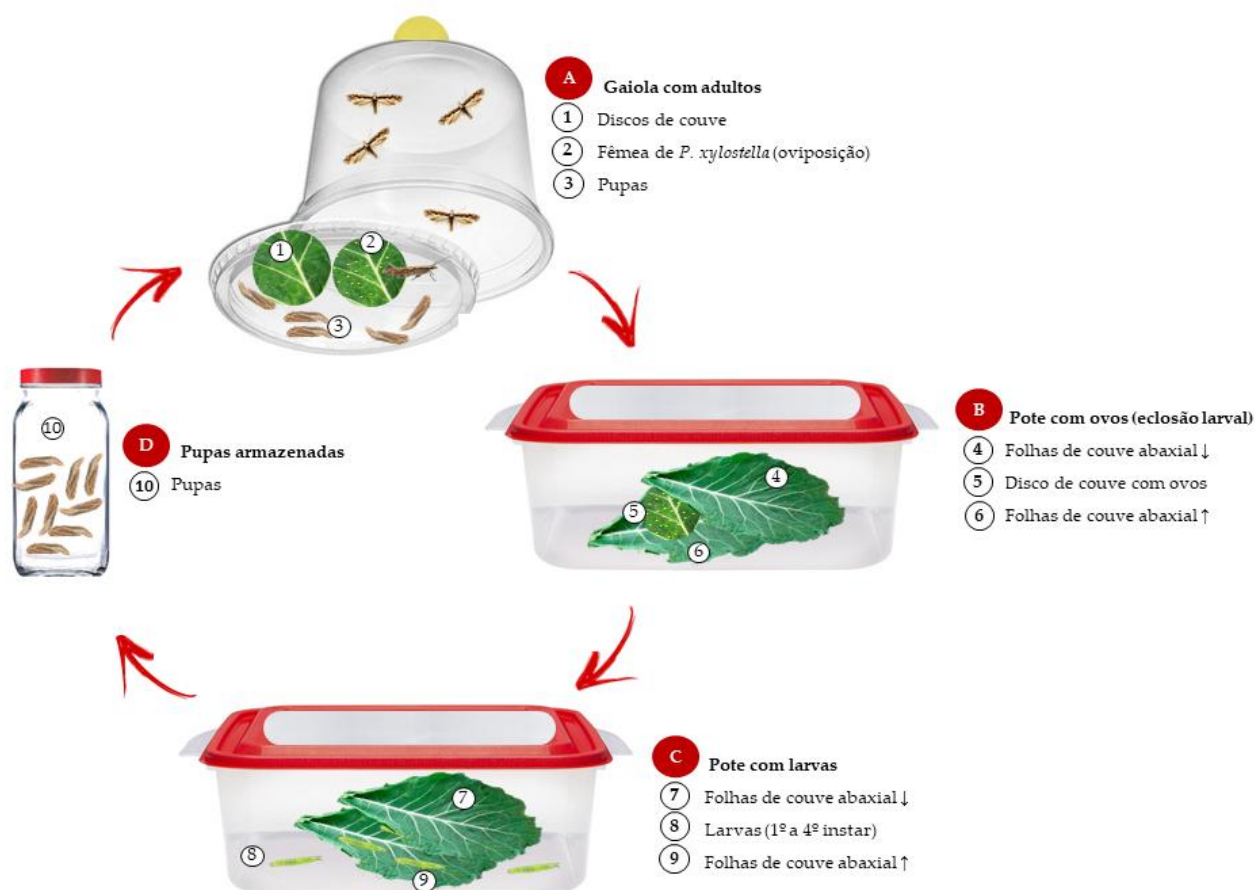


Figura 1. Esquema representativo da metodologia utilizada para a criação e multiplicação de *P. xylostella* (temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa de $55 \pm 5\%$ e fotoperíodo de 12 horas). Dourados, MS, 2022 (Créditos: Eduardo Carvalho Faca).

2.2. Identificação e criação do parasitoide *T. howardi*

O parasitoide utilizado neste trabalho foi coletado em pupa de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae) na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias (FAECA) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) ($22^{\circ} 13' 16''$ S, $54^{\circ} 48' 2''$ W, 530 m) em colmo de cana-de-açúcar, em dezembro de 2010. Os espécimes foram depositados na Coleção Entomológica da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), no Departamento de Ciências Biológicas. O parasitoide *T. howardi* foi identificado pelo Professor Dr. Marcelo Teixeira Tavares.

Os parasitoides adultos de *T. howardi* foram criados e mantidos em tubos de vidro, medindo 15 x 2 cm, tampados com algodão e foram alimentados com uma gotícula de mel. Pupas de *D. saccharalis* com 24 a 48 horas de idade, foram expostas ao parasitismo por cinco fêmeas de *T. howardi*, durante 24 horas em câmara climatizada sob

condições controladas (temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa (UR) de 70 ± 10 % e fotofase de 14 horas). Após, aproximadamente, 20 dias ocorreu a emergência dos parasitoides, que foram devidamente alimentados com uma gotícula de mel e deixados para acasalarem por 24 horas. Após este período, foi realizada a sexagem dos insetos e a individualização das fêmeas em tubos de vidro para a montagem dos bioensaios (VARGAS et al., 2011).

2.3. Material botânico

Folhas expandidas de *S. erecta* e *S. marginata* foram coletadas no Horto de Plantas Medicinais (HPM) da Universidade Federal da Grande Dourados, em Dourados, MS (22°11'43.7'' S e 54°56'08.5'' W).

As duas espécies vegetais foram identificadas a partir das exsicatas presentes no herbário da Universidade Federal da Grande Dourados-UFGD, com os respectivos números de registro: 5395 – *S. erecta* e 6267 – *S. marginata*.

2.4. Preparação dos extratos aquosos

As folhas expandidas coletadas de *S. erecta* e *S. marginata* foram colocadas em câmara de circulação forçada de ar, durante três dias, com temperatura constante de 40 °C (± 1 °C). Posteriormente, as folhas foram trituradas utilizando o moinho industrial de facas até a obtenção de um pó fino.

Os extratos aquosos foram preparados utilizando a técnica de maceração, onde misturou-se 5 g e 10 g do material vegetal com 50 mL de água destilada para obtenção das concentrações de 10% e 5%, respectivamente. Depois da agitação manual, os extratos foram resfriados a 10 °C por 24 horas para a extração dos compostos hidrossolúveis. Em seguida, foi realizada a coagem, através de tecido voil, para a obtenção dos extratos nas concentrações (peso/volume) de 5% e 10%.

2.5. Desenvolvimento experimental

2.5.1. Bioensaio 01: Reprodução de *T. howard* sobre larvas de *P. xylostella* topicamente tratadas com extratos aquosos de *Serjania* spp.

O desenvolvimento experimental foi adaptado a partir da metodologia de Rampelotti-Ferreira et al. (2017) e Bersani et al. (2020). Foram selecionadas larvas de 4º instar de *P. xylostella*, oriundas da criação estoque do laboratório. As larvas, individualmente, foram colocadas em placas de Petri, forrada com papel filtro, e foi

aplicado, precisamente, 20 μ L de cada tratamento (água destilada, *S. erecta* 5%, *S. erecta* 10%, *S. marginata* 5% ou *S. marginata* 10%) diretamente na superfície dorsal de cada larva, com o auxílio de micropipeta eletrônica. Após secarem naturalmente, as larvas foram individualizadas em tubos de vidro (medindo 15 x 2 cm) com uma fêmea de *T. howardi* com 24 horas de idade, já acasalada e alimentada. Os tubos foram tampados com algodão e foi inserida uma gotícula de mel para alimentação do parasitoide e um pedaço de folha de couve para alimentação da larva de 4º instar até que atingissem a fase pupal. O parasitismo ocorreu durante 48 horas e após esse período as fêmeas de *T. howardi* foram retiradas e os tubos contendo os hospedeiros parasitados foram encaminhados a incubadora tipo BOD com temperatura, umidade e fotoperíodo controlados, a 25 °C, 70% e 12 horas, até a emergência dos indivíduos (Figura 2 e 3).

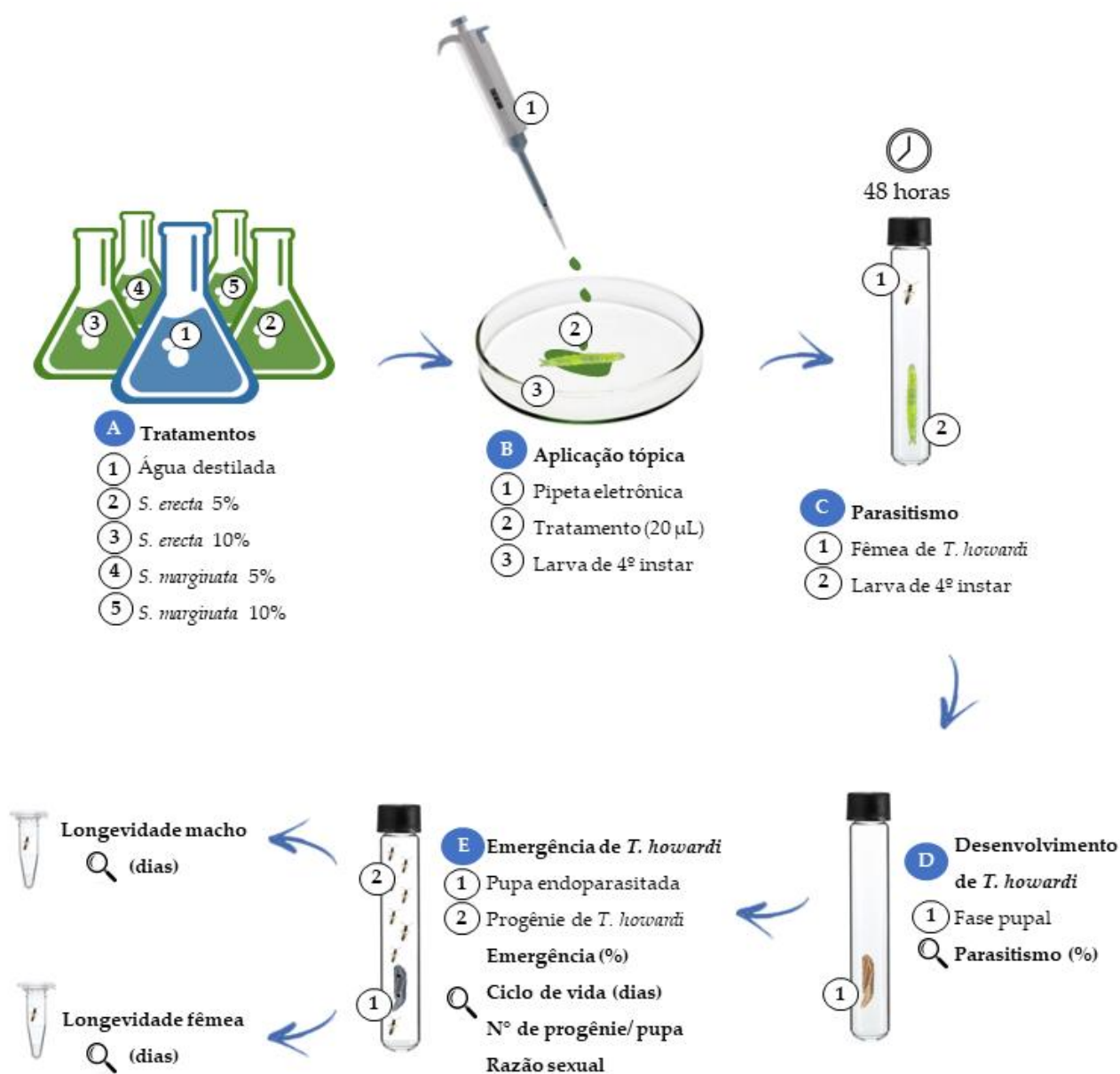


Figura 2. Esquema representativo do desenvolvimento experimental da reprodução de *T. howardi* sobre larvas de quarto instar de *P. xylostella* tratadas topicamente com extratos aquosos de *Serjania* spp., nas concentrações 5% e 10% (temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa (UR) de 70 ± 10 % e fotofase de 14 horas). Dourados, MS, 2022 (Créditos: Eduardo Carvalho Faca).

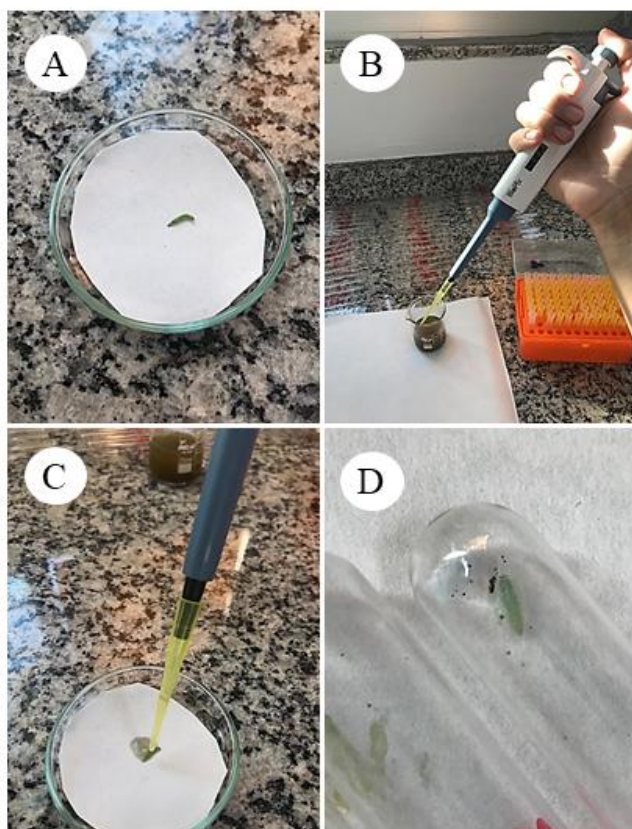


Figura 3. A) Larva de *P. xylostella* no 4º instar de desenvolvimento; B) Aplicação tópica de extratos aquosos de *Serjania* spp. sobre larvas de *P. xylostella*; C) Aplicação de 20 µL dos tratamentos; D) Fêmea de *T. howardi* parasitando *P. xylostella* topicamente tratada. Dourados, MS, 2022 (Créditos: Eduardo Carvalho Faca).

Foram avaliadas as seguintes características biológicas: porcentagem de parasitismo e emergência (%), duração do ciclo de vida (dias), número total de progênie, razão sexual, longevidade de macho e fêmea (Figura 2). As características sintomatológicas de larvas, e pupas frente ao parasitismo de *T. howardi* foram: aspecto mumificado, coloração marrom e preta, tegumento com coloração marrom, secagem e rigidez (Figura 4).



Figura 4. A) As setas vermelhas indicam imaturos de *T. howardi* oriundas do interior da pupa de *P. xylostella* parasitada e dissecada; B) Pupa de *P. xylostella* parasitada por *T. howardi*, apresentando aspecto mumificado e coloração escura; C) Imaturos de *T. howardi*; D) Larva de 4º instar de *P. xylostella* parasitada.

2.5.2. Bioensaio 02: Sobrevivência de fêmeas de *T. howardi* expostas a extratos aquosos de *Serjania* spp.

Foi utilizado o sistema ASPECLE (Avaliação de Seletividade de Pesticidas em Condições Estendidas de Laboratório) (Miranda et al., 2010) adaptado do modelo padrão International Organization for Biological Control (IOBC). Neste trabalho, o sistema foi adaptado de Sanomia et al. (2020) para a avaliação da seletividade de extratos botânicos aquosos e sua segurança biológica em adultos de *T. howardi* (Figura 5).

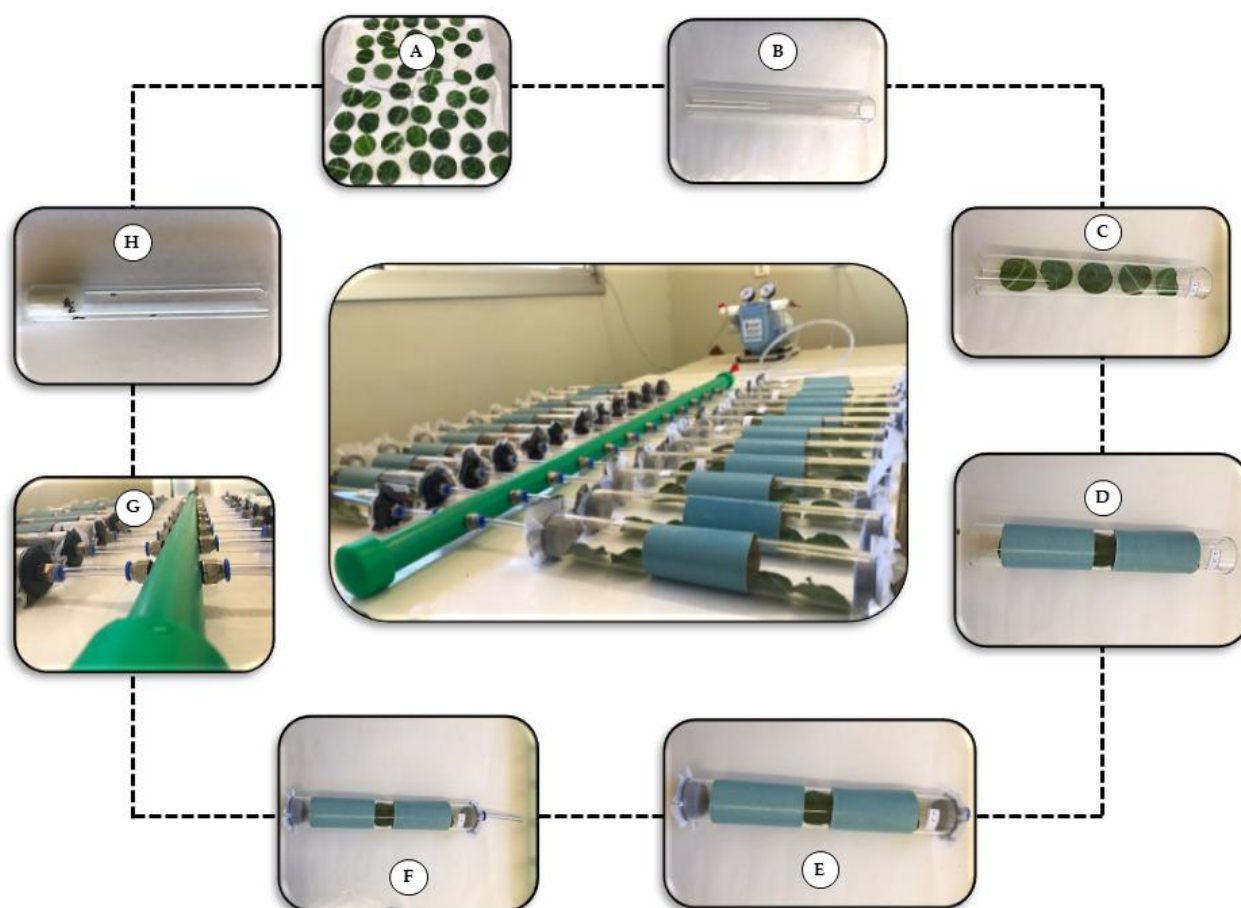


Figura 5. Sistema ASPECLE para avaliação de seletividade e as respectivas etapas de montagem do bioensaio. **A)** Discos foliares de couve tratados com extratos aquosos de *Serjania* spp.; **B)** Cilindro de vidro (Borosilicate, Laborglas™, São Paulo, SP, Brazil) com 3,50 cm de diâmetro x 25,00 cm de comprimento); **C)** Transferências dos discos foliares de couve tratados para o interior do cilindro; **D)** Introdução dos dois cilindros de papel cartão azul celeste (8,0 cm de comprimento e 3,6 cm de diâmetro) nas extremidades do cilindro de vidro; **E)** Introdução de duas tampas de plástico nas extremidades do cilindro de vidro, juntamente com 1 círculo de 9,0 cm de diâmetro de tecido do tipo voil para cada extremidade, sendo que uma das tampas de plástico apresentava um conector central para conectar a mangueira do sistema de ventilação. Introdução de um círculo plástico de 9,0 cm de diâmetro colocado juntamente com o círculo voil na extremidade contendo o conector; **F)** Inserção da mangueira de ventilação (1,0 cm de diâmetro x 13 cm de comprimento) no conector central da tampa introduzida no cilindro de vidro; **G)** Conexão das mangueiras de ventilação das gaiolas aos conectores do tubo de PVC central (2,2 cm de diâmetro), sendo o tubo central ligado a 1 bomba de vácuo (Aspirador/Compressor Mod 089/Cal Fanen®); **H)** Liberação dos parasitoides adultos.

O sistema ASPECLE consistia em um sistema de ventilação a partir de um aspirador/compressor com bomba a vácuo (Mod 089 / Cal, Fanem TM, São Paulo, SP, Brasil), que durante todo o experimento foi responsável por aspirar os gases tóxicos da gaiola. A bomba estava ligada diretamente a um tubo central de 2,20 cm de diâmetro (Copolímero de Polipropileno Random - PPR, Amanco TM, São Paulo, SP, Brasil), por uma mangueira com 1,00 cm de diâmetro × 100 cm de comprimento. O tubo central distribuía a sucção da bomba de vácuo entre todas as gaiolas, através de várias mangueiras com 0,50 cm de diâmetro × 13,00 cm de comprimento.

O plástico preto e o tecido voil circular utilizado juntamente com as tampas colocadas nas extremidades dos tubos foram utilizadas para selar os tubos e evitar que os parasitoides fossem para as extremidades dos tubos. Os cilindros confeccionados com papelão azul (3,60 cm de diâmetro × 8,00 cm de comprimento) foram sobrepostos nos tubos para a produzir sombra e estimular a permanência do parasitoide no centro da gaiola, sobre os discos foliares de couve tratados.

Os tratamentos utilizados neste experimento foram água destilada (controle negativo), extratos aquosos de *S. erecta* e *S. marginata*, nas concentrações 5 e 10%, e acefato (controle positivo). Discos foliares de couve com 8 cm de diâmetro foram imersos nos respectivos tratamentos e secos naturalmente. Em seguida, cinco discos foliares de couve, imersos no mesmo tratamento, foram introduzidos nas gaiolas de vidro. As gaiolas foram devidamente tampadas e conectadas por mangueiras ao tubo central. Dez fêmeas adultas de *T. howardi*, devidamente alimentadas, foram liberadas em cada gaiola e a bomba a vácuo foi ligada, acionando o sistema de ventilação ASPECLE. O sistema de ventilação foi desligado e as gaiolas desconectadas após 120 horas de avaliação experimental.

O bioensaio foi desenvolvido em sala climatizada, com temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 h. Foi avaliada a sobrevivência das fêmeas de *T. howardi* para 24, 48, 72, 96 e 120 horas de exposição aos respectivos tratamentos.

2.6. Análise estatística dos dados

O experimento referente ao bioensaio 01 foi realizado com delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial duplo (3x2), composto por duas espécies de plantas, um controle e duas concentrações, sendo constituído por 10 repetições, de 5 subamostras, totalizando 50 larvas de 4º instar por tratamento. Os dados foram verificados a nível de normalidade, utilizando o teste de Shapiro-Wilk, e quando

necessário foram transformados para $\sqrt{x} + 0.5$ e arcoseno da $\sqrt{x}/100$. Os resultados foram submetidos a análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

O bioensaio 02 foi constituído por 12 repetições, de 10 subamostras, totalizando 120 parasitoides por tratamento. As curvas de sobrevivência de *T. howardi* foram estimadas por meio do método Kaplan-Meier e comparadas entre os tratamentos (inseticidas e testemunha) para cada produto testado pelo teste de Log-Rank utilizando o Proc LIFETEST do SAS (SAS Institute 2001).

3. Resultados

3.1 Bioensaio 01: Reprodução de *T. Howard* sobre larvas de *P. xylostella* topicamente tratadas com extratos aquosos de *Serjania* spp.

Houve interação significativa entre os fatores planta e concentração apenas para a razão sexual ($F = 3,9131$; $GL = 2$; $p = 0,0258815$) (Tabela 1). A espécie *S. erecta* na concentração 5% foi responsável pela menor razão sexual avaliada. Enquanto a espécie *S. marginata* nas concentrações 5% e 10% não influenciou a razão sexual da progênie de *T. howardi* se igualando ao controle (Tabela 1).

Houve significância para o fator isolado planta para a porcentagem de emergência ($F = 10,9809$; $GL = 2$; $p = 0,00010$), número de progênie macho ($F = 12,3661$; $GL = 2$; $p = 0,000038$), número de progênie total ($F = 4,4499$; $GL = 2$; $p = 0,01626$) e longevidade de macho ($F = 3,2389$; $GL = 2$; $p = 0,049186$) (Tabela 2).

Houve significância para o fato isolado concentração apenas para longevidade de macho ($F = 4,7767$; $GL = 1$; $p = 0,034476$).

As espécies vegetais não influenciaram a porcentagem de parasitismo de *T. howardi* (Figura 6), apresentando taxa de parasitismo acima de 87,00 % em todos os tratamentos, entretanto, as duas espécies causaram redução na porcentagem de emergência da progênie, apresentando porcentagem mínima de 58,00 % (Tabela 2). Os extratos aquosos de *S. erecta* e *S. marginata* também não influenciaram no número de progênies fêmeas e nem na longevidade destas, entretanto, os extratos de *S. erecta* induziram um aumento no número de progênie masculina (Tabela 2). O número total de progênie por pupa de *P. xylostella* tratada topicamente com os dois extratos apresentaram resultados semelhantes ao controle, entretanto, o tratamento contendo *S. marginata* obteve menor número de progênie quando comparada a espécie *S. erecta* (Tabela 2). A longevidade de macho diminuiu no tratamento contendo extratos aquosos de *S.*

marginata. Além disso, a concentração 5% no fator isolado concentração foi responsável pela diminuição da longevidade (Tabela 2).

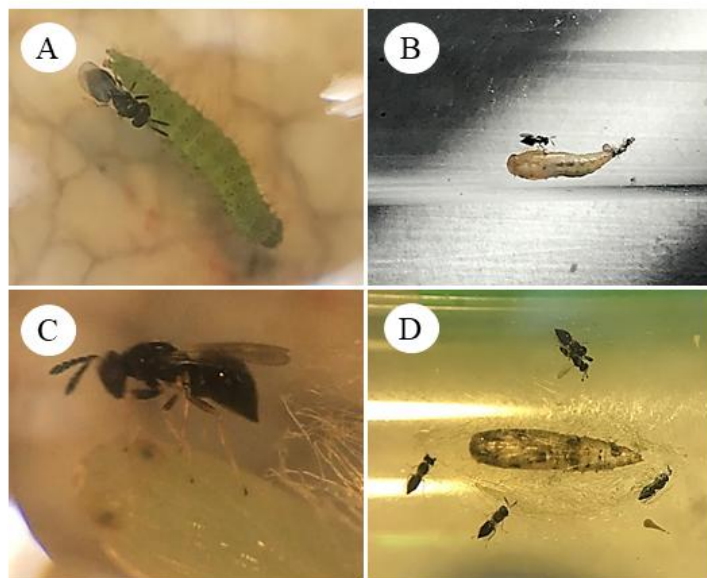


Figura 6. A), B) e C) Fêmea de *T. howardi* parasitando *P. xylostella* topicamente tratada com extrato aquoso de *Serjania* spp.; D) Progenie de *T. howardi* emergida de *P. xylostella* topicamente tratada com extrato aquoso de *Serjania* spp. Dourados, MS, 2022 (Créditos: Eduardo Carvalho Faca).

Tabela 1. Interação entre planta e concentração para razão sexual de *T. howardi* reproduzido no hospedeiro *P. xylostella* tratado topicamente com extratos aquosos de *S. erecta* e *S. marginata*, nas concentrações 5% e 10%.

Planta	Razão sexual	
	Concentrações	
	5%	10%
Controle	0,84 ± 0,01 bA	0,84 ± 0,01 aA
<i>S. erecta</i>	0,49 ± 0,06 aA	0,73 ± 0,05 aB
<i>S. marginata</i>	0,77 ± 0,05 bA	0,82 ± 0,05 aA
CV (%)	14,11	

Médias (± erro padrão) seguidas por letras minúsculas nas colunas comparam plantas dentro da mesma concentração. Médias (± erro padrão) seguidas por letras maiúsculas nas linhas comparam concentrações dentro da mesma planta. Letras distintas diferem entre si ao nível de significância a 5% de probabilidade quando comparadas pelo teste de Tukey. CV = Coeficiente de variação.

Tabela 2. Características biológicas de *T. howardi* reproduzido em larvas de 4º instar de *P. xylostella* tratadas topicamente com extratos aquosos de *Serjania* spp.

Fator Extrato de Planta								
Tratamentos	Parasitismo (%)	Emergência (%)	Ciclo (dias)	Número de progênie/ pupa			Longevidade (dias)	
				Fêmea	Macho	Total	♀	♂
Controle	94,00 ± 2,86 a	92,00 ± 2,97 a	19,91 ± 0,09 a	9,29 ± 0,45 a	1,80 ± 0,11 a	10,89 ± 0,48 ab	15,12 ± 1,01 a	18,72 ± 1,41 a
<i>S. erecta</i>	91,00 ± 2,64 a	69,75 ± 5,86 b	20,10 ± 0,11 a	9,23 ± 0,69 a	5,32 ± 0,85 b	11,91 ± 0,69 a	13,03 ± 0,59 a	16,38 ± 1,17 ab
<i>S. marginata</i>	87,00 ± 4,07 a	58,00 ± 6,14 b	19,99 ± 0,09 a	7,96 ± 0,69 a	2,50 ± 0,37 a	9,15 ± 0,73 b	13,62 ± 1,36 a	14,13 ± 1,31 b
Fator Concentração								
5%	91,33 ± 2,61 a	74,66 ± 4,22 a	19,98 ± 0,08 a	8,71 ± 0,60 a	3,70 ± 0,60 a	10,64 ± 0,63 a	14,21 ± 0,89 a	14,80 ± 1,19 a
10%	90,00 ± 2,79 a	71,83 ± 5,59 a	20,02 ± 0,07 a	8,94 ± 0,42 a	2,71 ± 0,40 a	10,65 ± 0,49 a	13,64 ± 0,84 a	18,02 ± 0,96 b
CV (%)	9,10	23,38	1,11	21,50	31,61	15,25	15,30	15,24

Médias (± erro padrão) seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si ao nível de significância a 5% de probabilidade quando comparadas pelo teste de Tukey. CV = Coeficiente de variação.

3.2. Sobrevivência de fêmeas de *T. howardi* expostas a extratos aquosos de *Serjania* spp.

A sobrevivência do parasitoide *T. howardi* foi influenciada pelos diferentes tratamentos testados ($\chi^2 = 714,87$; GL = 5; $p < 0,0001$) (Figura 7). Dessa forma, o tempo médio que o parasitoide sobreviveu em horas foi inferior a média $\pm$ EP de $114,15 \pm 1,32$, $111,73 \pm 1,51$, $115,72 \pm 1,03$, $109,4 \pm 1,84$, $112,13 \pm 1,55$ e $24 \pm 0,00$ para testemunha, *S. erecta* 5%, *S. erecta* 10%, *S. marginata* 5%, *S. marginata* 10% e acefato, respectivamente. Ou seja, os extratos aquosos de *Serjania* spp. Foram menos tóxicos e não apresentaram efeito de choque como demonstrado pelo acefato para fêmeas do parasitoide *T. howardi*, reduzindo a sobrevivência de *T. howardi* estatisticamente semelhantes ao controle (água destilada), entretanto, o tratamento contendo acefato (controle positivo) foi estatisticamente diferente, pois não houve sobrevivência neste tratamento.

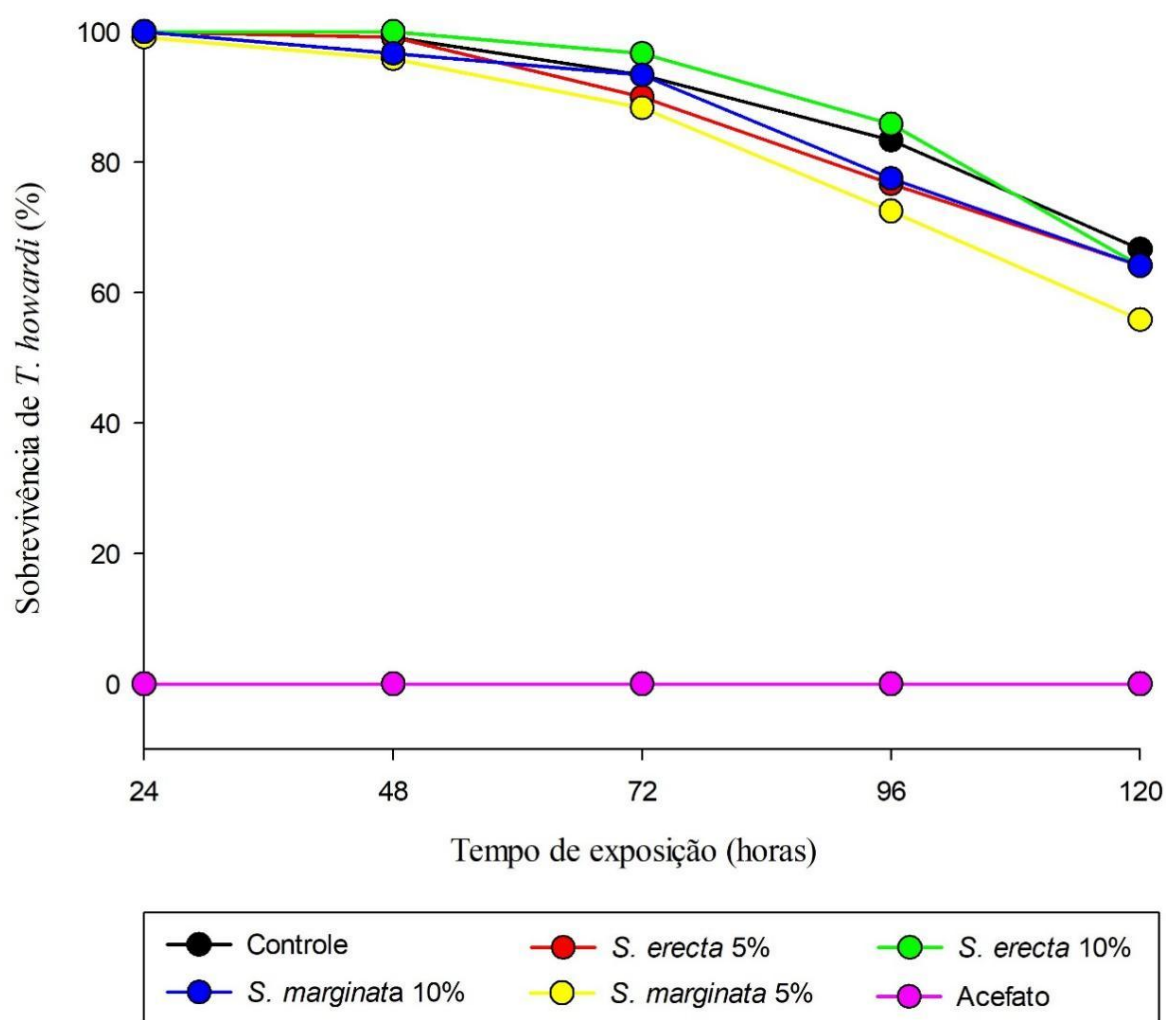


Figura 7. Curva de sobrevivência de fêmeas de *T. howardi* expostas a extratos aquosos de *Serjania* spp. durante 24, 48, 72, 96 e 120 horas, sob condições controladas de laboratório (Temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 h).

4. Discussão

As aplicações de pesticidas no campo para o controle de pragas agrícolas podem comprometer a entomofauna benéfica local, principalmente os inimigos naturais que podem ser diretamente afetados pelo contato direto com inseticidas, seja durante o processo de forrageamento ou durante a alimentação através da ingestão de água contaminada ou mel, disponíveis nas plantas visitadas (NIDAGUNDI et al., 2021). A interação de métodos de controle de pragas envolvendo pesticidas e controle biológico deve priorizar a preservação da biodiversidade e do ecossistema local, sendo necessários testes que garantam a segurança do ambiente e dos organismos não alvos (SOUZA et al., 2019; PISA et al., 2021).

Alguns parasitoides são constantemente afetados por pesticidas e estudos revelam que determinados produtos podem ser altamente tóxicos, nocivos e persistentes para estes insetos (CHENG et al., 2018; 2021; KHAN, 2020). Além dos pesticidas, os bioinseticidas, apesar de apresentarem uma série de vantagens desde sua praticidade até sua baixa persistência, também estão sendo constantemente investigados quanto a seus efeitos negativos sobre parasitoides, pois podem comprometer a biologia desses agentes, afetando o parasitismo, a emergência e a sua sobrevivência (TUNCA et al., 2012; 2014; MONSREAL-CEBALLOS et al., 2018). Pouco se sabe a respeito dos efeitos dos extratos aquosos das espécies vegetais *S. erecta* e *S. marginata* sobre a biologia, reprodução e sobrevivência de *T. howardi*.

De acordo com os resultados obtidos, a porcentagem de parasitismo de *T. howardi* não foi afetada pelos extratos aquosos de *S. erecta* e *S. marginata* e em nenhuma das concentrações avaliadas. Os aleloquímicos, presentes nos extratos botânicos, podem atrair os parasitoides até o hospedeiro, facilitando a localização e o parasitismo (CHARLESTON et al., 2006; LIU et al., 2006). Em razão disso, alguns extratos botânicos podem estimular o aumento da porcentagem de parasitismo (CHARLESTON et al., 2005) através de substâncias químicas, oriundas do metabólito secundário de plantas, como alcaloides, flavonoides, terpenos e compostos fenólicos (BRUCE & CORK, 2001; SENTHIL-NATHAN et al., 2008). Desta forma, os extratos botânicos não interferiram na porcentagem de parasitismo, uma vez que os metabólitos secundários podem ser atrativos para inimigos naturais, já que análises fitoquímicas de *S. erecta* e *S. marginata* comprovam a presença de compostos fenólicos, flavonoides, taninos e saponinas na composição dessas espécies vegetais (GOMIG et al., 2008; MOREIRA et al., 2019).

A porcentagem de emergência, porém, diminuiu nos tratamentos que utilizaram os extratos aquosos de *S. erecta* e *S. marginata*, possivelmente, devido a influência dos metabólitos secundários presentes nos tratamentos. Alguns bioinseticidas podem interferir

no processo de ecdise larval do parasitoide, inibindo parcialmente ou totalmente o seu crescimento larval no interior do hospedeiro, impedindo o desenvolvimento e a emergência de indivíduos adultos (BECKAGE et al., 1988). Tunca et al. (2014), observaram a redução na porcentagem de emergência do parasitoide *Chelonus oculator* Panzer (Hymenoptera: Braconidae) expostos a inseticidas botânicos a base de azadiractina e piretro. Boeke et al. (2003) também observaram a baixa porcentagem de emergência do parasitoide de ovos *Uscana lariophaga* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) a partir do tratamento contendo *Nicotiana tabacum*. Assim como *S. erecta* e *S. marginata*, *N. tabacum* também apresenta em sua composição compostos fenólicos, flavonoides e polifenóis e estes compostos já foram relatados apresentando ação inseticida (SARWAR et al., 2015; ZOU et al., 2021). Perera et al. (2000) observaram a redução significativa na porcentagem de emergência do parasitoide e *C. plutellae* em *P. xylostella* nos tratamentos com óleo vegetal.

O ciclo de vida de *T. howardi* não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos (controle ou extratos aquosos de *Serjania* spp.), sendo semelhante ao observado por Pereira (2019), que verificou o ciclo de vida de *T. howardi* desenvolvendo-se em *P. xylostella* em aproximadamente 21 dias. Entretanto, o ciclo de desenvolvimento de *T. howardi* pode variar de acordo com o hospedeiro escolhido, sendo relatados aproximadamente, 15 dias para pupas de *H. armigera* e 16 dias para pupas de *O. vesulia* (OLIVEIRA et al., 2016; FAVORETO et al., 2020).

A razão sexual foi menor para o tratamento *S. erecta* 5%, evidenciando maior número de machos neste tratamento. Campos-Farinha et al. (2000) sugerem que quando o parasitoide não encontra um hospedeiro adequado para o desenvolvimento de sua prole, ocorre uma redução na razão sexual, sendo expressa pelo aumento do número de progênie masculina, que ao se tornarem adultos irão copular com mais fêmeas, aumentando a porcentagem de parasitismo e progênie. A qualidade, tamanho e os recursos nutricionais do hospedeiro estão diretamente relacionados ao processo de escolha, parasitismo e desenvolvimento do parasitoide (GODFRAY, 1994). Charleston et al. (2005) observaram a partir da razão sexual um aumento tendencioso para o desenvolvimento de machos de *C. plutellae* em larvas de *P. xylostella* tratadas com extratos botânicos.

A longevidade de fêmeas não sofreu alteração significativas entre os tratamentos comparados, evidenciando que os extratos de *S. erecta* e *S. marginata* não influenciaram nesta característica. Tiago (2019) também observou esta característica em parasitoides fêmeas emergidas de *P. xylostella* e verificou que as fêmeas viveram mais de 15 dias. A longevidade de macho diminuiu para *S. marginata*, sobrevivendo aproximadamente 14 dias, porém foi maior na concentração 10%, sobrevivendo aproximadamente 18 dias. Apesar

disso, ao compararmos com os resultados de Tiago et al. (2019), que observou a longevidade de machos de *T. howardi* com aproximadamente 11 dias emergidos de *P. xylostella*, ainda notamos que os efeitos dos extratos não causaram redução exacerbada desta característica. Tunca et al. (2014) também notaram a redução da longevidade de machos e fêmeas nos tratamentos contendo doses de inseticidas botânicos.

A sobrevivência de fêmeas adultas de *T. howardi* não foi afetada pelos diferentes extratos de *Serjania* spp. e concentrações (5% e 10%), podendo integrar o método de controle biológico, juntamente, com as aplicações dos bioinseticidas das plantas estudadas. Alguns autores revelam a segurança de determinados inseticidas botânicos para alguns insetos parasitoides e destacam a importância da interação dessas duas ferramentas para o sucesso do controle de populações de insetos dentro de um programa de manejo integrado de pragas (HASSAN et al., 2022). Novio et al. (2020) estudaram o efeito dos extratos produzidos a partir de sementes de *Annona squamosa* L. and *Mangifera altissima* B., ricos em fenóis, saponinas e taninos, e verificaram que eles foram tóxicos para a praga, entretanto, menos potente para o endoparasitoide *Tetrastichus brontispae* Ferrière (Hymenoptera: Eulophidae), podendo ser integrados a programas de controle biológico.

5. Conclusões

Os extratos aquosos de *S. marginata* e *S. erecta* nas concentrações 5% e 10% não interferem no parasitismo, no ciclo de vida, na progênie, na longevidade e na sobrevivência de fêmeas adultas de *T. howardi*. Porém as duas espécies vegetais diminuíram a porcentagem de emergência de adultos. A espécie *S. erecta* influenciou no aumento do número de progênie masculina. A espécie *S. marginata* diminuiu o número de progênie total de *T. howardi* e a longevidade de macho.

Portanto, os extratos aquosos de *Serjania* spp. podem ser utilizados de maneira integrada ao controle biológico com *T. howardi* para regulação de populações de *P. xylostella* no campo, pois não afetam o parasitismo e garantem a sobrevivência deste agente, entretanto, é necessário o desenvolvimento de mais pesquisas sobre a toxicidade e seletividade dos extratos de *S. erecta* e *S. marginata* sobre a biologia deste agente.

Referências bibliográficas

ALVES, S. B. **Controle Microbiano de Insetos**. Piracicaba. FEALQ, 1998.

AMOABENG, B. W.; GURR, G. M.; GITAU, C. W.; NICOL, H. I.; MUNYAKAZI, L.; STEVENSON, P. C. Tri-trophic insecticidal effects of African plants against cabbage pests. **PloS One**, v. 8, n. 10, e78651, 2013.

ARRUDA, L. S.; RODRIGUES, A. R.; BERMUDEZ, N. C.; RIBEIRO, L. M.; NETO, J. E. L.; SIQUEIRA, H. A. Field resistance of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) to lufenuron: Inheritance and lack of cross-resistance to methoxyfenozide. **Crop Protection**, v. 136, p. 105237, 2020.

BACCI, L.; ROSADO, J. F.; PICANÇO, M. C.; GONRING, A. H. R.; GALDINO, T. V. S.; MARTINS, J. C. Failure control of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) and selectivity of their natural enemies to different insecticides. **Journal of Plant Protection Research**, v. 58, n. 2, 2018.

BARROS, R.; THULER, R. T.; PEREIRA, F. F. Técnica de criação de *Plutella xylostella* (L., 1758) (Lepidoptera: Yponomeutidae). In: Pratisoli D. (Org.). **Técnicas de criação de pragas de importância agrícola, em dietas naturais**. 1. ed. Vitória: Edufes, v.1, p. 65-84, 2012.

BECKAGE, N. E.; METCALF, J. S.; NIELSEN, B. D.; NESBIT, D. J. Disruptive effects of azadirachtin on development of *Cotesia congregata* in host tobacco hornworm larvae. **Archives of Insect Biochemistry and Physiology**, v. 9, n. 1, p. 47-65, 1998.

BERSANI, B. C. G.; SILVA SANTOS, B.; MASSAROLLI, A.; BUTNARIU, A. R.; PEREIRA, M. J. B.; FOERSTER, L. A. Toxicidade de inseticidas a *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) parasitadas por *Oomyzus sokolowskii* (Hymenoptera: Eulophidae). **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 4, p. 3504-3517, 2020.

BOEKE, S. J.; SINZOGAN, A. A.; DE ALMEIDA, R. P.; DE BOER, P. W.; JEONG, G.; KOSSOU, D. K.; VAN LOON, J. J. Side-effects of cowpea treatment with botanical insecticides on two parasitoids of *Callosobruchus maculatus*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 108, n. 1, p. 43-51, 2003.

BRUCE, T. J.; CORK, A. Electrophysiological and behavioral responses of female *Helicoverpa armigera* to compounds identified in flowers of African marigold, *Tagetes erecta*. **Journal of Chemical Ecology**, v. 27, p. 1119–1131, 2001.

CAMPOS-FARINHA, A. E. C.; CHAUD-NETTO, J.; GOBBI, N. Biologia reprodutiva de *Cotesia flavipes* (Cameron) (Hymenoptera: Braconidae). IV. Discriminação entre lagartas parasitadas e não parasitadas de *Diatraea saccharalis* Fabricius (Lepidoptera: Pyralidae), tempo de desenvolvimento e razão sexual dos parasitoides. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 67, n. 2, p. 229-234, 2000.

CARVALHO, F. P. Pesticides, environment, and food safety. **Food and Energy Security**, v. 6, p. 48–60, 2017.

CHARLESTON, D. S.; KFIR, R.; DICKE, M.; VET, L. E. M. Impact of botanical pesticides derived from *Melia azedarach* and *Azadirachta indica* on the biology of two parasitoid species of the diamondback moth. **Biological Control**, v. 33, p. 131-142, 2005.

CHARLESTON, D. S.; KFIR, R.; DICKE, M.; VET, L. E. M. Impact of botanical extracts derived from *Melia azedarach* and *Azadirachta indica* on populations of *Plutella xylostella* and its natural enemies: a field test of laboratory findings. **Biological Control**, v. 39, p. 105-114, 2006.

CHENG, S.; LIN, R.; WANG, L.; QIU, Q.; QU, M.; REN, X.; ZONG, F. JIANG, H.; YU, C. Comparative susceptibility of thirteen selected pesticides to three different insect egg parasitoid *Trichogramma* species. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 166, p. 86-91, 2018.

CHENG, S.; LIN, R.; YU, C.; SUN, R.; JIANG, H. Toxic effects of seven pesticides to aphid parasitoid, *Aphidius gifuensis* (Hymenoptera: Braconidae) after contact exposure. **Crop Protection**, v. 145, p. 105634, 2021.

CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. Biological control of soybean stink bugs by inoculative releases of *Trissolcus basal*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 79, n. 1, p. 1-7, 1996.

COUTO, I. F. S.; VERZA, S.; VALENTE, F. I.; SENNA, B.; SOUZA, S. A.; MAUAD, M.; MUSSURY, R. M. Botanical extracts of the brazilian savannah affect feeding and oviposition of *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae). **Journal of Agricultural Science**, v.11, n. 5, 2019.

COUTO, I. F. S.; SOUZA, S. A.; VALENTE, F. I.; SILVA, R. M.; SCALON, S. D. P. Q.; PEREIRA, F. F.; SILVA, S. V.; CARVALHO, E. M.; MUSSURY, R. M. Changes in the biological characteristics of *Plutella xylostella* using ethanolic plant extracts. **Gesunde Pflanzen**, v. 72, n. 4, p. 383-391, 2020.

CRUZ, I.; REDOAN, A. C.; SILVA, R. B. D.; FIGUEIREDO, M. D. L. C.; PENTEADO-DIAS, A. M. New record of *Tetrastichus howardi* (Olliff) as a parasitoid of *Diatraea saccharalis* (Fabr.) on maize. **Scientia Agricola**, v. 68, p. 252-254, 2011.

DIECKHOFF, C.; TATMAN, K. M.; HOELMER, K. A. Natural biological control of *Halyomorpha halys* by native egg parasitoids: a multi-year survey in northern Delaware. **Journal of Pest Science**, v. 90, n. 4, p. 1143-1158, 2017.

DOLPHIN, K.; QUICKE, D. L. J. Estimating the global species richness of an incompletely described taxon: an example using parasitoid wasps (Hymenoptera: Braconidae), **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 73, p. 279–286, 2001.

FACA, E. C.; PEREIRA, F. F.; FERNANDES, W. C.; SILVA, I. F.; COSTA, V. A.; WENGRAT, A. P. G. S. Reproduction of *Ooencyrtus submetallicus* (Hymeniptera: Encyrtidae) and *trissolcus* sp. aff. *urichi* (Hymenoptera: Scelionidae) in eggs of *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae) of differen ages. **Journal of Agricultural Science**, v. 13, p. 96-106, 2021a.

FACA, E. C.; FERREIRA, E. A.; SILVA, R. M.; MUSSURY, R. M. Efeito de extratos aquosos de *Serjania* spp. sobre a oviposição de *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae). **Research, Society and Development**, v. 10, n. 14, e198101421802 - e198101421802, 2021b.

FAVORETO, A. L.; PAVANI, R. F.; RIBEIRO, M. F.; ZANUNCIO, A. J. V.; SOARES, M. A.; ZANUNCIO, J. C.; WILCKEN, C. F. *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera:

Eulophidae): first report of parasitism in *Oxydia vesulia* (Lepidoptera: Geometridae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 81, p. 406-410, 2020.

FERREIRA, E. A.; DE SOUZA, S. A.; DOMINGUES, A.; DA SILVA, M. M. M.; PADIAL, I. M. P. M.; CARVALHO, E. M.; CARDOSO, C. A. L.; SILVA, S. V.; MUSSURY, R. M. Phytochemical screening and bioactivity of *Ludwigia* spp. in the control of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **Insects**, v. 11, n. 9, p. 596, 2020.

FINKLER, C. L. L. Controle de insetos: uma breve revisão. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, v. 8, p. 169-189, 2011.

FITE, T.; TEFERA, T.; NEGERI, M.; DAMTE, T.; SORI, W. Management of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) by nutritional indices study and botanical extracts of *Millettia ferruginea* and *Azadirachta indica*. **Advances in Entomology**, v. 6, n. 4, p. 235-255, 2018.

FURLONG, M. J.; WRIGHT, D. J.; DOSDALL, L. M. Diamondback moth ecology and management: Problems, progress, and prospects. **Annual Review of Entomology**, v. 58, p. 517–541, 2013.

GODFRAY, H. C. J. **Parasitoids: behavioral and evolutionary ecology**. Princeton: Princeton University, p. 484, 1994.

GOMIG, F.; PIETROVSKI, E. F.; GUEDES, A.; DALMARCO, E. M.; CALDERARI, M. T.; GUIMARÃES, C. L.; PINHEIRO, R. M.; CABRINI, D. A.; OTUKI, M. F. Topical anti-inflammatory activity of *Serjania erecta* Radlk (Sapindaceae) extracts. **Journal of ethnopharmacology**, v. 118, n. 2, p. 220-224, 2008.

GONÇALVES, C.; PASSALA, J.; DOS SANTOS, J. C.; COSTA VIEIRA, C. M. G.; JÚNIOR, N. Z. Conscientização ambiental no âmbito escolar: a importância da polinização e o declínio dos Agentes polinizadores pelo uso excessivo de inseticidas. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 6, p. 58358-58375, 2021.

HASSAN, E.; MOSTAFIZ, M. M.; IRAMU, E. T.; GEORGE, D.; LEE, K. Y. Evaluation of the Effect of Fungatol and Gamma-T-ol on the Emergence and Adult Parasitoid Survival

of Mummies of Cotton Aphids Parasitized by *Aphidius colemani*. **Insects**, v. 13, n. 1, p. 38, 2022.

HERZ, A.; DINGELDEY, E.; ENGLERT, C. More Power with Flower for the Pupal Parasitoid *Trichopria drosophilae*: A Candidate for Biological Control of the Spotted Wing Drosophila. **Insects**, v. 12, n. 7, p. 628, 2021.

HOUGARDY, E.; HOGG, B. N. Host Patch Use and Potential Competitive Interactions Between Two Egg Parasitoids From the Family Scelionidae, Candidate Biological Control Agents of *Bagrada hilaris* (Hemiptera: Pentatomidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 114, n. 2, p. 611-619, 2021.

IBRAHIM, M. A.; KAINULAINEN, P.; AFLATUNI, A.; TIILIKKALA, K.; HOLOPAINEN, J. K. Insecticidal, repellent, antimicrobial and phytotoxicity of essential oils: with special reference to limonene and its suitability for control of insect pests. **Agricultural and Food Science**, v. 10, p. 243–259, 2001.

ISMAN, M. B. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and na increasingly regulated world. **Annual Review of Entomology**, v. 51, p. 45–66, 2006.

Jacobson, M. **Botanical insecticides**. Past, present, and future. In *Insecticides of Plant Origin*, 1989.

JIANG, J.; LIU, X.; HUANG, X.; YU, X.; ZHANG, W.; ZHANG, X.; MU, W. Comparative ecotoxicity of neonicotinoid insecticides to three species of *Trichogramma parasitoid* wasps (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 183, p. 109587, 2019.

KAISER, L.; DUPAS, S.; BRANCA, A.; HERNIOU, E. A.; CLARKE, C. W.; DULAC, C. C.; OBONYO, J.; BENOIST, R.; GAUTHIER, J.; CALATAYUD, P. A.; SILVAIN, J. F.; LE RU, B. P. The *Cotesia sesamiae* story: insight into host-range evolution in a Hymenoptera parasitoid and implication for its use in biological control programs. **Genetica**, v. 145, n. 6, p. 455-468, 2017.

KAUR, M.; SARAF, I.; KUMAR, R.; PAL SINGH, I.; KAUR, S. Biological effects of secondary metabolites of *Inula racemosa* on the parasitoid *Bracon hebetor*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 169, p. 743-749, 2021.

KHAN, M. A. Lethal and parasitism effects of selected novel pesticides on adult *Trichogramma chilonis* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 127, n. 1, p. 81-90, 2020.

KIM, S.; ROH, J.; KIM, D.; LEE, H.; AHN, Y. Insecticidal activities of aromatic plant extracts and essential oils against *Sitophilus oryzae* and *Callosobruchus chinensis*. **Journal of Stored Products Research**, v.39, p. 293-303, 2003.

KRINSKI, D.; MASSAROLI, A.; MACHADO, M. Potencial inseticida de plantas da família Annonaceae. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, p. 225-242, 2014.

KUMAR, S.; JOSHI, P. C.; NATH, P.; SINGH, V. K. Impacts of insecticides on pollinators of different food plants. **Entomol Ornithol Herpetol**, v. 7, n. 2, p. 7, 2018.

LI, Z.; ZALUCKI, M. P.; YONOW, T.; KRITICOS, D. J.; BAO, H.; CHEN, H.; HU, Z.; FENG, X.; FURLONG, M. J. Population dynamics and management of diamondback moth (*Plutella xylostella*) in China: the relative contributions of climate, natural enemies and cropping patterns. **Bulletin of Entomological Research**, v. 106, n. 2, p. 197-214, 2016.

LIU, S.; LI, Y.; LOU, Y. Non-host plant extracts reduce oviposition of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) and enhance parasitism by its parasitoid *Cotesia plutellae* (Hymenoptera: Braconidae). **Bulletin of Entomological Research**, v. 96, n. 4, p. 373-378, 2006.

LU, C.; HUNG, Y.; CHENG, Q. A review of sub-lethal neonicotinoid insecticides exposure and effects on pollinators. **Current Pollution Reports**, v. 6, n. 2, p. 137-151, 2020.

MAJEED, M. Z.; NAWAZ, M. I.; KHAN, R. R.; FAROOQ, U.; MA, C. S. Insecticidal effects of acetone, ethanol and aqueous extracts of *Azadirachta indica* (A. Juss), *Citrus aurantium* (L.), *Citrus sinensis* (L.) and *Eucalyptus camaldulensis* (Dehnh.) against

mealybugs (Hemiptera: Pseudococcidae). **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v. 21, n. 3, 2018.

MIRANDA, G. A. S. **Padronização de metodologia para avaliar a seletividade de pesticidas sobre parasitoides de ovos**. Dissertação (Mestrado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2010.

MONSREAL-CEBALLOS, R. J.; RUIZ-SÁNCHEZ, E.; BALLINA-GÓMEZ, H. S.; REYES-RAMÍREZ, A.; GONZÁLEZ-MORENO, A. Effects of botanical insecticides on hymenopteran parasitoids: a meta-analysis approach. **Neotropical Entomology**, v. 47, n. 5, p. 681-688, 2018.

MOREIRA, M. D., PICANÇO, M. C., SILVA, E. D., MORENO, S. C., MARTINS, J. C. **Uso de inseticidas botânicos no controle de pragas. Controle alternativo de pragas e doenças**. Viçosa: EPAMIG/CTZM, 89-120, 2006.

MOREIRA, S. S.; TAMASHIRO, L. K.; JORGE, B. C.; SILVA BALIN, P.; HEREDIA-VIEIRA, S. C.; ALMEIDA, G. L.; CARDOSO, C. A. L. KASSUYA, C. A. L.; ARENA, A. C. Toxicological safety evaluation in acute and 28-day studies of aqueous extract from *Serjania marginata* Casar (Sapindaceae) leaves in rats. **Journal of ethnopharmacology**, v. 231, p. 197-204, 2019.

NIDAGUNDI, K. S.; KAMBREKAR, D. N.; MALLAPUR, C. P. Contact Toxicity of Insecticides and Biopesticides to *Trichogramma chilonis* Ishii (Hymenoptera: Trichogrammatidae) under Laboratory Condition. **Research Square**, p. 1-16, 2021.

NOVIO, B. V.; ZIPAGAN, M. B.; AMARGA, A. K. S. Evaluation of some dicotyledonous seed extracts against coconut leaf beetle, *Brontispa longissima* (Gestro) (Coleoptera: Chrysomelidae) and sublethal effect to an endoparasitoid. **Journal of Biopesticides**, v. 14, n. 2, p. 01-11, 2020.

OLIVEIRA, H. N.; SIMONATO, J.; GLAESER, D. F.; PEREIRA, F. F. Parasitism of *Helicoverpa armigera* pupae (Lepidoptera: Noctuidae) by *Tetrastichus howardi* and

Trichospilus diatraeae (Hymenoptera: Eulophidae). **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 1, p. 111-115, 2016.

PARRA, J. R. P. **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. Editora Manole Ltda, 2002.

PERERA, D. R.; ARMSTRONG, G.; SENANAYAKE, N. Effect of antifeedants on the diamondback moth (*Plutella xylostella*) and its parasitoid *Cotesia plutellae*. **Pest Management Science: Formerly Pesticide Science**, v. 56, n. 5, p. 486-490, 2000.

PEREIRA, H. C. **Avaliação de agentes biológicos e nim sobre *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) em couve**. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019.

PERES, L. L.; SOBREIRO, A. I.; COUTO, I. F.; SILVA, R. M.; PEREIRA, F. F.; HEREDIA-VIEIRA, S. C.; CARDOSO, C. A. L.; MAUAD, M.; SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R. M. Chemical compounds and bioactivity of aqueous extracts of *Alibertia* spp. in the control of *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae). **Insects**, v. 8, n. 4, p. 125, 2017.

PISA, L.; GOULSON, D.; YANG, E. C.; GIBBONS, D.; SÁNCHEZ-BAYO, F.; MITCHELL, E.; AEBI, A.; VAN DER SLUIJS, J.; MACQUARRIE, C. J. K.; GIORIO, C.; LONG, E. Y.; MCFILD, M.; VAN LEXMOND, M. B.; BONMATIN, J. M. An update of the Worldwide Integrated Assessment (WIA) on systemic insecticides. Part 2: impacts on organisms and ecosystems. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, n. 10, p. 11749-11797, 2021.

RAHARDJO, B. T.; WIDJAYANTI, T.; ANGGRAINI, A. The Effect of Insecticide Application on *Plutella xylostella* Linn. and its Parasitoid *Diadegma* sp. **Journal of Tropical Plant Protection**, v. 2, n. 1, p. 1-6, 2021.

RAMPELOTTI-FERREIRA, F. T.; COELHO JR, A. PARRA, J. R. P.; VENDRAMIM, J. D. Selectivity of plant extracts for *Trichogramma pretiosum* Riley (Hym.: Trichogrammatidae). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 138, p. 78-82, 2017.

RICUPERO, M.; DESNEUX, N.; ZAPPALÀ, L.; BIONDI, A. Target and non-target impact of systemic insecticides on a polyphagous aphid pest and its parasitoid. **Chemosphere**, v. 247, 125728, 2020.

RIOBA, N. B.; STEVENSON, P. C. Opportunities and scope for botanical extracts and products for the management of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) for smallholders in Africa. **Plants**, v. 9, n. 2, p. 207, 2020.

RODRIGUES, A.; PEREIRA, F. F.; BARBOSA, P. R.; SILVA-TORRES, C. S., TORRES, J. B. Parasitism Behavior of *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) on Larvae and Pupae of Sugarcane Borers. **Journal of Insect Behavior**, v. 34, p. 71-81, 2021.

SAJJAD, A. L. İ.; ULLAH, M. I.; ARSHAD, M.; IFTIKHAR, Y.; SAQIB, M.; AFZAL, M. Effect of botanicals and synthetic insecticides on *Pieris brassicae* (L., 1758) (Lepidoptera: Pieridae). **Turkish Journal of Entomology**, v. 41, n. 3, p. 275-284, 2017.

SANOMIA, W. Y.; PEREIRA, F. F.; SILVA, I. F. Seletividade de inseticidas a *Ooencyrtus submetallicus* (Hymenoptera: Encyrtidae) em condições ampliadas de laboratório. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 50, 2020.

SARWAR, M. The killer chemicals for control of agriculture insect pests: The botanical insecticides. **International Journal of Chemical and Biomolecular Science**, v. 1, n. 3, p. 123-128, 2015.

SENTHIL-NATHAN, S.; CHOI, M. Y.; PAIK, C. H.; KALAIVANI, K. The toxicity and physiological effect of goniothalamine, a styryl-pyrone, on the generalist herbivore, *Spodoptera exigua* Hübner. **Chemosphere**, v. 72, p. 1393–1400, 2008.

SILVA-TORRES, C. S. A.; Pontes, I. V. A. F.; Torres, J. B.; Barros, R. New records of natural enemies of *Plutella xylostella* (L) (Lepidoptera: Plutellidae) in Pernambuco, Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 39, n. 5, 2010.

SOUZA, B.; VÁZQUEZ, L. L.; MARUCCI, R. C. (Ed.). **Natural Enemies of Insect Pests in Neotropical Agroecosystems: Biological Control and Functional Biodiversity**. Springer Nature, 2019.

STILING, P.; CORNELISSEN, T. What makes a successful biocontrol agent? A meta analysis of biological control agent performance. **BiolControl**, v. 34, n. 3, p. 236–246, 2005.

TIAGO, E. F. **Biologia comparada de *Tetrastichus howardi*, *Trichospilus diatraeae* e *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: eulophidae) em lagartas e pupas de *Plutella xylostella* (Lepidoptera: plutellidae)**. Tese (Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade (PPGECB) – Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), 2019.

TOUGERON, K.; ILTIS, C.; RENZO, F.; ALBITTAR, L.; HANCE, T.; DEMETER, S.; LE GOFF, G. J. Ecology and biology of the parasitoid *Trechus insidiosus* and its potential for biological control of pear psyllids. **Pest Management Science**, v. 77, n. 11, p. 4836-4847, 2021.

TUNCA, H.; KILINÇER, N.; ÖZKAN, C. Side-effects of some botanical insecticides and extracts on the parasitoid, *Venturia canescens* (Grav.) (Hymenoptera: Ichneumonidae). **Türkiye Entomoloji Dergisi**, v. 36, n. 2, p. 205-214, 2012.

TUNCA, H.; KILINÇER, N.; OUMLZKAN, C. Toxicity and Repellent Effects of Some Botanical Insecticides on the Egg-Larval Parasitoid *Chelonus oculator* Panzer (Hymenoptera: Braconidae). **Scientific Research and Essays**, v. 9, p. 106-113, 2014.

VARGAS, E. L.; PEREIRA, F. F.; TAVARES, MARCELO T. Record of *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) parasitizing *Diatraea* sp. (Lepidoptera: Crambidae) in sugarcane crop in Brazil. **Entomotropica**, v. 26, p. 143-146, 2011.

WAHL, D. B.; SHARKEY, M. J. Superfamily Ichneumonidea. In Goulet, H. & Huber, J.T. 1993. **Hymenoptera of the World: An Identification to families**. Research Branch Agriculture Canada publication 1894/E: 358 – 395.

WANG, X.; APARICIO, E. M.; MURPHY, T. C.; DUAN, J. J.; ELKINTON, J. S.; GOULD, J. R. Assessing the host range of the North American parasitoid *Ontsira mellipes*:

potential for biological control of Asian longhorned beetle. **Biological Control**, v. 137, p. 104028, 2019a.

WANG, Z. Z.; LIU, Y. Q.; Min, S. H. I.; HUANG, J. H.; CHEN, X. X. Parasitoid wasps as effective biological control agents. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 18, n. 4, p. 705-715, 2019b.

YU, L.; TANG, W.; HE, W.; MA, X.; VASSEUR, L.; BAXTER, S.W.; YANG, G.; HUANG, S.; SONG, F.; YOU, M. Characterization and expression of the cytochrome P450 gene family in diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.). **Scientific Reports**, n. 5, p. 1-10, 2015.

ZALUCKI, M. P.; SHABBIR, A.; SILVA, R.; ADAMSON, D.; SHU-SHENG, L.; FURLONG, M. J. Estimating the economic cost of one of the worlds major insect pests, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae): just how long is a piece of string? **Journal of Economic Entomology**, v. 105, p. 1115–1129, 2012.

ZOU, X.; BK, A.; RAUF, A.; SAEED, M.; AL-AWTHAN, Y. S.; AL-DUAIS, A. M.; BAHATTAB, O.; KHAN, M. H.; SULERIA, H. A. R. Screening of Polyphenols in Tobacco (*Nicotiana tabacum*) and Determination of Their Antioxidant Activity in Different Tobacco Varieties. **ACS OMEGA**, v. 6, n. 39, p. 25361-25371, 2021.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As espécies vegetais estudadas causaram alterações em algumas características biológicas do ciclo de vida de *P. xylostella*, reduzindo a duração e a sobrevivência larval, a fecundidade e o total de larvas eclodidas. Além disso, larvas alimentadas com extratos com 10% de concentração deram origem a pupas mais pesadas.

A reprodução de *P. xylostella* também foi afetada pelos extratos aquosos das espécies vegetais investigadas, observados nos experimentos de oviposição, apresentando efeito dissuasor em ambos os testes, sendo a concentração 10% mais eficaz na redução da fecundidade, fertilidade e viabilidade de ovos.

Os extratos aquosos de *Serjania* spp. também influenciaram a alimentação de larvas de *P. xylostella*. No teste sem chance de escolha a espécie *S. erecta* foi fagoestimulante, estimulando o consumo foliar larval, entretanto, o ganho de peso, neste tratamento, não foi proporcional ao consumo da área foliar. Por outro lado, a espécie *S. marginata* foi fagodeterrente, assim como na concentração 5%. Já, no teste com chance de escolha todos os tratamentos contendo extratos aquosos de *Serjania* spp. foram fagodeterrentes para larvas de *P. xylostella*.

As espécies investigadas apresentaram toxicidade quando aplicadas topicamente em ovos, larvas e pupas de *P. xylostella*. Além disso, concentração 10% causou maior redução na sobrevivência larval.

Os extratos aquosos de *Serjania* spp. não afetaram o parasitismo, ciclo de vida, número de progênie feminina e a longevidade de fêmeas de *T. howardi*, entretando, reduziram a emergência deste parasitoide. A espécie *S. erecta* foi responsável pelo aumento do número de progênie masculina e a espécie *S. marginata* reduziu a longevidade de machos de *T. howardi*. A concentração 10% aumentou a longevidade de machos. Por fim, os extratos aquosos das espécies investigadas não afetaram a sobrevivência de fêmeas adultas de *T. howardi*.

Portanto, as espécies estudadas apresentam propriedades bioativas e podem atuar como bioinseticidas para o controle de *P. xylostella*, causando alterações no ciclo de vida, na reprodução e alimentação, apresentando toxicidade tópica para ovos, larvas e pupas, e ainda, podem ser integrados ao controle biológico com *T. howardi*, pois não afeta seu parasitismo e nem sobrevivência. Entretanto, são necessárias mais pesquisas sobre as espécies *S. erecta* e *S. marginata*, sobre novas concentrações e testes biológicos levando-se em consideração as relações e interações tri-tróficas, entre planta, herbívoros e seus inimigos naturais.

RELEVÂNCIA SOCIAL, ECONÔMICA E CIENTÍFICA DA PESQUISA

A partir dos resultados obtidos a pesquisa contribuirá para a geração de conhecimentos científicos e culturais no estado do Mato Grosso do Sul e para valorização e conhecimento das espécies botânicas do bioma local, servindo de base para futuros projetos e pesquisas sobre bioinseticidas. Além disso, contribuirá socialmente para o fortalecimento do Programa de Mestrado e Doutorado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade e da comunidade acadêmica da Faculdade de Ciência Biológicas e Ambientais da Universidade Federal da Grande Dourados.

Os resultados também poderão alcançar a comunidade científica nacional e internacional por meio de publicações em periódicos de grande impacto científico na área da Biodiversidade. Além disso, os trabalhos poderão ser apresentados à comunidade em eventos acadêmicos nacionais e internacionais, fomentando o intercâmbio de informações e ascendendo a pesquisa desenvolvida pelo Programa de Pós-graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade - UFGD.

A contribuição econômica está diretamente atrelada à ambiental, pois a pesquisa proporcionará a possibilidade de implementação de alternativas ambientalmente saudáveis para a regulação de populações de pragas no campo, a partir de produtos naturais e de baixo custo. E, ao mesmo tempo, contribuirá para um manejo agroecológico sustentável, reduzindo as aplicações de inseticidas sintéticos e seus impactos ambientais. Além disso, o manejo agroecológico, proporcionará a garantia da consolidação e fortalecimento da agricultura familiar e da segurança alimentar, maximizando a renda dos pequenos produtores locais.