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

Bioatividade de extratos de plantas nativas do cerrado sobre *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae)

Irys Fernanda Santana Couto

Dourados-MS
Março, 2018

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

Irys Fernanda Santana Couto

BIOATIVIDADE DE EXTRATOS DE PLANTAS NATIVAS DO CERRADO SOBRE *Plutella xylostella* (LINNAEUS, 1758) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE)

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

Orientadora: Prof[a]. Dr[a]. Rosilda Mara Mussury Franco Silva

Dourados-MS
Março, 2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

C871b Couto, Irys Fernanda Santana
Bioatividade de extratos de plantas nativas do Cerrado sobre *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae) /Irys Fernanda Santana Couto. – Dourados, MS : UFGD, 2018.
108f.

Orientadora: Profª. Dra. Rosilda Mara Mussury Franco Silva
Tese (Doutorado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade)– Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, Universidade Federal da Grande Dourados.

1. Plantas nativas do Cerrado. 2. Entomologia. 3. Traça-das-crucíferas. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central – UFGD.
©Todos os direitos reservados. Permitido a publicação parcial desde que citada a fonte.

"BIOATIVIDADE DE EXTRATOS DE PLANTAS NATIVAS DO CERRADO SOBRE *Plutella xylostella*".

Por

IRYS FERNANDA SANTANA COUTO

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

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

Dr.ª Laura Jane Gisloti
Membro Titular – UFGD

Dr. Fabricio Fagundes Pereira
Membro Titular – UFGD

Dr.ª Sandra Verza da Silva
Membro Titular - UNESP

Dr.ª Silvia Cristina Heredia Vieira
Membro Titular – Anhanguera Dourados

Aprovada em: 12 de março de 2018.

Biografia

Irys Fernanda Santana Couto, nascida em 02 de dezembro de 1989, natural de Ilha Solteira-SP. Possui graduação em Ciências Biológicas (licenciatura) pela Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (Câmpus de Três Lagoas). Ingressou no Mestrado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade na Universidade Federal da Grande Dourados, realizando trabalhos de antixenose de insetos utilizando inseticidas botânicos, e com bolsa pela CAPES, obteve o título de mestre em 2014. Neste mesmo ano, ingressou no Doutorado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade, trabalhando com antixenose e antibiose de insetos utilizando inseticidas botânicos. Foi bolsista de doutorado pela CAPES.

Agradecimentos

À Universidade Federal da Grande Dourados, Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais pela oportunidade.

Ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade da Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, da Universidade Federal da Grande Dourados, pela realização do curso de mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo fornecimento da bolsa de estudos.

À Profª. Drª. Rosilda Mara Mussury Franco Silva, amiga e orientadora, por todos seus ensinamentos e principalmente paciência.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade, em especial Laura Gisloti, Elisângela Loureiro, Fabricio Fagundes e Paulo Degrande, que contribuíram muito para meu desenvolvimento enquanto entomóloga e pesquisadora. A professora Zefa por auxiliar na identificação e coleta do material vegetal.

Aos secretários do programa Vitor e Marcelo, por todo apoio e auxílio burocrático (incluo Paulo, que na época era secretário de outro programa de pós-graduação e nunca mediu esforços para me auxiliar).

Aos amigos feitos durante minha estadia em Dourados-MS, pertencentes ou não ao programa, em especial, Michele, Juliana Teixeira, Andressa, Paulo Tavares, Gimo, Fabricio Valente, Lucas, Silvana, Bruno Sena, Antônio Mendonça, Manuela Scarpa, Elaine, Brisa, Alexandre e Lorenza. Todos vocês contribuíram de alguma forma na produção dessa tese, em minha melhora como pessoa e na minha qualidade de vida.

Aos colegas do Laboratório de Interação Inseto-Planta (LIIP) onde se desenvolveu toda a pesquisa em um ambiente alegre e com muita troca de experiência e companheirismo.

Agradeço também a minha família e a família do Fabricio, por se dedicarem nos cuidados com nossa filha, para o término desse trabalho.

DEDICO

Aos meus pais, Couto e Sueli.
Às minhas irmãs, Thays e Elys.
Às minhas filhas Alice e Helena.
Ao meu melhor amigo e parceiro de doutorado, Fabricio.
E principalmente aos meus avós (*In memorian*), Romão e Pedro, que viveram da terra,
Jaci e Maria Pureza.

SUMÁRIO

RESUMO GERAL 1
ABSTRACT 2
1. INTRODUÇÃO GERAL 3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 5
2.1 Biologia de *P. xylostella* 7
2.2 Interação entre *P. xylostella* e *Brassica* 8
2.3 Danos econômicos de *P. xylostella* sobre *Brassica* 10
2.4 Inseticidas sintéticos, meio ambiente e segurança alimentar 11
2.5 Inseticidas botânicos 12
2.6 Agricultura familiar e seu papel na segurança alimentar 15
3. REFERÊNCIAS 17
4. OBJETIVO GERAL 27
5. HIPÓTESE(S) 27
CAPÍTULO I - EFEITO DE EXTRATOS VEGETAIS SOBRE A PREFERÊNCIA DE OVIPOSIÇÃO DE *PLUTELLA XYLOSTELLA* (L., 1758) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE) 28
Resumo 29
Abstract 29
Introdução 30
Material e Métodos 32
Resultados 35
Discussão 36
Referências 39
CAPÍTULO II - PREFERÊNCIA ALIMENTAR DE *PLUTELLA XYLOSTELLA* L. (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE) POR FOLHAS TRATADAS COM EXTRATOS BOTÂNICOS 44
Resumo 45
Abstract 45
Introdução 46
Material e Métodos 48
Resultados 50
Discussão 52
Conclusão 55

Referencias.....55
CAPÍTULO III - BIOATIVIDADE DE EXTRATOS AQUOSOS DE PLANTAS INSETICIDAS DO CERRADO SOBRE TRAÇA-DAS-CRUCÍFERAS.....60
Resumo.....61
Abstract.....62
Introdução.....62
Material e Métodos.....64
Resultados 67
Discussão.....72
Referencias.....74
CAPÍTULO IV - BIOATIVIDADE DE EXTRATOS ETANÓLICOS DE PLANTAS INSETICIDAS DO CERRADO SOBRE TRAÇA-DAS-CRUCÍFERAS 79
Resumo.....80
Abstract.....81
Introdução.....81
Material e Métodos.....83
Resultados 86
Discussão.....91
Referencias.....94
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....99

RESUMO GERAL

Plutella xylostella (L.,1758) (Lepidoptera: Plutellidae) é considerada o principal agente de dano das brássicas, e já oferece resistência a um grande número de inseticidas sintéticos, sendo, o uso de extratos vegetais uma alternativa viável para o seu controle. As vantagens da utilização de extratos vegetais são a rápida degradação, ação rápida, baixa a moderada toxicidade ao homem, seletividade, baixa fitoxicidade e baixo custo. Objetivou-se avaliar a ação de extratos aquosos e etanólicos de *Annona crassiflora*, *Annona coriacea*, *Schinus terebinthifolius* e *Serjania marginata* sobre a preferência de oviposição, preferência alimentar, desenvolvimento e reprodução de *P. xylostella*. Para o experimento de preferência de oviposição, discos foliares tratados com extratos aquosos (5 e 10 g/L) e etanólicos (1 e 5 mg/mL) de plantas foram inseridos na gaiola, contendo 3 casais de mariposas, para testes com chance de escolha. Posteriormente foi avaliado o número de ovos em cada tratamento. Para o experimento de preferência alimentar, discos de couve tratados com extratos aquosos (5 e 10 g/L) e etanólicos (1 e 5 mg/mL) das plantas em questão foram oferecidos a lagartas de terceiro ínstar, uma vez que havia possibilidade de escolha entre o extrato e a testemunha (água). Para o experimento de ciclo de vida, discos de folhas de couve tratados com extratos vegetais aquosos (10 g/L) e etanólicos (10 mg/mL) foram oferecidos a lagartas recém eclodidas. A testemunha foi água destilada. Foram avaliadas as características biológicas da fase juvenil a fase adulta de *P. xylostella*. Os resultados obtidos a partir dos testes de preferência alimentar evidenciaram que os extratos aquosos e etanólicos de *A. crassiflora* e *S. terebinthifolius* são mais efetivos como antialimentar sobre lagartas de terceiro ínstar de *P. xylostella*. Em relação à preferência de oviposição, os extratos aquosos e etanólicos de *S. marginata* foram mais efetivos como supressor de oviposição de adultos de *P. xylostella*. Já nos testes de ciclo de vida, os extratos aquosos e etanólicos de todas as plantas testadas alteraram negativamente pelo menos algum dos parâmetros biológicos avaliados.

PALAVRAS-CHAVE: *Annona coriacea*, *Annona crassiflora*, Plantas bioativas, *Schinus terebinthifolius*, *Serjania marginata*, Traça-das-crucíferas.

ABSTRACT

Plutella xylostella is considered the main damage agent of brassica, and already it offers a great number of synthetic insecticides, being the use of vegetal extracts a viable alternative for its control. The advantages of using plant extracts are rapid degradation, rapid action, low to moderate toxicity to man, selectivity, low phytoxicity and low cost. The objective of this study was to evaluate the action of aqueous and ethanol extracts from *Annona crassiflora*, *Annona coriacea*, *Schinus terebinthifolius* and *Serjania marginata* on a food preference, a preference for oviposition, development and reproduction of *Plutella xylostella*. For the use of aqueous plant extracts (10 g / L) and ethanolic extract (5 mg / mL) were offered to newly hatched caterpillars. As leaves of the control were treated with distilled water. The adult phase of *P. xylostella* was evaluated as biological characteristics of the juvenile phase. For the food preference experiment, cabbage discs treated with aqueous extracts (5 and 10 g / L) and ethanolic (1 and 5 mg / mL) of the plants in question were offered to third instar caterpillars, between the extract and the witness (water). For the oviposition preference experiment, leaf discs treated with aqueous extracts (5 and 10 g / L) and ethanolic (1 and 5 mg / mL) of plants were inserted in the cage, containing 3 couples of moths, for testes with a chance of choice. Afterwards, the number of eggs in each treatment was evaluated. The results obtained from the food preference tests showed that the aqueous and ethanolic extracts of *A. crassiflora* and *S. terebinthifolius* are more effective as antifood *on P. xylostella* third instar caterpillars. Regarding oviposition preference, the aqueous and ethanol extracts of *S. marginata* were more effective as the oviposition supply of *P. xylostella adults*. In the life cycle testes, the aqueous and ethanol extracts from all the plants tested altered at least the standard of the active biological parameters.

KEYWORDS: Diamondback moth, bioactives plants, *Annona crassiflora*, *Annona coriacea*, *Schinus terebinthifolius*, *Serjania marginata*.

1. INTRODUÇÃO GERAL

Por meio do surgimento e utilização de inseticidas sintéticos, no período depois da segunda gerra mundial, houve um aumento exponencial da atividade agrícola, e consequentemente um aumento na produtividade das culturas (DAYAN et al., 2009), porém, a adoção de tecnologias desenvolvidas com o objetivo de alcançar altas produtividades, sem considerar seus impactos sobre o meio ambiente, a organização social e a cultura das comunidades locais, gerou e tem gerado consequências negativas, como grandes desastres ambientais, a exclusão das pessoas do campo e a produção de alimentos com resíduos nocivos a saúde humana (MORAES et al., 2007).

Geng et al. (2017) observaram a presença de 32 tipos de inseticidas sintéticos presentes em lençóis freáticos na China. No Brasil, nos estados de Minas Gerais, Paraná e São Paulo, podem ser encontrados resíduos de organoclorados tanto no solo quanto em águas subterrâneas (GOMES & BARIZON, 2014). Peris-Sampedro et al. (2015) associam a grande utilização generalizada de pesticidas organofosforados às epidemias de diabetes tipo 2 e obesidade. Além disso, o aumento da incidência de doenças como câncer (BONNER et al., 2017), distúrbios neurodegenerativos (YAN et al., 2016; GOLDMAN et al., 2017), disfunção reprodutiva (CREMONESE et al., 2017; FRAZIER, 2007), anomalias congênitas (FOSTER et al., 2017), doenças respiratórias (DOUST et al., 2014) e doenças cardiovasculares (SEKHOTHA et al., 2016) foram ligados à exposição a inseticidas.

Os problemas oriundos pelo uso indiscriminado de inseticidas sintéticos, contribuíram para o crescimento da demanda por produtos alimentícios isentos de contaminantes químicos, dessa forma, tanto produtores quanto consumidores passaram a se preocupar com a segurança alimentar (ALENCAR et al., 2013). Aliado a isto, a sociedade despertou para a necessidade de preservar os recursos naturais, de modo a exigir da pesquisa um maior empenho no desenvolvimento de métodos alternativos de controle.

Uma das maneiras de diminuir a dependência ao uso de agrotóxicos é utilizar métodos alternativos de controle fitossanitário (CAMPANHOLA & BETTIOL, 2003). O controle de pragas utilizando métodos alternativos, especificamente com extratos vegetais, vem sendo amplamente estudado e representa uma alternativa importante de controle de insetos-praga em pequenas áreas de cultivo, como as hortas, situação na qual a produção de extratos vegetais torna-se viável (AHMAD et al., 2012).

Os inseticidas botânicos se caracterizam por serem praticamente não tóxicos aos seres humanos e eficientes no combate às pragas; por terem baixa ou nenhuma agressividade à natureza, não favorecem a ocorrência de resistência de pragas e microrganismos, além do custo reduzido para aquisição e emprego, são simples quanto ao manejo e aplicação (PENTEADO, 1999). Outro fator importante é que a utilização de inseticidas botânicos caracteriza-se por ser sustentável para as comunidades que deles se beneficiam, além de propiciar maior conservação ambiental (ALENCAR et al., 2013). Essas práticas, portanto, despontam como formas alternativas e baratas que os produtores rurais possuem ao seu alcance para evitar prejuízos na produção e eliminar riscos à saúde de quem trabalha no campo.

A adoção de pesticidas botânicos na prática agrícola poderá promover a obtenção de produtos fitossanitários mais saudáveis, evitando a contaminação do produtor e consumidor; manter o equilíbrio da natureza, preservando a fauna e os mananciais de água; reduzir o número de aplicações de defensivos sintéticos; aumentar a resistência da planta contra pragas e patógenos; diminuir os gastos com a condução das culturas, custos de produção e aumentar a lucratividade, além de atender a crescente procura de produtos sadios, no nível local e internacional (PENTEADO, 1999).

Neste contexto, a crítica ao uso dos agrotóxicos resulta no aumento progressivo de procura da agricultura orgânica. Com início na década de 1970, hoje a agricultura orgânica e/ou agroecológica pode representar uma estratégia competitiva frente às grandes propriedades agroexportadoras, e é considerada uma saída para a sustentabilidade ecológica (CASTRO NETO et al., 2010), sendo que na maioria das vezes, o sistema de produção agroecológico e/ou orgânico é encontrado em propriedades familiares.

De acordo com MDA (2017), a agricultura familiar é um importante segmento para o desenvolvimento do Brasil. São aproximadamente 4,4 milhões de famílias agricultoras, o que representa 84% dos estabelecimentos rurais brasileiros. A agricultura familiar é econômica, vem dela 38% do valor bruto da produção agropecuária e o setor responde por sete em cada dez postos de trabalho no campo. É responsável pela produção de mais de 50% dos alimentos da cesta básica brasileira, sendo um importante instrumento de controle da inflação.

A agricultura familiar está relacionada diretamente às questões culturais, à segurança alimentar, à diversidade na produção, à valorização do ambiente em que está inserida e, consequentemente, ao desenvolvimento local. Apesar das dificuldades em

acessar os mercados, é também geradora de renda, pois possui atributos embutidos na sua essência, que são verdadeiros potenciais (DE PAULA et al., 2017).

Dessa forma, a ideia central do trabalho foi avaliar se os extratos de plantas do cerrado brasileiro podem minimizar ou não os danos causados por *P. xylostella*, atuando tanto sobre seu comportamento alimentar, de oviposição e reprodução, quanto sobre sua biologia, sem o objetivo de ocasionar uma mortalidade massal desses indivíduos, uma vez que a mortalidade em massa acarretaria no ressurgimento de populações resistentes, visando assim, um equilíbrio no nível de dano.

Tal trabalho serve como base para estudos posteriores envolvendo propriedades agroecológicas ou em transição, afim de incentivar o uso de produtos naturais para o controle de pragas em conjunto com as técnicas de manejo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A couve, *Brassica oleracea* L., destaca-se, entre as hortaliças, como um dos alimentos de extrema importância na nutrição humana, sendo rica em minerais e vitaminas (FILGUEIRA, 2008). É uma cultura danificada por diversas pragas, tais como: pulgões, curuquerê da couve, lagarta-rosca, lagarta-mede-palmo e traça-das-crucíferas (GALLO et al., 2002), sendo que, este último inseto é, muitas vezes, limitante para o cultivo de crucíferas em áreas tropicais em razão de seu ciclo curto e alto potencial reprodutivo (DICKSON et al.,1990; ULMER et al., 2002).

As espécies de Brassicaceae sintetizam compostos químicos que atuam impedindo a alimentação dessas pragas. Esses compostos são denominados glucosinolatos (FAHEY et al., 2001). Entretanto em organismos especialistas, como *P. xylostella*, os glucosinolatos atuam como estimulante de alimentação e oviposição (FAHEY et al., 2001; VAN LOON et al., 2002).

P. xylostella é economicamente a mais importante praga das plantas da família Brassicaceae, pois é uma espécie que tem sido registrada e estudada em diversas partes do mundo, inclusive no Brasil (FURLONG et al., 2013). Os danos por ela causados acarretam na depreciação do produto, atraso no crescimento da planta e até mesmo na sua morte. Os prejuízos à cultura chegam a atingir até 100% de perdas na produção, atacando até mesmo as plantas cultivadas em casas de vegetação (REDDY et al., 2004). O custo para o seu controle pode representar até 50% do custo total da produção (MONNERAT et al., 2004).

Com o intuito de minimizar os danos gerados por *P. xylostella*, os agricultores utilizam intensivamente produtos sintéticos (SARFRAZ & KEDDIE, 2005). No entanto, a utilização desses produtos de forma indiscriminada, tem causado danos ao ecossistema devido a sua toxicidade, além de provocar o surgimento de insetos mais resistentes, e afetar espécies benéficas (TORRES et al., 2001).

Os problemas ambientais causados pelo uso excessivo de pesticidas sintéticos têm sido motivo de preocupação para a sociedade nos últimos anos. Estima-se que cerca de 2,5 milhões de toneladas de pesticidas são utilizadas na agricultura por ano, sendo que, a nível mundial, os danos causados por pesticidas atingem US $ 100 bilhões (KOUL et al., 2008). Atualmente, a demanda global visa vegetais produzidos organicamente ou com baixa quantidade de insumos sintéticos, dessa forma, aumenta a necessidade de pesticidas seletivos, biodegradáveis e com efeito mínimo para seres humanos, organismos não-alvo e ambiente (AL SAMARRAI et al., 2012; STEVENSON et al., 2012).

Com a finalidade de diminuir o uso de inseticidas sintéticos, os extratos vegetais ressurgem como uma alternativa no controle de pragas (MEDEIROS et al., 2005), sendo que as vantagens do seu uso são a rápida degradação, ação rápida, baixa a moderada toxicidade ao homem, seletividade, baixa fitoxicidade e baixo custo (PENTEADO, 2007), e atuam inibindo a alimentação e a oviposição, retardando o desenvolvimento, afetando a reprodução e causando a mortalidade de insetos-praga (COSTA et al., 2004).

O princípio ativo dos inseticidas botânicos é resultante do metabolismo secundário das plantas e é acumulado nos tecidos vegetais. Os metabólitos secundários e seus constituintes têm recebido atenção considerável na busca de novas moléculas com atividade inseticida, repelente, deterrente alimentar, retardo reprodutivo e regulação do crescimento, contra diversas espécies de insetos (ISMAN, 2000; RICE & COATS, 1994). As principais formas de utilização e avaliação do potencial inseticida dessas plantas podem ser por meio do preparo de pós de diferentes partes do vegetal, extratos aquoso e orgânico, óleos fixos e voláteis e de compostos fixos isolados de diferentes extratos. Estes compostos pertencem a várias classes químicas, como por exemplo, alcalóides, heterosídeos cianogênicos e glucosinolatos; compostos fenólicos (flavanóides, fenilpropanoides, taninos, etc) e terpenóides (mono, sesqui, di e triterpenos) (CROTEAU et al., 2000).

Os extratos de plantas são uma possível alternativa para o controle de pragas, melhor gestão e conservação ambiental. Antes da descoberta de pesticidas sintéticos, as

plantas eram utilizadas para controle de pragas em todo mundo, sendo que, até hoje, vários produtos à base de plantas ainda são utilizados com o objetivo de reduzir os possíveis danos ocasionados por insetos-pragas (ADEYEMI et al., 2010; STEVENSON & BELMAIN, 2016). Stevenson et al. (2012) observou que as plantas inseticidas são uma alternativa eficaz para pequenos agricultores, uma vez que há uma maior facilidade no manejo, devido a baixa toxicidade desses inseticidas, além de facilidade no preparo. Os mesmos autores concluiram que, o pequeno agricultor teria maior facilidade no manejo das pragas se houvesse maiores estudos sobre aplicações e preparo.

2.1 Biologia de *P. xylostella*

As larvas de *P. xylostella* alimentam-se das folhas de brássicas, afetando diretamente a qualidade do produto para comercialização. Apresentam coloração verde clara, com a capsula cefálica de cor parda, e sobre o corpo notam-se pequenos pelos escuros e esparsos, chegando a atingir o máximo de desenvolvimento com 8 a 10 mm de comprimento (Figura 1). A fase larval possui quatro ínstares com duração dependente da temperatura ambiente e da qualidade do alimento (planta hospedeira). Sob condições favoráveis, a fase larval dura de 4 a 6 dias e com duração do período pupal variando de 4 a 15 dias, dependendo da temperatura, e um total de 22 a 33 dias da oviposição a emergência dos adultos (TALEKAR & SHELTON, 1993).

As pupas são facilmente reconhecidas no interior de um casulo tecido de pequenas malhas. Possuem a coloração amarelada e quando se aproxima do período de emergência possuem a coloração parda. As mariposas (adulto) são um microlepidóptero de coloração parda. Os adultos são ativos no final da tarde e início da noite, quando ocorre o acasalamento e a postura (TALEKAR & SHELTON, 1993). Eles são atraídos para as plantas hospedeiras (brássicas) por estímulos químicos (olfativo/gustativo) e/ou físicos (tátil/visual) associados com a aceitação da planta hospedeira para oviposição (BUKOVINSZKY et al., 2005). A oviposição tem início logo após a cópula, com cerca de 11- 188 ovos por fêmea por um período de até quatro dias.

Ovos são depositados isoladamente ou em grupos, preferencialmente nas concavidades das folhas (GUPTA & THORSTEINSON, 1960). No entanto, substâncias voláteis liberadas pelas plantas, temperatura, ambiente, presença de tricomas e cera na superfície das folhas são fatores importantes que influenciam a escolha do local de oviposição pelas fêmeas adultas (PIVNICK et al., 1990).

Os adultos alimentam-se de orvalho e néctar, e apresentam curto período de longevidade. Além disso, como o ciclo da praga é relativamente curto e dependente dos fatores ambientais, é encontrado maior número de gerações e maior potencial de dano da praga nas regiões de clima quente (TALEKAR & SHELTON, 1993).

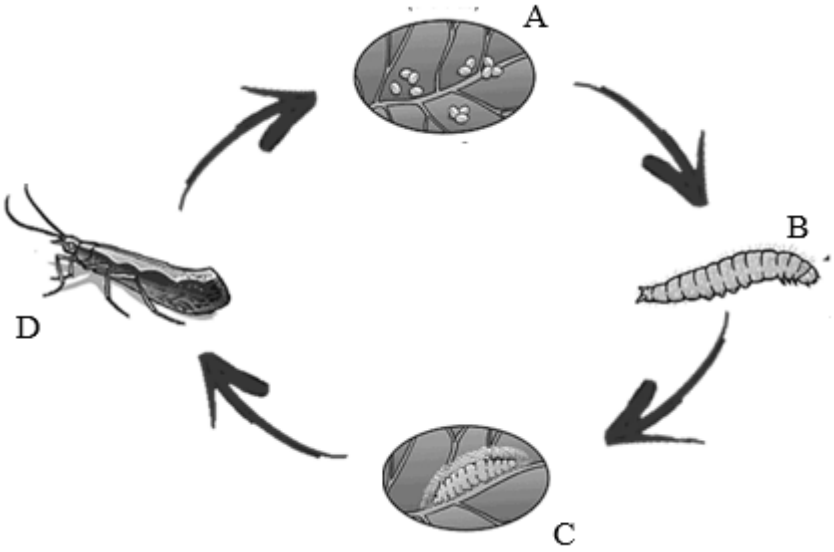

Figura 1. Ciclo biológico de *Plutella xylostella*. A) Ovo. B) Lagarta. C) Pupa. D) Adulto.

2.2 Interação entre *P. xylostella* e *Brassica*

Um conceito simplificado, mas fundamental, de ecologia química, assume que as interações químicas antagônicas entre plantas e insetos herbívoros coevoluem em um processo gradual: o avanço na defesa da planta exerce pressão seletiva sobre a habilidade do inseto para superar essas defesas e vice-versa. A diversificação das defesas em uma espécie de planta é, portanto, resultado de um processo evolucionário, que pode resultar de uma "corrida de defesa coevolutiva" entre o hospedeiro e suas pragas (WHITNEY & GLOVER, 2013). As plantas produzem fitoquímicos de forma constitutiva ou indutível para deter a herbivoria dos insetos (AHUJA et al., 2011; HANCOCK et al., 2015). A herbivoria bem-sucedida dos insetos depende de sua capacidade de neutralizar ou adaptar-se aos produtos químicos defensivos das plantas (FURSTENBERG-HAGG et al., 2013; GLOSS et al., 2013) e essa corrida de defesa evolutiva molda a coevolução das plantas e herbívoros.

As plantas pertencentes a família Brassicaceae utilizam particularmente o sistema de defesa de glucosinolato-mirosinase contra insetos e patógenos (BARTLET et

al., 1999; HENNIGES-JANSSEN et al., 2014; TALEKAR & SHELTON, 1993; SANTOLAMAZZA-CARBONE et al., 2014). Glucosinolatos são metabólitos secundários amplamente sintetizados por essas oleaginosas (BENDEROTH et al., 2006; HOPKINS et al., 2009; MITHEN et al., 1995).

Mais de 120 glucosinolatos diferentes são conhecidos, podendo ser agrupados em uma das três principais classes estruturais: indolicos (constituem cerca de 10% de glucosinolatos e são sintetizados a partir de triptofano), alifáticos (constitui 50% de glucosinolatos e são sintetizados a partir de metionina, alanina, valina, leucina e isoleucina) e aromáticos (constitui 10% de glucosinolatos e sintetizado a partir de fenilalanina ou tirosina) (BEKAERT et al., 2012; FAHEY et al., 2001; MITHEN et al., 1995).

Nas células da planta hospedeira, os glucosinolatos e as mirosinases são armazenados em compartimentos separados (FURSTENBERG-HAGG et al., 2013). A ruptura das células vegetais pela alimentação dos insetos permite a interação entre esses compostos, no qual a enzima mirosinase cliva β-glucose para desestabilizar os glucosinolatos e gerar produtos tóxicos (isotiocianatos) (FURSTENBERG-HAGG et al., 2013). Estes produtos dessa reação têm propriedades tóxicas que inibem crescimento (antibiose) e atuam como deterrente alimentar (antixenose) contra uma variedade de insetos (SANTOLAMAZZA-CARBONE et al., 2014).

Glucosinolatos e seus produtos de degradação são geralmente considerados como potenciais impedimentos para espécies de insetos generalistas e, de forma contrastante, tipicamente podem estimular a aceitação da planta hospedeira atuando como estimulantes de oviposição e alimentação para especialistas em *Brassica* (MITHEN et al., 1995; RENWICK et al., 2006).

Os insetos especialistas de brassicáceas desenvolveram mecanismos para superar a toxicidade dessas substâncias de resistência produzidas pelas plantas. A traça-das-crucíferas, *P. xylostella* desenvolveu uma estratégia endógena que consiste em uma enzima denominada sulfatase que cliva o resíduo de sulfato da estrutura principal do glucosinolato adquirido após a alimentação em plantas de brassicáceas impedindo a ação da enzima mirosinase (RATZKA et al., 2002). Com essa estratégia não há formação de isotiocianatos que são altamente tóxicos ao organismo (WITTSTOCK et al., 2003).

As sulfatases se encontram no lúmen intestinal dos insetos, como uma adaptação ao consumo de plantas contendo glicosinolatos. A glicosinolato sulfatase (GSS)

converte um glicosinolato intacto em um desulfo-glicosinolato que não são substratos para a atividade da mirosinase, que deixa de reconhecer o grupo sulfato no seu sítio de ligação. A GSS também inibe competitivamente a atividade da mirosinase pelo lançamento do grupo sulfato do glicosinolato e possui baixa especificidade pelo substrato, isto é, a GSS rapidamente desulfata glicosinolatos com as mais diversas cadeias laterais (R). Deste modo, especialmente o desenvolvimento de *P. xylostella* não é afetado por qualquer concentração de glicosinolato em suas plantas hospedeiras (LI et al., 2000; SAROSH et al., 2010). Além disso, as mariposas também usam alguns glucosinolatos e seus produtos de degradação como estimulantes para a identificação e oviposição no hospedeiro (MÜLLER et al., 2010; RATZKA et al., 2002; SARFRAZ & KEDDIE, 2005).

2.3 Danos econômicos de *P. xylostella* sobre *Brassica*

Dentre as várias pragas que causam prejuízos as culturas de brássicas, *P. xylostella* é responsável mundialmente por gastos anuais de 4 a 5 bilhões de dólares sendo destinado ao seu controle (FURLONG et al., 2013), ou seja, 10-30% dos custos totais, na produção da couve, são gastos com o controle da praga (SRINIVASAN et al., 2011).

Medeiros (2004) descreve que as larvas recém-eclodidas são as que causam maiores danos entre as brássicas, por penetrarem no parênquima da folha onde encontram alimento e proteção, dificultando assim seu controle. Após a saída do parênquima foliar, podem ocasionar prejuízos em toda a superfície foliar, caules, brotos vegetativos e inflorescências.

A ação deste inseto pode ocasionar danos irreversíveis a diferentes culturas no Brasil dependendo da região e época de plantio, como é o caso do repolho e couve em que a redução na produção pode ultrapassar os 90% (CASTELO BRANCO, 1999; CZEPAK et al., 2005). Devido a isso, muitos horticultores acreditam que sucessivas aplicações de inseticidas irão resolver o problema, porém esta iniciativa acarreta problemas ainda maiores a agricultura, como: a diminuição dos inimigos naturais de *P. xylostella*, aumento da poluição ambiental, intoxicação de seres vivos, contaminação e consequente infertilidade do solo, seleção de populações da praga resistentes aos produtos químicos de controle (CASTELO BRANCO & AMARAL, 2002).

2.4 Inseticidas sintéticos, meio ambiente e segurança alimentar

No ínicio do século 20, com a chamada “Revolução Verde” houve um aumento acentuado da produção agrícola devido ao inicio do emprego de fertilizantes e pesticidas químicos. Apesar de aumentar drasticamente a produção de alimentos, principalmente aqueles de grande valor comercial, esse período foi representado pelo êxodo rural, com o aumento da fome e desemprego entre as populações mais carentes (CARVALHO, 2017).

As aplicações de pesticidas na agricultura são realizadas a partir de diversas técnicas, desde aplicações manuais realizadas pelos trabalhadores até as pulverizações feitas com auxílio de avião. Muitos casos de intoxicação de agricultores, trabalhadores rurais e suas famílias ocorreram durante as aplicações de pesticidas e foram documentados em relatórios sobre envenenamento e efeitos de produtos químicos sintéticos sobre saúde humana. Foi relatado que envenenamentos involuntários matam cerca de 355 mil pessoas a nível mundial a cada ano, e tais envenenamentos são fortemente associados a exposição excessiva e uso inadequado de produtos químicos tóxicos (ALAVANJA, 2009; ALAVANJA & BONNER, 2012).

A dispersão de resíduos de pesticidas no ambiente, e grande mortalidade de organismos não alvo, como abelhas, pássaros, anfíbios, peixes e pequenos mamíferos, também foram relatados (KÖHLER & TRIEBSKORN, 2013; PAOLI et al., 2015).

No Brasil, segundo o Ministério da Saúde, a cada ano, cerca de 500 mil pessoas são contaminadas por agrotóxicos. Os brasileiros consomem alimentos com resíduos de agrotóxicos acima do limite permitido e ingerem substâncias tóxicas não autorizadas. Em 2015, a Anvisa revelou que 20% das amostras analisadas de frutas, verduras, legumes e cereais estavam impróprias para o consumo humano ou traziam substâncias proibidas no país, tendência crescente nos últimos anos (ANVISA, 2015).

Por conta do efeito residual persistente e bioacumulativo de compostos químicos, como DDT, na Convenção de Estocolmo, aprovada em 2002, ficou decidido a proibição da utilização desses produtos, dessa forma, eles foram substituídos por produtos químicos menos bioacumulativos (CARVALHO, 2017). No entanto, o uso discriminado de organoclorados no passado, fez com que esses produtos ainda se encontrem presentes nos solos, nos sedimentos e na biosfera até dias atuais.

A exposição a pesticidas e produtos químicos sintéticos foi relacionado ao câncer, obesidade, distúrbios endócrinos, dentre outras doenças em seres humanos (ARAÚJO et al., 2016; BASSIL et al., 2007; GEORGE & SHUKLA, 2011; GORELL

et al., 1998; MREMA et al., 2013). Eliminação progressiva de produtos químicos persistentes, como acordado na convenção de Estocolmo, contribuiu para reduzir exposição humana a produtos químicos tóxicos. Na verdade, ao longo das últimas décadas, estudos realizados em vários países mostraram uma diminuição consistente de DDTs em tecidos adiposos humanos e leite (CARVALHO et al., 2017). Não obstante, a exposição à resíduos de produtos químicos na água e na ingestão de alimentos permanecem um assunto preocupante e um fardo para a saúde pública.

2.5 Inseticidas botânicos

Por conta dos problemas oriundos do uso de inseticidas sintéticos, fez-se necessário o desenvolvimento de formas alternativas de controle que fossem mais seletivas e menos agressivas ao homem e ambiente (KIM et al., 2003; MENEZES, 2005). Ultimamente o interesse pelos produtos botânicos para o controle de pragas tem aumentado. As plantas são ricas em substâncias bioativas, que são, frequentemente, ativas contra número limitado de espécies. Algumas não específicas, muitas vezes são biodegradáveis e apresentam baixa ou nenhuma toxicidade a mamíferos.

Inseticidas botânicos são compostos resultantes do metabolismo secundário das plantas (KIM et al., 2003), que compõem a própria defesa química contra os insetos herbívoros. Os princípios ativos inseticidas podem derivar de toda a planta ou partes dela, podem ser o próprio material vegetal, normalmente moído até ser reduzido a pó, ou produtos derivados por extração aquosa ou com solventes orgânicos (MENEZES, 2005).

Algumas substâncias botânicas têm atividade inseticida conhecida, tais como, piretrinas, rotenona, nicotina, cevadina, veratridina, rianodina, quassinoides, azadiractina e biopesticidas voláteis. Estes últimos são, normalmente, óleos essenciais presentes nas plantas aromáticas (ISMAN, 2000). As mais recentes investigações em vários países confirmam que alguns óleos essenciais de plantas têm não apenas a capacidade de repelir insetos, mas apresentam também ação inseticida através do contato direto ou pelas vias respiratórias dos insetos. Alguns apresentam ainda ação fungicida contra alguns patógenos importantes de plantas (ISMAN, 2000).

Apesar das vantagens declaradas, como a ação e degradação rápidas, toxicidade baixa a moderada para mamíferos, maior seletividade e baixa fitotoxidade, os inseticidas botânicos apresentam algumas desvantagens como necessidade de utilização de composto sinergista, baixa persistência, carência de pesquisas, escassez do recurso

natural, necessidade de padronização química e controle de qualidade, dificuldade de registro e custo. Além disso, a falta de dados relacionados à fitotoxicidade, à persistência e aos efeitos sobre organismos benéficos e as dificuldades relacionadas ao isolamento de princípios ativos e a concentração em diferentes partes vegetais, também são algumas barreiras a serem rompidas e mais estudos nesta área são necessários (ISMAN, 2000; COSTA et al., 2004; MENEZES, 2005).

As plantas inseticidas possuem formas diversas de agir sobre as populações de insetos-praga, como por exemplo, agir como inibidores da alimentação de insetos ou dificultadores de crescimento, desenvolvimento, reprodução e comportamento (MENEZES, 2005), além de atuarem no sistema nervoso central do inseto causando sua mortalidade. Podem agir como repelentes, impedindo que os insetos se aproximem das plantas; como antialimentar, impedindo que os insetos iniciem a alimentação, causando morte por inanição.

Podem atuar também dificultando o crescimento e o desenvolvimento, interferindo no metabolismo celular (MENEZES, 2005). Dependendo da concentração utilizada, alguns extratos podem reduzir a sobrevivência de ovos, ninfas, larvas e pupas. A redução do número de ovos e a inibição da oviposição são importantes efeitos de extratos vegetais sobre a reprodução dos insetos (COSTA et al., 2004). Outras substâncias atuam por contato, ou seja, agem e são absorvidas pela quitina e exoesqueleto ou pelas vias respiratórias (ação fumigante), podendo ser úteis para o controle de pragas que atacam alimentos em armazéns e silos.

Os malefícios causados pela utilização em larga escala de pesticidas e o crescente interesse por produtos orgânicos, bem como a conscientização de produtores e consumidores sobre segurança alimentar, faz-se necessário a tomada de novas medidas que visam a redução da quantidade de insumos tóxicos, além da busca de outras alternativas, para o controle de pragas, que sejam menos prejudiciais para o meio e o ser humano. Todos estes aspectos impulsionam a busca por produtos alternativos que não agridam o ambiente. A utilização de plantas inseticidas pode ser vista como uma solução para parte desses problemas, uma vez que, estudos mais aprofundados sobre seus possíveis efeitos sobre organismos não-alvo, formas de utilização, e forma de produção (tanto em escala comercial quando em baixa escala -pequeno produtor) devem ser realizados.

2.5.1 Plantas utilizadas no trabalho

As plantas utilizadas nesse trabalho são oriundas do bioma cerrado e pertencem as famílias Anacardiaceae, Annonaceae e Sapindaceae. Tais plantas são geralmente utilizadas como fitoterápicos pela comunidade local, contudo, seus compostos podem atuar sobre as populações de determinados insetos.

As plantas da família Annonaceae estão ganhando destaque como biopesticidas por serem naturalmente bioativas. A atividade inseticida das anonáceas deve-se à presença de acetogeninas, substâncias que atuam nas mitocôndrias, inibindo a NADH – ubiquinona oxidorredutase, causando a morte dos insetos (KRINSKI, 2014).

O gênero *Annona* inclui espécies medicinais de grande importância, são plantas amplamente cultivadas e comercializadas no Brasil, como *Annona squamosa* L. (fruta-do-conde), *Annona muricata* L. (Graviola), *Annona reticulata* L. (Condessa) e *Annona cherimola* Mill. (cherimóia). Estudos químicos destas espécies têm evidenciado a presença de de terpenos, alcalóides, flavonóides, e acetogeninas no extrato bruto (LAGE, 2011). Estudos com extratos bruto de folhas de *A. muricata*, frutos de *Annona crassiflora* Mart., folhas e galhos de *Annona montana* Macfad, e sementes de *A. muricata*, *Annona coriacea* Mart., *A. squamosa* e *Annona atemoia (Annona cherimola* Mill. X *Annona squamosa* L.*)* demonstraram atividade biológica contra diferentes insetos (BLESSING et al., 2010; COELHO et al., 2007; FREITAS et al., 2014; LEATEMIA & ISMAN 2004; LLANOS et al., 2008; OLIVEIRA, 2009; SEFFRIN et al., 2010; SILVA et al., 2007; TRINDADE et al., 2011).

Schinus terebinthifolius Raddi (Anacardiaceae) é uma planta medicinal conhecida no Brasil como "aroeira da praia", utilizada na medicina popular como antitérmica, analgésica, depurativa e no tratamento de doenças do sistema urogenital. Por outro lado, a literatura científica relata que essa planta apresenta atividade antimicrobiana, anti-inflamatória e antiulcerogênica (CARVALHO et al., 2013). Estudos fitoquímicos detectaram a presença de compostos fenólicos simples, flavonoides e taninos, óleos essenciais, esteróides, triterpenos, antraquinonas e saponinas na espécie (SALVI-JUNIOR, 2009). Dentre as classes de metabólitos secundários envolvidos na defesa das plantas contra a herbivoria, destacam-se os taninos, os quais são conhecidos por causarem redução no crescimento e sobrevivência de insetos (TIRELLI et al., 2010).

Serjania marginata Casar. (Sapindaceae), conhecida popularmente como timbó, é uma trepadeira nativa do Brasil com ocorrência abundante no Cerrado brasileiro.

Segundo Périco et al. (2015) várias espécies do gênero *Serjania* são ictiotóxicas, sendo utilizadas por povos indígenas para a pesca de peixes através do envenenamento. Têm sido investigadas também suas propriedades terapêuticas do gênero, baseando-se, principalmente na indicação popular de uso das folhas para dores no estômago (SILVA et al., 2017). Por sua vez, os estudos fitoquímicos feitos com plantas do gênero *Serjania* revelam a presença de uma gama de compostos, dentre os quais destacam-se saponinas, flavonoides, terpenos, esteroides, taninos, alcaloides e ácidos graxos (RODRÍGUEZ & PINTO, 2014).

2.6 Agricultura familiar e seu papel na segurança alimentar

A agricultura familiar domina as estatísticas em número de estabelecimentos rurais e em geração de empregos. Do total aproximado de 5 milhões de estabelecimentos existentes no país, 4,3 milhões são de agricultura familiar (84%) e 807 mil (16%) são de agricultura não familiar, de modo que, a agricultura familiar ocupa 12,3 milhões de pessoas (74%), e a não familiar, 4,2 milhões (26%) (IBGE, 2006).

A agricultura familiar se consolidou na última década como maior responsável pela garantia da segurança alimentar do país, principalmente em relação a produtos de consumo no mercado interno. A eficiência produtiva e econômica da agricultura familiar é, nos resultados finais, superior ao do agronegócio. “Não obstante ocuparem apenas 24% da área [agrícola brasileira], os estabelecimentos familiares respondem por 38% do valor bruto da produção e por 34% das receitas no campo”. Enquanto a agricultura familiar gera R$ 677,00/ha, a não familiar gera apenas R$ 358,00/ha. Também na ocupação da mão de obra, a agricultura familiar é mais intensiva: ocupa mais de 15 pessoas por 100 ha, enquanto que a não familiar ocupa menos de duas pessoas por 100 ha (KAGEYAMA et al., 2006).

As diversas transformações ocorridas no meio de produção da agricultura familiar culminaram na introdução de agentes químicos voltados para garantir o aumento da produtividade. Esse uso indiscriminado dos agrotóxicos por parte dos agricultores causa diversos impactos sobre o meio ambiente e sobre a saúde humana. Isso decorre de uma série de fatores inter-relacionados como, por exemplo: baixa escolaridade; falta de uma política de acompanhamento/aconselhamento técnico mais eficiente; práticas exploratórias de propaganda e venda; desconhecimento de técnicas alternativas e eficientes de cultivo; pouca atenção dada ao descarte de rejeitos e de embalagens; utilização/exposição continuada dos agrotóxicos; ausência de iniciativas

governamentais eficientes para prover assistência técnica continuada aos trabalhadores e falta de estratégias governamentais resolutivas para o controle da venda de agrotóxicos (SOUSA et al., 2014).

Os insumos sintéticos podem ser classificados quanto ao uso e quanto a toxicologia, pois estes compostos oferecem riscos a toda uma cadeia de seres vivos, desde microscópicos seres do solo, até aos agricultores, que os utilizam em suas lavouras, e consumidores de produtos contaminados. No campo é mais comum a utilização de agrotóxicos para diversos fins, sejam eles agrícolas ou veterinários, sem muitas vezes o mínimo cuidado prescrito por órgãos fomentadores de conhecimento (CHABOUSOU, 2006).

Atualmente, a agricultura familiar no Brasil vem ganhando novos ares, graças às políticas públicas instituídas e o suporte do meio acadêmico, com a realização de pesquisas nas múltiplas dimensões em que o setor está inserido. Além do crédito, a possibilidade de acessar os mercados institucionais se apresenta como uma alternativa de aproximar a produção de base familiar ao consumo.

A transição agroecológica é a passagem da maneira convencional de produzir com agrotóxicos e técnicas que agridem a natureza, para novas maneiras de fazer agricultura, com tecnologias de base ecológica, buscando proporcionar de maneira integrada a produção agrícola, o respeito e a conservação da natureza, sem esquecer jamais da meta de proporcionar uma melhor qualidade de vida às pessoas, sejam elas consumidores ou produtores agrícolas (OLIVEIRA et al., 2009). No Brasil, a agricultura se originou de diversos grupos, entre eles os índios, os escravos e os imigrantes europeus (ALTAFIN, 2003).

Segundo Abramovay (1992), muito mais que um segmento econômico e social claramente delimitado, a agricultura familiar é definida como um valor. O apoio que recebe vem das consequências que seu desenvolvimento pode propiciar, como as melhores condições de vida, o desenvolvimento sustentável e a luta contra a pobreza. As práticas agroecológicas podem ser vistas como práticas de resistência da agricultura familiar, perante o processo de exclusão no meio rural e de homogeneização das paisagens de cultivo. Essas práticas se baseiam na pequena propriedade, na força de trabalho familiar, em sistemas produtivos complexos e diversos, adaptados às condições locais e ligados a redes regionais de produção e distribuição de alimentos (MAGNANTI, 2010).

Esta mudança ocorre através da extensão rural sustentável, como explica Hernández & Hernández (2010), que demonstram um quadro de transição agroecologica em Jalisco, no México, onde pode ser observada uma diversidade de saberes tradicionais deste povo aliada a uma eficaz mudança de mentalidade dos agricultores locais, propiciada pela extensão rural eficaz e continuada em Agroecologia. Também como descreve Oliveira (2009), que indica uma experiência em transição agroecológica ocorrida no município de Ipê, Rio Grande do Sul – BR, que agricultores convencionais foram convertidos a um modelo de agricultura sustentável e diversificada, que gera renda e promove um aumento na valorização dos produtos daquela localidade, pois estes são produzidos a partir de tecnologia que geram pouco ou nenhum impacto ambiental.

Dessa forma, a agricultura ecológica é um sistema economicamente viável que resgata práticas seculares e conhecimentos empíricos de populações rurais, com o emprego de tecnologias modernas, eficazes e não agressivas ao meio ambiente. Essa prática melhora a qualidade de vida do produtor e de sua família, assim como da população urbana, visto que produz alimentos livres de contaminantes e resguarda o ambiente de degradações. A substituição de insumos sintéticos por produtos naturais tende a diminuir os custos de produção e gerar mais empregos, além de contribuir para fixar as pessoas no campo.

3. REFERÊNCIAS

ABRAMOVAY, R. **Paradigmas do capitalismo agrário em questão**. Rio de Janeiro. ANPOCS, 1992.

ADEYEMI, M. M. H. A review of secondary metabolites from plant materials for post-harvest storage. **International Journal of Pure and Applied Sciences and Technology**, v.6, p. 94-102, 2010.

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

AHUJA, I.; BORGEN, B. H.; HANSEN, M.; HONNE, B. I.; MÜLLER, C.; ROHLOFF, J.; ROSSITER, J. T.; BONES, A. M. Oilseed rape seeds with ablated defence cells of the glucosinolate–myrosinase system. Production and characteristics of double haploid MINELESS plants of *Brassica napus* L. **Journal of Experimental Botany**, v. 62, p. 4975-4993, 2011.

AL-SAMARRAI, G.; SINGH, H.; SYARHABIL, M. Evaluating eco-friendly botanicals (natural plant extracts) as alternatives to synthetic fungicides. **Annals of Agricultural and Environmental Medicine**, v. 19, p. 673-676, 2012.

ALAVANJA, M. C. R. Pesticides use and exposure extensive worldwide. **Reviews on Environmental Health**, v. 24, p. 303-309, 2009.

ALAVANJA, M. C. R.; BONNER, M. R. Occupational pesticide exposures and cancer risk: a review. **Journal of Toxicology and Environmental Health**, v.15, p. 238-263, 2012.

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.

ALTAFIN, I. G. **Sustentabilidade, Políticas Públicas e Agricultura Familiar: uma apreciação sobre a trajetória brasileira.** Tese (Doutorado) CDS - Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2003.

ANVISA. PROGRAMA DE ANÁLISE DE RESÍDUOS DE AGROTÓXICOS EM ALIMENTOS – PARA RELATÓRIO DE ATIVIDADES DE 2013 a 2015.

ARAÚJO, J.; DELGADO, F. I.; PAUMGARTTEN, F. J. R. Glyphosate and adverse pregnancy outcomes, a systematic review of observational studies. **BMC Public Health**, v. 16, p. 472, 2016.

BARTLET E.; KIDDLE G.; WILLIAMS I.; WALLSGROVE R. "Wound-induced increases in the glucosinolate content of oilseed rape and their effect on subsequent herbivory by a crucifer specialist" In: **Proceedings of the 10th International Symposium on Insect-Plant Relationships** (Dordrecht: Springer), p. 163-167, 1999.

BASSIL, K. L.; C. SANBORN, V. M.; COLE, D. C.; KAUR, J. S.; KERR, K. J. Cancer health effects of pesticides. **Systematic review. Canadian Family Physician**, v. 53, p. 1704-1711, 2007.

BENDEROTH, M.; TEXTOR, S.; WINDSOR, A. J.; MITCHELL-OLDS, T.; GERSHENZON, J.; KROYMANN J. Positive selection driving diversification in plant secondary metabolism. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 103, p. 9118-9123, 2006.

BLESSING, L. T.; COLOM, O. A.; POPICH, S.; NESKE, A.; BARDON, A. Antifeedant and toxic effects of acetogenins from *Annona montana* on *Spodoptera frugiperda*. **Journal of Pest Science**, v. 83, p. 307-310, 2010.

BONNER, M. R.; FREEMAN, L. E. B.; HOPPIN, J.A. Occupational Exposure to Pesticides and the Incidence of Lung Cancer in the Agricultural Health Study. **Environmental Health Perspectives**, v. 125, n. 4, p. 544-551, 2017.

BUKOVINSZKY, T.; POTTING, R. P. J.; CLOUGH, Y.; LENTEREN, J. C. V.; VET, L. E. M. The role of pre- and post-alighting detection mechanisms in the responses to patch size by specialist herbivores. **Oikos**, v. 109, p. 435-46, 2005.

CAMPANHOLA, C.; BETTIOL, W. **Métodos alternativos de controle fitossanitário.** Jaguaraúna: Embrapa Meio Ambiente, 279 p., 2003.

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.

CASTELO BRANCO, M.; AMARAL, P. S. T. Inseticidas para o controle da traça-das crucíferas. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n° 3, p. 410-415, 2002.

CARVALHO, F. P. Pesticides, environment, and food safety. **Food and Energy Security**, v. 6 nº2, p. 48-60, 2017.

CARVALHO, M.G.; MELO, A.G.N.; ARAGÃO, C.F.S.; RAFFIN, F.N.; MOURA, T.F.A.L. *Schinus terebinthifolius* Raddi: chemical composition, biological properties and toxicity. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 15(1), p. 158-169, 2013.

CASTRO NETO, N.; DENUZI, V.S.S.; RINALDI, R.N. E STADUTO, J.A.R. Produção orgânica: uma potencialidade estratégia para a agricultura familiar. **Revista Percurso**, v. 2, n. 2, p. 73-95, 2010.

CHABOUSSOU, F. **Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos: novas bases de uma prevenção contra doenças e parasitas: a teoria da trofobiose**. Expressão Popular, 2006.

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, nº2, p. 173-185, 2004.

COELHO, M. B.; MARANGONI, S.; MACEDO, M. L. R. Insecticidal action of *Annona coriacea* lectin against the flour moth *Anagasta kuehniella* and the rice moth *Corcyra cephalonica* (Lepidoptera: Pyralidae). **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 146, p. 406-414, 2007.

CREMONESE, C.; PICCOLI, C.; PASQUALOTTO, F.; CLAPAUCH, R.; KOIFMAN, R. J.; KOIFMAN, S.; FREIRE, C. Occupational exposure to pesticides, reproductive hormone levels and sperm quality in young Brazilian men. **Reproductive Toxicology**, v. 67, p. 174-185, 2017.

CROTEAU, R.; KUTCHAN, T. M.; LEWIS, N. G. Natural Products (Secondary Metabolites). BUCHANAN, B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. (EDS.) In: **Biochemistry & Molecular Biology of Plants**, Rockville: American Society of Plant Physiologists, p. 1250-1318, 2000.

CZEPAK, C; FERNANDES, P. M.; SANTANA, H. G. TAKATSUKA, F. S.; ROCHA, C. L. Eficiência de inseticidas para o controle de *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) na cultura do repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 35, n° 2, p. 129-131, 2005.

DAYAN, F. E.; CANTRELL, C. L.; DUKE, S. O. Natural products in crop protection. **Bioorganic and Medicinal Chemistry**, v.17, p. 4022-4034, 2009.

DICKSON, M. H.; SHELTON, A.M.; EIGENBRODE, S.D.; VAMOSY, M. L.; MORA, M. Selection for resistance to diamondback moth (*Plutella xylostella*) in cabbage. **Hortscience**, v. 25, nº 12, p. 1643-1646, 1990.

DOUST, E.; AYRES, J. G.; DEVEREUX, G.; DICK, F.; CRAWFORD, J. O.; COWIE, H.; DIXON, K. Is pesticide exposure a cause of obstructive airways disease? European **Respiratory Review**, v. 23, n. 132, p. 180-192, 2014.

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.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa-MG: UFV, 412 p., 2008.

FRANÇA, C. G. de; DEL GROSSI, M. E.; AZEVEDO MARQUES, V. P. M. de**. O censo agropecuário 2006 e a agricultura familiar no Brasil. Brasília.** MDA, 2009.

FRAZIER, L. M. Reproductive disorders associated with pesticide exposure. **Journal of Agromedicine**, v. 12, n. 1, p. 27-37, 2007.

FREITAS, A. F.; PEREIRA, F. F.; FORMAGIO, A. S. N.; LUCCHETTA, J. T.; VIEIRA, M. C.; MUSSURY, R. M. Effects of methanolic extracts of *Annona* species on the development and reproduction of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Neotropical Entomology**, v.43, p. 446-452, 2014.

FOSTER, W. G.; EVANS, J. A.; LITTLE, J.; ARBOUR, L.; MOORE, A.; SAUVE, R.; LEÓN, J. A.; LUO, W. Human exposure to environmental contaminants and congenital anomalies: a critical review. **Critical Reviews in Toxicology**, v. 47, p. 59-84, 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, nº 5, p. 10242-97, 2013.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BAPTISTA, G.C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIN, J.D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 920 p., 2002.

GENG, Y.; MA, J.; ZHOU, R.; JIA, R.; LI, C.; MA, X. Assessment of insecticide risk to human health in groundwater in Northern China by using the China-PEARL model. **Pest Management Science**, v. 73, p. 2063-2070, 2017.

GEORGE, J.; SHUKLA, Y. Pesticides and cancer: insights into toxicoproteomic-based findings. **Journal of Proteomics**, v. 74, p. 2713-2722, 2011.

GLOSS, A. D.; DITTRICH, A. C. N.; GOLDMAN-HUERTAS, B.; WHITEMAN, N. K. Maintenance of genetic diversity through plant-herbivore interactions. **Current opinion in plant biology**, v. 16, nº4, p. 443-450, 2013.

GOLDMAN, S. M.; MUSGROVE, R. E.; JEWELL, S. A.; DI MONTE, D. A. Pesticides and Parkinson's Disease: Current Experimental and Epidemiological Evidence. **Advances in Neurotoxicology**, v. 1, p. 83-117, 2017.

GOMES, M. A. F; BARIZON, R. R. M. **Panorama da contaminação Ambiental por Agrotóxicos e nitrato de origem agrícola no Brasil: Cenário 1992/2011**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 36 p., 2014.

GORELL, J. M.; JOHNSON, C. C.; RYBICKI, B. A.; PETERSON, E. L.; RICHARDSON, R. J. The risk of Parkinson's disease with exposure to pesticides, farming, well water, and rural living. **Neurology**, v. 50, p. 1346-1350, 1998.

GUPTA, P.D.; THORSTEINSON, A.J. Food plant relationship of diamondback moth (*Plutella maculipennis* (Curt.)). II. Sensory regulation of oviposition of the adult female. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 3, p. 305-314, 1960.

HANCOCK, R. D.; HOGENHOUT, S.; FOYER, C. H. Mechanisms of Plant–insect Interaction. **Journal of Experimental Botany**, v. 66, nº 2, p. 421-424, 2015.

HENNIGES-JANSSEN K.; HECKEL D. G.; GROOT A. T. Preference of diamondback moth larvae for novel and original host plant after host range expansion. **Insects**, v. 5, p. 793-804, 2014.

HERNÁNDEZ, J.M.; HERNÁNDEZ, M.J.B. Agricultura sustentável e a construção de conhecimentos locais: uma experiência em Jalisco, México. In: **Construção de territórios camponeses** Paulo Petersen (org.). Revista Agriculturas; experiencias em agroecologia, v. 6, n. 3. ASPTA. 2010.

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.

ISMAN, M.B. Plant essential oils for pest and disease management. **Crop Protection**, v.19, p. 603-8, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Demográfico 2006: Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em 20/08/2017.

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.

KAGEYAMA, A.; BERGAMASCO, S. M. P; DE OLIVEIRA, J. A. Uma classificação dos estabelecimentos agropecuários do Brasil a partir do censo de 2006. In: SCHNEIDER, S.; FERREIRA, B.; ALVES, F. **Aspectos Multidimensionais da Agricultura Brasileira**. Brasília. IPEA, 387 p., 2014.

KÖHLER, H. R.; TRIEBSKORN, R. Wildlife ecotoxicology of pesticides: can we track effects to the population level and beyond? **Science**, v. 341, p. 759-765, 2013.

KRINSKI, D.; MASSAROLI, A.; MACHADO, M. Insecticidal potential of the Annonaceae family plants. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36: p. 225-242, 2014.

LEATEMIA, J. A.; ISMAN, M. B. Insecticidal activity of crude seed extracts of *Annona* spp, *Lansium domesticum* and *Sandoricum koetjape* against lepidopteran larvae. **Phytoparasit**, v. 32, p. 30-37, 2004.

LLANOS, C. A. H.; ARANGO, D. L.; GIRALDO, M. C. Actividad insecticida de extractos de semilla de *Annona muricata* (Annonaceae) sobre *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Revista Colombiana de Entomologia**, v. 34, p. 76-82, 2008.

LI, Q.; EIGENBRODE, S. D.; STRINGAM, G. R.; THIAGARAJAH, M. R. Feeding and growth of *Plutella xylostella* and *Spodoptera eridania* on *Brassica juncea* with varying glucosinolate concentrations and myrosinase activities. **Journal of Chemical Ecology**, v. 26, p. 2401-2419, 2000.

MAGNANTI, N. J. Rede de Agroecologia do Território Serra Catarinense: Um Ator Protagonista Para o Fortalecimento da Agricultura Familiar. **Revista Agriculturas**, v.7, n.1, 2010.

MDA – Ministério do Desenvolvimento Agrário. http://www.mda.gov.br/sitemda/plano-safra-da-agricultura-familiar-20172020. Conheça o Plano Safra da Agricultura Familiar 2017/2020. 25 abr. 2018.

MEDEIROS, C. A. M. **Efeito inseticida de extratos vegetais aquosos sobre** *Ascia monuste orseis* (Latreille) **em couve** (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.). Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, 83 p., 2004.

MEDEIROS, P. T.; FERREIRA, M. N.; MARTINS, E. S.; GOMES, A. C. M. M.; FALCÃO, R.; DIAS, J. M. C. S.; MONNERAT, R. G. Seleção e caracterização de estirpes de *Bacillus thuringiensis* efetivas no controle da traça-das-crucíferas *Plutella xylostella*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n° 11, p. 1145-1148, 2005.

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

MITHEN, R.; RAYBOULD, A. F.; GIAMOUSTARIS, A. Divergent selection for secondary metabolites between wild populations of *Brassica oleracea* and its implications for plant-herbivore interactions. **Heredity (Edinb)**., v. 75, p. 472-484, 1995.

MONNERAT, R.G.; LEAL-BERTIOLI, S. C. M.; BERTIOLI, D. J.; BUTT, T. M.; BORDAT, D. Caracterização de populações geograficamente distintas da traça-das-crucíferas por susceptibilidade ao *Bacillus thuringiensis* Berliner e RAPD-PCR. **Horticultura Brasileira**, v. 22, p. 607-609, 2004.

MORAES, J. C.; COSTA, R. R.; FILGUEIRAS, C. C. **Manejo de inseto-praga em cultivo orgânico**. Lavras: Editora UFLA, 60 p., 2007.

MREMA, E. J.; RUBINO, F. M.; MANDIC-RAJCEVIC, S.; STURCHIO, E.; TURCI, R.; OSCULATI, A.; BRAMBILLA, G.; MINOIA, C.; COLOSIO, C. Exposure to priority organochlorine contaminants in the Italian general population. Part 1. Eight priority organochlorinated pesticides in blood serum. **Human & Experimental Toxicology**, v. 32, p. 1323-1339, 2013.

MÜLLER R.; DE VOS, M.; SUN, J. Y.; SØNDERBY, I. E.; HALKIER, B. A.; WITTSTOCK, U. et al. Differential effects of indole and aliphatic glucosinolates on lepidopteran herbivores. **Journal of Chemical Ecology**, v. 36, p. 905-913, 2010.

OLIVEIRA, A. C. Efeito Antialimentar do Extrato Metanólico de *Annona crassiflora* Mart. sobre o Percevejo Marrom *Euschistus heros* (Fabr. 1798) (Heteroptera: Pentatomidae). **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, p. 2633-2636, 2009.

OLIVEIRA, C. F. de; UGUEN, K.; SOUSA, S. G. A. de. Caracterização da produção de hortaliças na região periurabana de Parintins-AM. **Cadernos de Agroecologia**, v. 4, nº1, p. 2859-2861, 2009.

PAOLI, D.; F. GIANNANDREA, M. G.; TURCI, R.; CATTARUZZA, M. S.; LOMBARDO, F. et al. Exposure to polychlorinated biphenyls and hexachlorobenzene, sêmen quality and testicular cancer risk. **Journal of Endocrinological Investigation**, v. 38, p. 745-752, 2015.

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

PENTEADO, S. R. **Defensivos agrícolas naturais**. 3°ed. Campinas – SP, 95 p., 1999.

PENTEADO, S. R. **Defensivos alternativos e naturais: para uma agricultura saudável**. 3 ed. Campinas: Via Orgânica, 174 p., 2007.

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.

PERIS-SAMPEDRO, F.; CABRÉ, M.; BASAURE, P.; REVERTE, I.; DOMINGO, J. L.; COLOMINA, M. T. Adulthood dietary exposure to a common pesticide leads to an obese-like phenotype and a diabetic profile in apoE3 mice. **Environmental Research**, v. 142, p. 169-176, 2015.

PIVNICK, K.A.; JARVIS, B. J.; SLATER, G. P.; GILLOTT, C.; UNDERHILL, E. W. Attraction of diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) to volatiles of oriental mustard; the influence of age, sex and prior exposure to males of host plants. **Environmental Entomology**, v. 19, p. 704-709, 1990.

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.

REDDY, G.V.P.; TABONE, E.; SMITH, M.T. Mediation of the host selection and oviposition behavior in the diamondback moth *Plutella xylostella* and its predator *Chrysoperla carnea* by chemical cues from cole crops. **Biological Controls**, v. 29, p. 270-277, 2004.

RENWICK, J. A. A.; HARIBAL, M.; GOUINGUENÉ, S.; STÄDLER, E. Isothiocyanates stimulating oviposition by the diamondback moth, *Plutella xylostella*. **Journal of Chemical Ecology**, v. 32, p. 755-766, 2006.

RICE, P. J.; COATS, J. R. Insecticidal properties of several monoterpenoids to the house fly (Diptera: Muscidae), red flour beetle (Coleoptera: Tenebrionidae), and southern corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 87, nº5, p. 1172-9, 1994.

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

SALVI-JÚNIOR, A. *Schinus terebinthifolius* Raddi: **estudo anatômico e histoquímico das folhas e investigação do potencial farmacêutico do extrato etanólico e suas frações.** Dissertação, Unesp- Araraquara, 81 p., 2009.

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.

SARFRAZ, M.; KEDDIE, B.A. Conserving the efficacy of insecticides against *Plutella xylostella* (L.) (Lep., Plutellidae). **Journal of Applied Entomology**, v. 129, p. 149-157, 2005.

SAROSH, B. R.; WITTSTOCK, U.; HALKIER, B. A.; EKBOM, B. The influence of metabolically engineered glucosinolates profiles in *Arabidopsis thaliana* on *Plutella xylostella* preference and performance. **Chemoecology**, v. 20, p. 1-9, 2010.

SEKHOTHA, M. M.; MONYEKI, K. D.; SIBUYI, M. E. Exposure to Agrochemicals and Cardiovascular Disease: A Review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 13, n. 2, p. 229, 2016.

SEFFRIN, R. C.; SHIKANO, I.; AKHTAR, Y.; ISMAN, M. B. Effects of crude seed extracts of *Annona atemoya* and *Annona squamosa* L. against the cabbage looper, *Trichoplusia ni* in the laboratory and greenhouse. **Crop Protection**, v. 29, p. 20-24, 2010.

SILVA, A. F. L.; DA SILVA, J. L. V.; SILVA, J. M.; MARCOLIN, L. S. A.; NOUAILHETAS, V. L. A.; YOSHIDA, M.; VENDRAMINI, P. H.; EBERLING, M. N.; BARBOSA-FILHO, J. M.; MORENO, P. R. H. Antispasmodic activity from *Serjania caracasana* fractions and their Safety. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 27, p. 346-352, 2017.

SILVA, A. P. T.; PEREIRA, M. J. B.; BENTO, L. F. Extrato metanólico da semente de araticum (*Annona coriacea*) (Mart.) sobre a mortalidade da traça-do-tomateiro (*Tuta absoluta*). **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, p. 1150-1153, 2007.

SOUSA, S. L. J.; MENEGHETTI, G. A.; PINHEIRO, J. O. C.; GUIMARÃES, R. dos R. **A dinâmica socioeconômica das comunidades rurais amazônicas: o caso da comunidade de Nossa Senhora do Rosário – Parintins – AM**. - "Separatas" -. Manaus. EMBRAPA, 13 p., 2014.

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

STEVENSON, P. C.; BELMAIN, S. R. Pesticidal Plants in African Agriculture: Local uses and global perspectives. **Outlook on Pest Management**, v. 10, p. 226-229, 2016.

STEVENSON, P. C.; NYIRENDA, S. P.; MVUMI, B. M.; SOLA, P.; KAMANULA, J. F.; SILESHI, G. W., et al. Pesticidal plants: A viable alternative insect pest management approach for resource-poor farming in Africa. In O. Koul, G. S. Dhaliwal, S. Khokhar, & R. Singh(Eds.), **Botanicals in environment and food security**. Jodhpur: Scientific Publishers, p. 212–238, 2012.

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

TIRELLI, A. A.; ALVES, D. S.; CARVALHO, G. A.; SÂMIA, R. R.; BRUM, S. S.; GUERREIRO, M. C. Efeito de frações tânicas sobre parâmetros biológicos e nutricionais de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, nº 6, p. 1417-1424, 2010.

TORRES, A.L.; BARROS, R.; OLIVEIRA, J. D. Efeito de extratos aquosos de plantas do desenvolvimento de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae). **Neotropical Entomology**, v. 30, p. 151-156, 2001.

TRINDADE, R. C. P.; LUNA, J. S.; LIMA, M. R. F.; SILVA, P. P.; SANT'ANA, A. E. G. Larvicidal activity and seasonal variation of *Annona muricata* (Annonaceae) extract on *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **Revista Colombiana de Entomologia,** v. 37, p. 223-227, 2011.

ULMER, B.; GILLOTTA, 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, nº4, p. 327-331, 2002.

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.

WHITNEY, H. M.; GLOVER, B. J. **Coevolution: Plant–Insect.** In: eLS. John Wiley & Sons Ltd, Chichester. 2013. http://www.els.net [doi: 10.1002/9780470015902.a0001762.pub2]

WITTSTOCK, U.; KLIEBENSTEIN, D. J.; LAMBRIX, V.; REICHELT, M.; GERSHENZON, J. Chapter five Glucosinolate hydrolysis and its impact on generalist and specialist insect herbivores. Recent Adv. Phytochem., v. 37, p. 101-125, 2003.

YAN, D.; ZHANG, Y.; LIU, L.; YAN, H. Pesticide exposure and risk of Alzheimer's disease: a systematic review and meta-analysis. **Scientific Reports**, v. 6, Article number: 32222, 2016.

4. OBJETIVO GERAL

Avaliar os efeitos de extratos aquosos e etanólicos de *Serjania marginata*, *Schinus terebinthifolius*, *Annona coriacea* e *Annona crassiflora* sobre o desenvolvimento, reprodução e comportamento de alimentação e oviposição de *P. xylostella*.

5. HIPÓTESES

H_0 - Os extratos vegetais de espécies avaliadas não comprometem o desenvolvimento, reprodução e comportamento da traça-das-crucíferas *P. xylostella*.

H_1 - Os extratos vegetais comprometem o desenvolvimento, reprodução e comportamento da traça-das-crucíferas *P. xylostella*.

CAPÍTULO I

Efeito de extratos vegetais sobre a preferência de oviposição de *Plutella xylostella* (L., 1758) (Lepidoptera: Plutellidae)

(Formatado de acordo com as normas da ABNT)

Efeito de extratos vegetais sobre a preferência de oviposição de *Plutella xylostella* (L., 1758) (Lepidoptera: Plutellidae)

Irys Fernanda Santana Couto[1], Rosilda Mara Mussury Franco Silva[1]

[1]Universidade 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: irys.ento@gmail.com

Resumo

A diminuição da oviposição de insetos provoca sua redução populacional. Dessa forma o conhecimento do modo de atuação de extratos vegetais permite que as substâncias bioativas provenientes de plantas possam ser eficientemente utilizadas. Assim, o presente trabalho avaliou o efeito de extratos aquosos e etanólicos de *Schinus terebinthifolius* (Anacardiaceae), *Annona coriacea* (Annonaceae), *Annona crassiflora* (Annonaceae) e *Serjania marginata* (Sapindaceae) sobre oviposição de *Plutella xylostella*. Foi inserido 10 discos de couve por gaiola, sendo que cada disco foi representado por um respectivo tratamento. O experimento foi constituído por 10 repetições. As concentrações utilizadas para extrato aquoso foram de 5 e 10 g/mL, e para os extratos etanólicos foram de 1 e 5 mg/mL. Três casais de adultos de *P. xylostella* foram introduzidos nas gaiolas e mantidos por quatro dias para oviposição. Foi avaliado o número de ovos em cada tratamento com 24, 48, 72 e 96 horas. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado e as médias dos números de ovos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%. Foi avaliado o índice de supressão de oviposição. Os extratos aquosos e etanólicos das quatro espécies vegetais testadas diferiram significativamente da testemunha nos testes de preferência de oviposição devido ao grande número de ovos nos discos que continham água. Os resultados obtidos a partir dos testes de preferência de oviposição evidenciaram que os extratos aquosos e etanólicos de *S. marginata* foram mais efetivos como supressor de oviposição de *P. xylostella.*

Palavras-chave: Annonaceae, *Schinus terebinthifolius, Serjania marginata,* supressão de oviposição

Abstract

The elasticity of insect oviposition causes its population reduction. In this way, knowledge of the plan of action of plant extracts allows bioactive actions to be

potentially efficient. Thus, the present work evaluated the effect of aqueous and ethanolic extracts of *Schinus terebinthifolius* (Anacardiaceae), *Annona coriacea* (Annonaceae), *Annona crassiflora* (Annonaceae) and *Serjania marginata* (Sapindaceae) on *Plutella xylostella* oviposition. It was inserted 10 discotheques of hall, being each disc was represented by a user. The experiment consisted of 10 replicates. The samples used for aqueous extract were 5 and 10 g / mL, and for ethanolic extracts were 1 and 5 mg / mL. Adult pairs of *P. xylostella* were introduced in seagulls and carried out for four days for oviposition. The number of eggs in each treatment with 24, 48, 72 and 96 hours was evaluated. The experiment was conducted in a completely randomized design and as indicators of the comparison indices with Tukey test at 5%. The oviposition suppression index was studied. The aqueous and ethanolic extracts of the four tested plant species differ in their testes from oviposition preference due to the large number of eggs in the discotheques that contained the water. The results obtained show that the oviposition oviposition tests of *P. xylostella* were more effective as the *P. xylostella* oviposition suppressor.

Keywords: Annonaceae, oviposition suppression, *Schinus terebinthifolius*, *Serjania marginata*.

Introdução

Estudos de interações químicas entre herbívoros e plantas hospedeiras mostram que os metabolitos secundários das plantas são compostos importantes que afetam a utilização da planta hospedeira por insetos fitofágos (HEIJARI et al., 2008; MURPHY & FEENY, 2006; NAKAYAMA et al., 2003).

A busca da planta hospedeira ideal pelos insetos envolve respostas comportamentais a uma série de estímulos associados a plantas hospedeiras e não-hospedeiras (VISSER, 1986). Contudo, a seleção da planta hospedeira adequada e o desempenho do inseto podem ser perturbados por meio da aplicação de extratos vegetais de plantas não hospedeiras (LIU et al., 2006).

Alguns compostos à base de plantas têm propriedades repelentes, deterrente alimentar e / ou de oviposição (IBRAHIM et al., 2001). Uma série de resultados de pesquisa também foram publicados sobre o uso desses compostos no controle de insetos herbívoros. Por exemplo, Ogendo et al. (2008) demonstraram os efeitos repelentes dos óleos essenciais de *Ocimum gratissimum* L. (Lamiaceae) nos adultos de *Sitophilus*

oryzae (L.) (Coleoptera: Curculionidae), *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae), *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Coleoptera: Silvanidae), *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrycidae) e *Callosobruchus chinensis* (L.) (Coleoptera: Bruchidae).

Extratos de solventes orgânicos de algumas espécies de plantas também demonstraram ação fagodeterrente por alguns lepidópteros (JANNET et al., 2001; MAGGI et al., 2005; ULRICHS et al., 2008) e coleópteros (MANSSON et al., 2005; TALUKDER & HOWSE, 1994; YENCHO et al., 1994). Os extratos de plantas não-hospedeiras também influenciaram na atração de inimigos naturais de insetos fitófagos (CHARLESTON et al., 2006, LIU et al., 2006).

Gupta & Thorsteinson (1960) mostraram que a cumarina e o suco de folhas de tomate fresco, atuam reduzindo a oviposição da traça das crucíferas. Desde então, tem havido um crescente interesse em encontrar compostos deterrentes que atuam reduzindo ou inibindo a oviposição de *P. xylostella*. A oviposição também foi inibida por óleos essenciais (DOVER, 1985; ZHANG et al., 2004) e extratos de plantas (ABBASIPOUR et al., 2010; BASUKRIADI & WILKINS, 2014; CHEN et al., 1996; DOVER, 1985; EGIGU et al., 2010; KODJO et al., 2011; MEDEIROS et al., 2005; PATIL et al., 2003; ZHANG et al., 2004). De acordo com Medeiros et al. (2005), os extratos aquosos dos frutos de *Enterolobium contortisilliquum* (Vell.) Morong. (Fabaceae), frutos de *Sapindus saponaria* L. (Sapindaceae) e folhas de *Trichilia pallida* Swartz (Meliaceae) inibiram 100% a oviposição da traça das crucíferas. Esta descoberta mostra que os extratos vegetais têm potencial como uma alternativa promissora ao uso regular de inseticidas sintéticos.

P. xylostella é uma espécie oligófaga, ou seja, se alimenta restritamente de plantas pertencentes a família Brassicaceae (FURLONG et al., 2013). Tal família abrange algumas culturas economicamente importantes, tais como repolho, couve-flor, brócolis, canola e couve de Bruxelas (SILVA & FURLONG, 2012). As lagartas se alimentam das folhas desde a fase de plântula até a colheita, reduzindo muito o rendimento e a qualidade dos produtos. Assim, o uso intensivo de inseticidas contra *P. xylostella* no cultivo das brássicas, resultou no desenvolvimento de populações resistentes à todas as principais classes inseticidas.

Como a oviposição de diversos lepidópteros é, geralmente, mediada por mecanismos sensoriais, mecano e quimio-receptores, a mesma pode ser inibida ou estimulada dependendo das características físicas e químicas do substrato utilizado para

tal fim (FENG et al., 2017). A diminuição na oviposição dos insetos representa, posteriormente, sua redução populacional. Assim, o conhecimento do modo de atuação de extratos de plantas permite que as substâncias bioativas provenientes de plantas possam ser mais eficientemente utilizadas, o que na opinião de Shin-Foon & Yu- Tong (1993), as tornam compatíveis com os propósitos de programas de Manejo Integrado de Pragas, em especial de crucíferas, onde o valor econômico e o período de carência restringem o uso de inseticidas sintéticos.

Diante ao exposto, avaliou-se o efeito de extratos aquosos e etanólicos de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) (pimenta-rosa), *Annona coriacea* Mart. (Annonaceae) (araticum), *Annona crassiflora* Mart. (Annonaceae) (marolo) e *Serjania marginata* Casar (Sapindaceae) (timbó) sobre oviposição de *P. xylostella*.

Material e Métodos

Criação de *P. xylostella*

A criação foi conduzida no laboratório de Interação Inseto-Planta da Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais da UFGD, a 25 ± 1°C, 55 ± 5% de UR e fotoperíodo de 12 h, a partir de larvas e pupas coletadas em campos de couve.

Os adultos foram mantidos em gaiola de plástico sendo alimentados com solução de mel a 10 mg/mL, fornecida em algodão. Para obtenção das posturas foram colocados no interior da gaiola um disco de couve (*Brassica oleraceae* var. *acephala*) sobre papel filtro umedecido.

Após a oviposição, as folhas com as posturas foram colocadas em vasilhas de plástico medindo 30 x 15 x 12 cm, esterilizada para servir como substrato para o empupamento. Larvas de primeiro, segundo, terceiro e quarto ínstar foram alimentadas com folhas de couve orgânica, inicialmente higienizadas com solução de hipoclorito de sódio a 5% e posteriormente lavadas em água corrente para serem depositadas nos recipientes de manutenção.

As folhas de couve sadias foram dispostas com a face adaxial para o recipiente plástico e a face abaxial livre onde foram colocadas as larvas e, em seguida, colocada outra folha de couve com a face abaxial voltada para o contato com as larvas. As folhas de couve foram trocadas diariamente ou logo que apresentassem murchas, mantendo-se sempre as folhas superiores. Esse processo foi repetido diariamente até a formação das pupas (BARROS et al., 2012).

Material botânico

Folhas sadias, totalmente expandidas, de *S. terebinthifolius*, *S. marginata*, *A. coriacea* e *A. crassiflora*, foram coletadas no horto de plantas medicinais da Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD e nas fazendas Coqueiro (mata) e Santa Madalena (Cerrado) no município de Dourados- MS (22°14' S, longitude de 54° 9' W e 452m de altitude), no período das 7 às 9 horas, entre os meses de março a maio de 2012.

As espécies foram identificadas com base na comparação com exsicatas depositadas no herbário da UFGD (DDMS). O material botânico foi depositado no Herbário da Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais da UFGD sob o número *Annona coriacea*: DDMS 5419, *Annona crassiflora:* DDMS 5499, *Schinus terebinthifoliu*s: DDMS 5688 e S*erjania marginata*: DDMS 5561.

Preparo dos extratos aquosos e etanólicos

As folhas foram secas em estufa de circulação forçada de ar durante três dias na temperatura máxima de 40 ºC (±1 ºC). Após esse período as folhas secas foram trituradas até a obtenção de um pó fino.

A técnica utilizada para preparação do extrato aquoso (EA) foi a maceração, dessa forma, foi dissolvido 10 g e 5 g de matéria vegetal (pó das folhas) em 1 L de água destilada, no qual, após agitação manual, ficaram em repouso por 24 horas em local refrigerado a fim de se extrair os compostos hidrossolúveis. Após esse período, fez-se uma coagem com o auxílio de um tecido voil para a obtenção de soluções de EA nas concentrações de 10 g/L e 5g/L.

Para o preparo do extrato etanólico (EE), amostras de 100 g do pó foram colocadas em um becker, junto com 1000 mL de solvente (álcool etílico 96%). As filtragens foram realizadas a cada 2 dias, por 15 dias. O extrato filtrado foi concentrado em rotavapor a 60°C, à pressão reduzida. O produto obtido nesse processo foi dissolvido em água destilada nas concentrações de 1 mg/mL e 5 mg/mL para posterior realização dos testes.

Teste com extratos aquosos e etanólicos em *P. xylostella*

Discos foliares de couve foram imersos nos diferentes tratamentos (4 plantas x 2 solventes x 2 concentrações) e dispostos de forma circular no interior de uma gaiola plástica, em laboratório, nas condições de 25 ± 1°C, 55 ± 5% de UR e fotoperíodo de 12

h. Foi inserido um disco foliar por tratamento, sendo que, dois discos foliares foram correspondentes a testemunha (água destilada), totalizando 10 discos por gaiola. O experimento foi constituído por 10 repetições, ou seja, 10 gaiolas. Três casais de adultos de *P. xylostella* com até 12 horas de idade, oriundos da criação feita em laboratório, foram introduzidos nas gaiolas e mantidos por quatro dias para oviposição, sendo alimentados com solução de mel a 10%. Foi avaliado o número de ovos em cada tratamento com 24, 48, 72 e 96 horas, sendo que, a cada intervalo, um novo disco foliar foi colocado na gaiola. A contagem dos ovos foi realizada diariamente com auxílio do microscópio estereoscópico.

Análise estatística dos dados

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado ambos solventes com 10 repetições, sendo cada repetição constituída por 8 discos foliares de cada tratamento (planta x concentração) e 2 discos foliares correspondentes a testemunha. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Cálculo do índice de supressão de oviposição (ISO)

O efeito produzido pelo extrato vegetal foi avaliado utilizando o Índice de Supressão de Oviposição de Kogan & Goeden (1970): ISO = 2A / (M + A), em que, A = quantidade de ovos nas folhas tratadas com extrato e M = quantidade de ovos na folha tratada com água. Os valores de ISO variam entre zero e dois, sendo classificado como oviposição favorecida se o índice for maior do que 1, neutro se igual a 1 e oviposição suprimida se menor do que 1.

Como margem de segurança para essa classificação, o desvio padrão (DP) de cada tratamento foi adicionado ou subtraído do valor 1,00 (indicativo de neutralidade), de forma que cada tratamento só foi considerado favorável ou supressivo para oviposição quando o ISO estava fora do intervalo 1,00 ± DP.

Resultados

Os extratos aquosos e etanólicos das quatro espécies vegetais testadas diferiram significativamente da testemunha nos testes de preferência de oviposição, sendo classificados como supressores de oviposição.

As folhas tratadas com extrato aquoso de *S. marginata*, continham uma menor quantidade de ovos, seguida por *A. crassiflora*, *S. terebinthifolius* e *A. coriaceae* (Tabela 1).

Tabela 1. Índice de supressão de oviposição (ISO) e média do número de ovos de *P. xyostella* por extratos aquosos de *S. terebinthifolius*, *S. marginata*, *A. coriacea* e *A. crassiflora*.

Tratamento	Nº de ovos (média)	ISSO	Classificação
Testemunha	290,5 ± 2,41 a	-	-
S. terebintifolius 5%	185,2 ± 1,86 bc	0,78	Oviposição suprimida
S. terebintifolius 10%	156,3 ± 1,72 d	0,70	Oviposição suprimida
S. marginata 5%	83,7 ± 1,10 f	0,45	Oviposição suprimida
S. marginata 10%	49,9 ± 0,63 g	0,29	Oviposição suprimida
A. coriacea 5%	188,8 ± 1,56 b	0,79	Oviposição suprimida
A coriacea 10%	159,2 ± 1,75 d	0,71	Oviposição suprimida
A. crassiflora 5%	168,8 ± 2,01cd	0,74	Oviposição suprimida
A crassiflora 10%	133,2 ± 1,72 e	0,63	Oviposição suprimida

*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação ao extrato etanólico, *S. marginata*, manteve-se com a menor quantidade de ovos depositados por folhas tratadas, sendo seguida por *S. terebinthifolius* e as plantas do gênero *Annona* não diferiram entre si estatisticamente (Tabela 2).

Tabela 2. Índice de supressão de oviposição (ISO) e média do número de ovos de *P. xyostella* por extratos etanólicos de *S. terebinthifolius*, *S. marginata*, *A. coriacea* e *A. crassiflora*.

Tratamento	Nº de ovos (média)	ISSO	Classificação
Testemunha	357,8 ± 4,45 a	-	-
S. terebintifolius 1%	176,4 ± 1,93 b	0,66	Oviposição suprimida
S. terebintifolius 5%	106,2 ± 1,20 d	0,46	Oviposição suprimida
S. marginata 1%	65,6 ± 1,20 e	0,31	Oviposição suprimida
S. marginata 5%	24,7 ± 0,54 f	0,13	Oviposição suprimida
A. coriacea 1%	179,4 ± 1,70 b	0,67	Oviposição suprimida
A coriacea 5%	130,0 ± 1,79 c	0,53	Oviposição suprimida
A. crassiflora 1%	172,8 ± 2,22 b	0,65	Oviposição suprimida
A crassiflora 5%	123,8 ± 1,62 c	0,51	Oviposição suprimida

*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em todos os extratos aquosos e etanólicos testados observou-se que o índice de supressão de oviposição apresentou resultados menores que 1, dessa forma, a

oviposição foi suprimida em todos os tratamentos, sendo que, *S. marginata* apresentou os menores resultados em ambos extratos e em ambas concentrações (Tabela 1; Tabela 2).

Observou-se também que houve uma redução no número de ovos quando a concentração de cada extrato foi aumentada. Respectivamente, os menores índices de supressão de oviposição foram observados nas maiores concentrações de cada tratamento (Tabela 1; Tabela 2).

Discussão

Lepidópteros fitófagos utilizam pistas semioquímicas para localizar as plantas hospedeiras e determinar o local ideal para oviposição seguido de uma sequência comportamental que envolve, busca, orientação, encontro, pouso, avaliação da superfície e aceitação (RENWICK & CHEW, 1994). Quando um inseto pousa na planta, a percepção das características químicas e físicas são de grande importância para que ocorra ou não a oviposição. Dessa forma, a oviposição de *P. xylostella* ocorre perante estímulos olfativos e gustativos (ANG et al., 2016) através dos quimiorreceptores de contato que ficam localizados no ovipositor, tarso ou boca (FENG et al., 2017).

Assim, os extratos vegetais utilizados nesse experimento influenciaram no comportamento de oviposição das mariposas de *P. xylostella* reduzindo o número de ovos depositados nas folhas tratadas. Possivelmente, os compostos químicos presentes nos extratos podem ter reduzido os estímulos de oviposição das mariposas, mascarando assim, a atuação dos glucosinolatos (metabolitos secundários pertencentes a família Brassicaceae que estimulam a oviposição da traça das crucíferas) provocando irritabilidade das fêmeas quando entram em contato com as superfícies tratadas (MORDUE & BLACKWELL, 1993).

No trabalho realizado por Egigu et al. (2010) foi observado que a oviposição por mariposas de *P. xylostella* foi significativamente reduzida pelo extrato metanólico de *Cordeauxia edulis* (Fabaceae), sugerindo que tal extrato também regula a população de pragas, protegendo as plantas contra possíveis danos. Anteriormente, Qiu et al. (1998) e Charleston et al. (2006) relataram efeitos deterrentes de oviposição de extratos de nim (*Azadirachta indica*) e siringas (*Melia azedarach*) em *P. xylostella*. Existem células receptoras (presentes nas sensilas olfativas das antenas) que são especificamente sensíveis aos compostos inibidores (QIU et al., 1998), dessa forma, os receptores

sensíveis as substâncias inibidoras atuam impedindo a oviposição, sinalizando às mariposas que o substrato encontrado não é adequado para a oviposição e desenvolvimento de sua prole.

A oviposição de *P. xylostella* foi diretamente relacionada com o aumento das concentrações dos extratos aquosos, independente da espécie vegetal utilizada, demonstrando que o efeito inibidor de oviposição se acentua com a quantidade e tipo de substâncias extraídas.

Os extratos (aquosos e etanólicos) de *S. marginata* apresentaram os melhores resultados quando comparados as demais espécies vegetais. Em análises realizadas por Périco et al. (2015) demonstraram que a família Sapindaceae apresenta em sua composição saponinas e taninos. Algumas classes de compostos encontradas na espécie vegetal em questão, apresentam atividade inseticida.

A família Sapindaceae apresenta propriedades de formação de espuma, devido ao seu teor de saponina, o fruto triturado serve como um sabão usado como inseticida (FERNANDES et al., 2007), o que pode ter causado um resultado inibidor na oviposição de *P. xylostella*. Castro et al. (2010), analisando os efeitos de extratos aquosos das folhas *Sapindus saponaria* L. (Sapindaceae) sobre *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) constataram inibição na ovoposição.

As saponinas são substâncias derivadas do metabolismo secundário das plantas, relacionadas, principalmente, com o sistema de defesa. São encontradas nos tecidos que são mais vulneráveis ao ataque fúngico, bacteriano ou predatório dos insetos (WINA et al., 2005), considerando-se parte do sistema da defesa das plantas e indicadas como “fitoprotetoras” (PIZARRO et al., 1999). Essa atividade seria devido a interação com os esteróis da membrana (FRANCIS et al., 2002). O comportamento anfifílico das saponinas e a capacidade de formar complexos com esteróides, proteínas e fosfolipídeos de membranas possibilitam ações biológicas variadas. Vale ressaltar a ação sobre membranas celulares que pode alterar a permeabilidade ou até mesmo levar à destruição (SCHENKEL et al., 2001).

Os taninos são toxinas que reduzem significativamente o crescimento e a sobrevivência de muitos herbívoros, quando adicionados às suas dietas. Da mesma forma, os taninos agem como repelentes alimentares a uma grande variedade de animais. A sua toxicidade é atribuída à capacidade de formar complexos com proteínas de modo não-específico no trato digestivo dos herbívoros, com impacto negativo na nutrição deles (TAIZ & ZEIGER, 2013).

No trabalho realizado por Castillo et al. (2009), os autores observaram que o extrato etanólico de *Serjania meridionais* (Sapindaceae) apresentou atividade repelente contra *Epilachna paenulata* (Coleoptera: Coccinelidae), um inseto que afeta a produção orgânica das plantas da família Cucurbitaceae.

Os extratos vegetais das folhas de *S. terebinthifolius*, *A. coriacea* e *A. crassiflora* não foram tão efetivos quando comparados a *S. marginata*, contudo, também apresentaram efeito inibidor de oviposição.

Em um estudo recente, Krinski et al. (2014) mostrou a eficiência de *Annona* como plantas inseticidas para diferentes insetos. Os metabólitos secundários correspondente às atividades inseticidas de *Annona* são pertencentes a classe das acetogeninas. Essas substâncias atuam nas mitocôndrias inibindo o NADH, resultando na morte dos insetos (ZAFRA-POLO et al., 1996). A bioatividade das acetogeninas pode variar significativamente dependendo da espécie, bem como solvente usado na extração (CHIRINOS et al., 2007; SHAALAN et al., 2005). No que diz respeito à ordem Lepidoptera, Freitas et al. (2014) observou a redução da sobrevivência larval de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) usando extratos de *Annona*. Extratos de *A. coriacea* adicionada à dieta de *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) causaram mortalidade de 50% das larvas e atuaram como antialimentar (COELHO et al., 2017). Extratos aquosos e metanólicos de *A. coriacea* atuaram reduzindo em 50 % a alimentação de lagartas de *P. xylostella*, sendo classificados como fagodeterrentes (COUTO et al., 2016).

O efeito inibidor de oviposição observado em *S. terebinthifolius* pode ser explicado pela presença de metabolitos secundários, incluindo taninos e flavonóides (JOHANN et al., 2010). Os taninos inibem a digestão por inativação das enzimas digestivas criando um complexo tanino-proteína que é de difícil digestão, afetando dessa forma o crescimento e sobrevivência dos insetos (MELLO & SILVA-FILHO, 2002).

Procópio et al. (2015) que mostraram que extrato de folhas de *S. terebinthifolius* causou danos ao intestino médio nas larvas de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae), interferindo na sobrevivência e desenvolvimento. Óleo essencial dos frutos de *S. terebinthifolius* apresentaram efeito repelente sobre adultos de *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae), e também causaram mortalidade em *Trialeurodes ricini* (Hemiptera: Aleyrodidae) (HUSSEIN et al., 2017).

Os extratos utilizados no estudo em questão atuaram inibindo a oviposição de mariposas de *P. xylostella*, sendo que, o efeito supressor de oviposição foi mais enfatizado nos tratamentos de *S. marginata*. Saber como os extratos de plantas atuam sobre a oviposição pode ser uma ferramenta importante para o MIP pois propicia a redução na população desses insetos antes mesmo de atingirem a fase larval (no qual provoca dano). Assim o estudo em questão serve de base para estudos futuros sobre as táticas de manejo de *P. xylostella*, visando reduzir as aplicações de insumos sintéticos e reduzir os danos causados pela praga sem promover a seleção direta de indivíduos, uma vez que tal inseto apresenta resistência a um grande número de produtos.

Referências

ABBASIPOUR, H.; MAHMOUDVAND, M.; RASTEGAR, F.; BASIJ, M. Insecticidal activity of *Peganum harmala* seed extract against the diamondback moth, *Plutella xylostella*. **Bulletin of Insectology**, v. 63, p. 259-263, 2010.

ANG, G. C. K.; ZALUCKI, M. P.; FURLONG, M. Temporal changes in olfactory and oviposition responses of the diamondback moth to herbivore-induced host plants. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 160, p. 28-39, 2016.

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.

BASUKRIADI, A.; WILKINS, R. M. Oviposition deterrent activities of *Pachyrhizus erosus* seed extract and other natural products on *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **Journal of Insect Science**, v. 14, nº244, p. 1-5, 2014.

CASTILLO, L.; GONZÁLEZ-COLOMA, A.; GONZÁLEZ, A.; DÍAZ, M.; SANTOS, E.; ALONSO-PAZ, E.; BASSAGODA, M. J.; ROSSINI, C. Screening of Uruguayan plants for deterrent activity against insects. **Industrial Crops and Products**, v. 29, p. 235, 2009.

CASTRO, M. J. P.; DA SILVA, P. H. S.; SANTOS, J. R.; SILVA, J. A. L. Efeito de pós vegetais sobre oviposição de *Callosobruchus maculatus* (Fabr.) (Coleoptera: Bruchidae) em feijão-caupí. **BioAssay**, v. 5, nº 4, 2010.

CHARLESTON, D. S.; GOLS, R.; HORDIJK, K. A.; KFIR, R.; VET, L. E. M.; DICKE, M. Impact of botanical pesticides derived from *Melia azedarach* and *Azadirachta indica* plants on the emission of volatiles that attract parasitoids of the diamondback moth to cabbage plants. **Journal of Chemical Ecology**, v. 32, p. 325–349, 2006.

CHEN, C. C.; CHANG, S. J.; HOU, R. F.; CHENG, L. I. Deterrent effect of the chinaberry extract on oviposition of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) (Lep., Yponomeutidae). **Journal of Applied Entomology**, v. 120, p. 165–169, 1996.

CHIRINOS, R.; ROGEZ, H.; CAMPOS, D.; PEDRESCHI, R.; LARONDELLE, Y. Optimization of extraction conditions of antioxidant phenolic compounds from mashua (Tropaeolum tuberosum Ruíz and Pavón) tubers. **Separation and Purification Technology**, v. 55, nº 2, p. 217-225, 2007.

COELHO, M. B.; MARANGONI, S.; MACEDO, M. L. Insecticidal action of *Annona coriacea* lectin against the flour moth *Anagasta kuehniella* and the rice moth *Corcyra cephalonica* (Lepidoptera: Pyralidae). **Comparative Biochemistry and Physiology - Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 146, nº 3, p. 406-14, 2007.

COUTO, I. F. S.; FUCHS, M. L.; PEREIRA, F. F.; MAUAD, M.; SCALON, S. P. Q.; DRESCH, D. M.; MUSSURY, R. M. Feeding preference of *Plutella xylostella* for leaves treated with plant extracts. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 88, nº3, p. 1781-1789, 2016.

DOVER, J. W. The responses of some Lepidoptera to labiate herb and white clover extracts. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 39, p. 177–182, 1985.

EGIGU, M. C.; IBRAHIM, M. A.; YAHYA, A.; HOLOPANEN, J. K. YEHEB (*Cordeauxia edulis*) extract deters feeding and oviposition of *Plutella* and attracts its natural enemy. **BioControl**, v. 55, p. 613–624, 2010.

FENG, B.; QIAN, K.; DU, Y. J. Floral Volatiles from *Vigna unguiculata* Are Olfactory and Gustatory Stimulants for Oviposition by the Bean Pod Borer Moth *Maruca vitrata*. **Insects**, v. 8, nº 2, p. 60, 2017.

FERNANDES, F. F.; LELES, R. N.; SILVA, I. G.; FREITAS, E. P. S. Larvicidal potential of *Sapindus saponaria* (Sapindaceae) against *Rhipicephalus sanguineus* (Latreille, 1806) (Acari: Ixodidae). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, p. 145-149, 2007.

FRANCIS, G.; KEREM, Z.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. The biological action of saponins in animal systems: a review. **British Journal of Nutrition [online]**, v. 88, p. 587–605, 2002.

FREITAS, A. F.; PEREIRA, F. F.; FORMAGIO, A. S. N.; LUCCHETTA, J. T.; VIEIRA, M. C.; MUSSURY, R. M. Effects of methanolic extracts of *Annona* species on the development and reproduction of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Neotropical Entomology**, v. 43, p. 446-452, 2014.

FURLONG, M. J.; WRIGHT, D. J.; DOSDALL, L. M. Diamondback Moth Ecology and Management: Problems, Progress, and Prospects. **Annual Review of Entomology**, v.58, nº1, p. 517-541, 2013.

GUPTA, P. D.; THORSTEINSON, A. F. Food plant relationships of the diamondback moth (*Plutella maculipennis* Curt.). II. Sensory regulation of oviposition of the adult female. **Entomologia Experimentalis Applicata**, v. 3, p. 305-314, 1960.

HEIJARI, J.; NERG, A. M.; KAINULAINEN, P.; VUORINEN, M.; HOLOPAINEN, J. K. Long-term effects of exogenous methyl jasmonate application on Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) needle chemical defense and diprionid sawfly performance. **Entomologia Experimentalis Applicata**, v. 128, p. 162-171, 2008.

HUSSEIN, H. S.; SALEM, M. Z. M.; SOLIMAN, A. M. Repellent, attractive, and insecticidal effects of essential oils from *Schinus terebinthifolius* fruits and *Corymbia citriodora* leaves on two whitefly species, *Bemisia tabaci* and *Trialeurodes ricini*. **Scientia Horticulturae**, v. 216, p. 111-119, 2017.

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.

JANNET, H. B.; H-SKHIRI, F.; MIGHRI, Z.; SIMMONDS, M. S. J.; BLANEY, W. M. Antifeedant activity of plant extracts and of new natural diglyceride compounds isolated from *Ajuja pseudoiva* leaves against *Spodoptera littoralis* larvae. **Industrial Crops and Products**, v. 14, p. 213-222, 2001.

JOHANN, S.; SÁ, N. P.; LIMA, L. A. R. S.; CISALPINO, P. S.; COTA, B. B.; ALVES, T. M.; SIQUEIRA, E. P.; ZANI, C. L. Antifungal activity of schinol and a new biphenyl compound isolated from *Schinus terebinthifolius* against the pathogenic fungus *Paracoccidioides brasiliensis*. **Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials**, v. 12, p. 9-30, 2010.

KODJO, T. A.; GBE´NONCHI, M.; SADATE, A.; KOMI, A.; YAOVI, G.; DIEUDONNE, M.; KOMLA, S. Bio-insecticidal effects of plant extracts and oil emulsions of *Ricinus communis* L. (Malpighiales: Euphorbiaceae) on the diamondback, *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae) under laboratory and semi-field conditions. **Journal of Applied Biosciences**, v. 43, p. 2899–2914, 2011.

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.

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

LIU, S. S.; LI, Y. H.; LOU, Y. G. Non-host plant extracts reduce oviposition of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) and enhance parasitism by its parasitoid *Cotesia plutellae* (Hymenoptera: Braconidae). **Bulletin Entomological Research**, v. 96, p. 373–378, 2006.

MAGGI, M. E.; MANGEAUD, A.; CARPINELLA, M. C.; FERRAYOLI, C. G.; VALLADARES, G. R.; PALACIOS, S. M. Laboratory evaluation of *Artemisia annua* L. extract and artemisinin activity against *Epilachna paenulata* and *Spodoptera eridania*. **Journal of Chemical Ecology**, v. 31, p.1527-1536, 2005.

MANSSON, P. E.; ERIKSSON, C.; SJODIN, K. Antifeedants against *Hylobius abietis* Pine Weevils: an active compound in extract from bark of *Tilia cordata* Linden. **Journal of Chemical Ecology**, v. 31, p. 989-1001, 2005.

MEDEIROS, C. A. M.; JUNIOR, A. L. B.; TORRES, A. L Efeito de extratos aquosos de plantas na oviposicao da trada das cruciferas, em couve. **Bragantia**, v. 64, nº 2, p. 227–232, 2005.

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.

MURPHY, S. M.; FEENY, P. Chemical facilitation of a naturally occurring host shift by *Papilio machaon* butterflies (Papilionidae). **Ecological Monographs**, v. 76l, p.399–414, 2006.

NAKAYAMA, T.; HONDA, K.; ÔMURA, H.; HAYASHI, N. Oviposition stimulants for the tropical Swallotail butterfly, *Papilio polytes*, feeding on a rutaceous plant, *Toddalia asiatica.* **Journal Chemical Ecology**, v. 29, p. 1621–1634, 2003.

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

PATIL, S.; SINGH, R.; KALIDHAR, S. B. Effect of methanolic extract and its fractions of karanj (*Pongamia pinnata*) seeds on oviposition and egg hatching of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae). **Entomologia Generalis**, v. 27, nº1, p. 025–033, 2003.

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.

PIZARRO, A. P. B.; FILHO, A. M. O.; PARENTE, J. P.; MELO, M. T. V.; SANTOS, C. E.; LIMA, P. R. O aproveitamento do resíduo da indústria do sisal no controle de larvas de mosquitos. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 32, nº 1, p. 23-29, 1999.

PROCÓPIO, T. F.; FERNANDES, K. M.; PONTUAL, E. V.; XIMENES, R. M.; DE OLIVEIRA, A. R. C.; SOUZA, C. S.; MELO, A. M. M. A.; NAVARRO, D. M. A. F.; PAIVA, P. M. G.; MARTINS, G. F.; NAPOLEÃO, T. H. *Schinus terebinthifolius* Leaf Extract Causes Midgut Damage, Interfering with Survival and Development of *Aedes aegypti* Larvae. **PLOS ONE**, v. 10, nº 5, p. e0126612, 2015.

QIU, Y. T.; VAN LOON, J.; ROESSINGH, P. Chemoreception of oviposition deterring terpenoids in the diamondback moth *Plutella xylostella*. **Entomologia Experimentalis Et Applicata**, v. 87, p. 143-156, 1998.

RENWICK, J. A. A.; CHEW, F. S. Oviposition Behavior in Lepidoptera. **Annual Review of Entomology**, v. 39, nº 1, p. 377-400, 1994.

SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; ATHAYDE, M. L. SAPONINAS. In: SIMÕES, C. M.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 3 ed. Porto Alegre: Ed. UFGRS/Ed. UFSC, cap.27, p. 597-619, 2001.

SHAALAN, E. A.; CANYON, D.; YOUNES, M. W.; ABDEL-WAHAB, H.; MANSOUR, A. H. A review of botanical phytochemicals with mosquitocidal potential. **Environment international**, v. 31, nº 8, p. 1149-66, 2005.

SHIN-FOON, C.; YU-TONG, Q. Experiments on the application of botanical insecticides for the control of diamondback moth in South China. **Journal of Applied Entomology**, v. 116, p. 479-486, 1993.

SILVA, R.; FURLONG, M. J. Diamondback moth oviposition: effects of host plant and herbivory. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 143, p. 218–230, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 954 p., 2003.

TALUKDER, F. A.; HOWSE, P. E. Repellent, toxic and food protectant effects of Pithraj, *Aphanamixis polystachya* extracts against pulse beetle, *Callosobruchus chinensis* in storage. **Journal Chemical Ecology**, v. 20, p. 899-908, 1994.

ULRICHS, C.; MEWIS, I.; ADHIKARY, S.; BHATTACHARYYA. A.; GASWAMI, A. Antifeedant activity and toxicity of leaf extracts from *Porteresia coarcata* Takeoka and their effects on the physiology of *Spodoptera litura* F. **Journal of Pest Science**, v. 81, p. 79–84, 2008.

VISSER, J. H. Host odor perception in phytophagous insects. **Annual Review of Entomology**, v. 31, p. 121-144, 1986.

WINA, E.; MUETZEL, S.; BECKER, K. The Impact of Saponins or Saponin Containing Plant Materials on Ruminant Production - A Review. **Journal of Agricultural and Food Chemistry [online],** v. 53, nº21, p. 8093–8105, 2005.

YENCHO, G. C.; RENWICK, J. A. A.; STEFFENS, J. C.; TINGEY, W. M. Leaf surface extracts of *Solanum berthaultii* Hawkes deter Colorado potato beetle feeding. **Journal Chemical Ecology**, v. 20, p. 991-1007, 1994.

ZAFRA-POLO, M. C.; GONZÁLES, M. C.; ESTORNELL, E.; SAHPAZ, S.; CORTÉS, D. Acetogenins from Annonaceae, inhibitor of mitocondrial complex I. **Phytochemistry**, v. 42, p. 253-271, 1996.

ZHANG, M. X.; LING, B.; CHEN, S. Y.; LIANG, G. W.; PANG, X. F. Repellent and oviposition deterrent activities of the essential oil from *Mikania micrantha* and its compounds on *Plutella xylostella*. **Insect Science**, v. 11, p. 37–45, 2004.

CAPÍTULO II

Preferência alimentar de *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae) por folhas tratadas com extratos botânicos

(Formatado de acordo com as normas da ABNT)

Preferência alimentar de *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae) por folhas tratadas com extratos botânicos

Irys Fernanda Santana Couto[1], Rosilda Mara Mussury[1]

[1]Laboratório de Interação Inseto-Planta. Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais (FCBA). Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), 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: irys.ento@gmail.com

Resumo

O uso indiscriminado de inseticidas sintéticos resultou no desenvolvimento da resistência de *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae) a praticamente todas as classes de inseticidas, além de afetar o meio ambiente e organismos não-alvos. Um método alternativo possível de reduzir o uso de inseticidas sintéticos é através da aplicação de bioinseticidas botânicos em função dos milhares de compostos, oriundos do metabolismo secundário. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de extratos vegetais sobre a preferência alimentar *P. xylostella*, visando redução no potencial alimentar da espécie. Para tal, foram utilizados discos de couve tratados com extratos aquosos e etanólicos de *Schinus terebinthifolius* (pimenta-rosa), *Annona coriacea* (araticum), *Annona crassiflora* (marolo) e *Serjania marginata* (timbó) e oferecidos a lagartas de terceiro instar. As concentrações utilizadas para extrato aquoso foram de 5 e 10 g/mL, e para os extratos etanólicos foram de 1 e 5 mg/mL. A avaliação do índice de preferência alimentar em relação ao extrato aquoso, mostrou que os extratos de *A. coriacea* 5% e *S. marginata* 10% apresentaram efeito neutro e fagoestimulante, respectivamente. Em contrapartida, todos os tratamentos com extratos etanólicos apresentaram efeito fagodeterrente. Os resultados obtidos a partir dos testes de preferência alimentar realizados nesse estudo, evidenciaram que os extratos aquosos e etanólicos de *A. crassiflora* e *S. terebinthifolius* são os mais efetivos como antialimentar sobre lagartas de terceiro instar de *P. xylostella*.

Palavras-chave: Annonaceae, Fagodeterrencia, *Schinus terebinthifolius*, *Serjania marginata*.

Abstract

The indiscriminate use of synthetic insecticides caused an increase in the resistance of *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae) to almost all classes of insecticides, as

well as affected the environment and non-target organisms. A possible alternative to reduce the use of synthetic insecticides is by using botanical insecticides, given the thousands of existing compounds derived from secondary metabolism in plants. Thus, the objective of this work was to evaluate the effect of plant extracts on the food preference of *P. xylostella*, with the purpose of reducing the feeding potential of the species. For this, cabbage discs treated with aqueous and ethanolic extracts of *Schinus terebinthifolius* (aroeira), *Annona coriacea* (araticum), *Annona crassiflora* (marolo), and *Serjania marginata* (timbó) were given to third instar larvae. The concentrations used for the aqueous extracts were of 5 and 10 g/mL, and for the ethanolic extracts were of 1 and 5 mg/mL. The evaluation of the food preference index with aqueous extracts showed that the extracts of *A. coriacea* 5% and *S. marginata* 10% had neutral and phagostimulant effects, respectively. Conversely, all treatments with ethanolic extracts had a phagodeterrant effect. The food preference tests in this study showed that the aqueous and ethanolic extracts of *A. crassiflora* and *S. terebinthifolius* were the most effective as antifeedants on third instar larvae of *P. xylostella*.

Keywords: Annonaceae, *Schinus terebinthifolius*, *Serjania marginata*, phagodeterrance.

Introdução

Brassicaceae é uma das famílias botânicas mais importantes na economia mundial (VICKERS et al., 2004). No Brasil, têm importância em grande parte do território nacional, sendo cultivada tanto pela agricultura familiar quanto por grandes produtores de hortaliças (ARAGÃO et al., 2008). No entanto, perdas consideráveis na produção ocorrem devido ao ataque de pragas, das quais, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), conhecida popularmente como traça das crucíferas, destaca-se como a mais importante (LI et al., 2015). Devido à alta pressão de seleção impulsionada pelo uso indiscriminado de inseticidas, associado à elevada elasticidade genética inerente à espécie, *P. xylostella* tem desenvolvido resistência a praticamente todas as classes de inseticidas, dificultando o seu controle (KHALIQ et al., 2007; LI et al., 2015; MOHAN & GUJAR, 2003; SARFRAZ & KEDDIE, 2005).

O aumento de populações resistentes e os perigos ambientais, têm nos forçado a busca constante por novas formas de proteger as plantas. Uma maneira possível de reduzir o uso de inseticidas sintéticos é através da aplicação de inseticidas botânicos (DAYAN et al., 2009; LESTARI et al., 2015; PAVELA, 2004; PERES et al., 2017). Os

inseticidas botânicos tendem a ter atividade de amplo espectro, são relativamente específicos no seu modo de ação e fácil manuseio. Além disso, são seguros para animais superiores, para o ambiente e pode ser facilmente produzido por agricultores e pequenas industrias (TALUKDER & HOWSE, 1994). De acordo com Prakash & Rao (1997), estes inseticidas botânicos não contribuem para o desenvolvimento da resistência ou ressurgimento de pragas, nem causam efeitos negativos em organismos não alvo, como também, não afetam a qualidade do produto.

Um estudo realizado por Couto et al. (2016) avaliando os extratos aquosos e metanólicos das folhas de *Annona coriacea* e *Schinus terebintifolius* observaram que estas plantas afetaram negativamente a alimentação de *P. xylostella*, reduzindo o consumo foliar das lagartas de terceiro instar.

Existem várias famílias de plantas que têm potencial no controle de insetos, como por exemplo, Anacardiaceae (CAMAROTI et al., 2018), Annonaceae (RIBEIRO et al., 2018), Sapindaceae (CASTILLO et al., 2009), Meliaceae (SAPINDAL et al., 2017) e Rubiaceae (PERES et al., 2017). Dentre as substâncias úteis para o controle de insetos destacam-se como ação inseticida (AMOABENG et al., 2013), inibidoras de oviposição (TORRES et al., 2006), reguladoras de crescimento (KOUL, 2012), repelentes (KOUL et al., 2008), ou que apenas afastam os insetos das plantas como os repelentes e inibidores da alimentação (COUTO et al., 2016; KOUL, 2005; KOUL, 2008).

Em algumas situações (para a proteção da cultura) pode ser mais interessante o uso de substâncias que apenas desestimulem a ação dos herbívoros, pois a eliminação de alguns insetos pode causar desequilíbrio ecológico, além disso, tais substâncias limitam o potencial de desenvolvimento do inseto-praga. A grande vantagem é sua ação seletiva contra parasitas e predadores de pragas, bem como polinizadores. Substâncias vegetais anti-alimentares são encontrados em todos os grupos compostos de metabolitos secundários, no entanto, os inibidores de alimentação de insetos mais eficazes vêm de terpenoides, alcalóides, saponinas e polifenóis (KOUL, 2005).

Como o extrato de uma determinada planta pode conter milhares de compostos, oriundos do metabolismo secundário, neste estudo, testamos as seguintes hipóteses: (i) os extratos aquosos e etanólico de plantas nativas reduzem a alimentação de lagartas de *P. xylostella*; (ii) essas espécies botânicas apresentam potencial como planta inseticida. Dado os poucos estudos, o presente estudo analisou o efeito de extratos aquosos e etanólicos de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) (pimenta-rosa), *Annona*

coriacea Mart. (Annonaceae) (araticum), *Annona crassiflora* Mart. (Annonaceae) (marolo) e *Serjania marginata* Casar (Sapindaceae) (timbó) sobre a preferência alimentar de lagartas de *P. xylostella.*

Material e Métodos

Criação de *P. xylostella*

A criação foi conduzida em laboratório, a 25 ± 1 °C, 55 ± 5 % de UR e fotoperíodo de 12 h, a partir de lagartas e pupas coletadas em cultura de couve.

Os adultos foram mantidos em gaiola de plástico sendo alimentados com solução de mel a 10 mg/mL, fornecida em algodão. Para obtenção das posturas foram colocados no interior da gaiola um disco de couve (9 cm de diâmetro) sobre papel filtro umedecido.

Após a oviposição, as folhas com as posturas foram colocadas em vasilhas de plástico medindo 30 x 15 x 12 cm, esterilizada para servir como substrato para o empupamento. As lagartas foram alimentadas com folhas de couve orgânica, inicialmente higienizadas com solução de hipoclorito de sódio a 5% e posteriormente lavadas em água corrente para serem depositadas nos recipientes de manutenção.

Folhas inteiras de couve sadias foram dispostas com a face adaxial para o recipiente plástico e a face abaxial livre onde foram colocadas as lagartas e, em seguida, colocada outra folha de couve com a face abaxial voltada para o contato com as lagartas. As folhas de couve foram trocadas diariamente ou logo que apresentassem murchas, mantendo-se sempre as folhas superiores. Esse processo foi repetido diariamente até a formação das pupas (BARROS et al., 2012).

Material botânico

Folhas sadias, totalmente expandidas, de *S. terebinthifolius, S. marginata, A. coriacea* e *A. crassiflora*, foram coletadas no horto de plantas medicinais da Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD e nas fazendas Coqueiro (mata) e Santa Madalena (Cerrado) no município de Dourados- MS (22°14' S, longitude de 54° 9' W e 452m de altitude), no período das 7 às 9 horas, entre os meses de março a maio de 2012.

As espécies foram identificadas com base na comparação com exsicatas depositadas no herbário da UFGD (DDMS). O material botânico foi depositado no Herbário da Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais da UFGD sob o número

Annona coriacea: DDMS 5419, *Annona crassiflora:* DDMS 5499, *Schinus terebinthifolius*: DDMS 5688 e S*erjania marginata*: DDMS 5561.

Preparo dos extratos aquosos e etanólicos

As folhas foram secas em estufa de circulação forçada de ar durante três dias na temperatura máxima de 40 ºC (±1 ºC). Após esse período as folhas secas foram trituradas até a obtenção de um pó fino.

A técnica utilizada para preparação do extrato aquoso (EA) foi a maceração, dessa forma, foi dissolvido 10g e 5g de matéria vegetal (pó das folhas) em 1 L de água destilada, no qual, após agitação manual, ficaram em repouso por 24 horas em local refrigerado a fim de se extrair os compostos hidrossolúveis. Após esse período, fez-se uma coagem com o auxílio de um tecido voil para a obtenção de soluções de EA nas concentrações de 10 % e 5 %.

Para o preparo do extrato etanólico (EE), amostras de 100 g do pó foi colocada em um becker, junto com 1000 mL de solvente (etanol). As filtragens foram realizadas a cada 2 dias, por 15 dias. O extrato filtrado foi concentrado em rotaevaporador a 60 °C, à pressão reduzida. O produto obtido nesse processo, foi dissolvido em água destilada nas concentrações de 1 mg/mL e 5 mg/mL para posterior realização dos testes.

Teste com extratos aquosos e etanólicos em *P. xylostela*

Os testes de livre escolha ocorreram em ambiente a 25 ± 1 °C, 55 ± 5 % de UR e fotoperíodo de 12 h. Os discos de couve (4 cm de diâmetro) foram colocados em placa de Petri distribuídos em forma cruzada e equidistantes, sendo que um deles foi imerso em extrato e o outro imerso em água destilada. Em cada placa foram colocadas 3 lagartas de terceiro ínstar de *P. xylostella* (Figura 1), sendo que, o ínstar foi identificado pela largura da capsula cefálica das lagartas (0,33 mm – 0,44 mm).

Após 24 horas, o inseto foi retirado e a área foliar foi escaneada e as imagens medidas com o auxílio do programa ImageJ (SHNEIDER et al., 2012). O consumo foliar foi obtido pela diferença entre a área inicial da folha e a área que restou após a alimentação das lagartas.

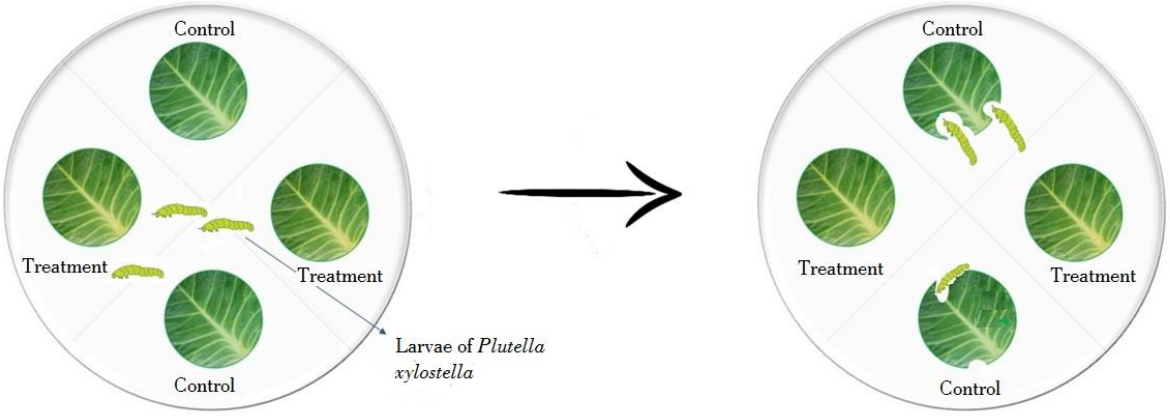

Figura 1. Representação esquemática do teste de preferência alimentar de lagartas *Plutella xylostella*

Análise estatística dos dados

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial, sendo para o extrato aquoso (4 plantas x 2 concentrações) e o extrato etanólico (4 plantas x 2 concentrações), ambos com 5 repetições, sendo cada repetição constituída por 10 subamostras. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Cálculo do índice de preferência alimentar (IP)

O efeito produzido pelo extrato vegetal foi avaliado utilizando o índice de preferência alimentar (KOGAN & GOEDEN, 1970), sendo classificado como fagoestimulante se o índice for maior do que 1, neutro se igual a 1 e fagodeterrente se menor do que 1, através da fórmula: IP = 2A/(M+A), onde: A = área consumida dos discos tratados; M = áreas consumidas dos discos não tratados.

Resultados

Para o extrato aquoso observa-se que houve interação entre os tratamentos, extratos vegetais e concentração ($F=11,80$; $P<0,01$).

Não foi observada diferença entre os tratamentos de extratos aquosos na concentração de 5 g/mL, todavia, na concentração de 10 g/mL, o tratamento com *S. marginata* apresentou um maior índice de preferência alimentar, estimulando consequentemente a alimentação das lagartas, em contrapartida, os demais extratos atuaram reduzindo o consumo foliar. Embora o IP de *S. marginata* (10%) tenha apresentado um valor maior que os demais, observou-se, in vivo, que as lagartas apresentaram uma redução da mobilidade (Tabela I).

O menor índice de preferência alimentar observado foi no tratamento *A. crassiflora* 10% (IP = 0,59), seguido por *S. terebinthifolius* 10% (IP = 0,61). Observou-se que *S. marginata* apresentou o maior índice de preferência (IP = 1,33). O menor consumo foliar dentre todos os tratamentos foi observado em *S. terebinthifolius* 10% para o extrato aquoso (Tabela I).

Os tratamentos como *A. crassiflora* e *S. terebinthifolius* se apresentaram como fagodeterrentes em todos os tratamentos enquanto que *A. coriacea* foi fagodeterrente na concentração de 10% (Tabela I).

Em relação aos extratos etanólicos, não foi observada interação entre os fatores (planta e concentração) (F=0,1729; P>0,05), sendo, somente para o fator concentração, observada significância (F=21.87; P<0,01). O valor médio do índice de preferência para concentração de 1 mg/mL foi de 0,84 e para concentração de 5 mg/mL foi de 0,61.

Tabela 1. Média das áreas foliares consumidas por cada tratamento de extrato aquoso e seu respectivo índice de preferência.

Tratamentos	Área foliar consumida (cm^2)		Índice de Preferência	Classificação
	Água	Extrato		
S. terebinthifolius 5%	0.29 A	0.24 A	0.89 aA	Fagodeterrente
S. terebinthifolius 10%	0.11 A	0.05 B	0.61 bB	Fagodeterrente
S. marginata 5%	0.31 A	0.27 A	0.94 aB	Fagodeterrente
S. marginata 10%	0.05 A	0.09 A	1.33 aA	Fagoestimulante
A. coriacea 5%	0.09 A	0.09 A	1.00 aA	Neutro
A. coriacea 10%	0.16 A	0.10 A	0.73 bB	Fagodeterrente
A. crassiflora 5 %	0.15 A	0.11 A	0.85 aA	Fagodeterrente
A. crassiflora 10%	0.17 A	0.08 B	0.59 bB	Fagodeterrente
CV(%)	17.53			

Para área foliar consumida, médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste-t a 5% de probabilidade.

Para o índice de preferência, médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna comparam as diferentes espécies botânicas e as letras maiúsculas comparam as concentrações das mesmas espécies botânicas, no qual, letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Notou-se que todos os tratamentos, de extratos etanólicos, apresentaram efeito fagodeterrente, sendo que o índice de preferência diminuiu com o aumento da concentração (Tabela II). O extrato etanólico de *S. terebinthfolius* apresentou, em ambas concentrações (1% e 5%), os menores índices de preferência, 0,73 e 0,55, respectivamente (Tabela II).

A concentração de 5% reduziu o consumo foliar em todos os extratos, principalmente nas plantas pertencentes ao gênero *Annona* (Tabela II).

Tabela 2. Média da área foliar consumida por tratamento de extrato etanólico e seu respectivo índice de preferência.

Tratamentos	Área foliar consumida (cm²)		Índice de preferência	Classificação
	Água	Extrato		
S. terebinthifolius 1 mg/mL	0.43 A	0.24 A	0.74	Fagodeterrente
S. terebinthifolius 5 mg/mL	0.39 A	0.15 B	0.55	Fagodeterrente
S. marginata 1 mg/mL	0.32 A	0.25 A	0.88	Fagodeterrente
S. marginata 5 mg/mL	0.21 A	0.09 B	0.60	Fagodeterrente
A. coriacea 1 mg/mL	0.43 A	0.31 A	0.89	Fagodeterrente
A. coriacea 5 mg/mL	0.20 A	0.08 A	0.67	Fagodeterrente
A. crassiflora 1 mg/mL	0.15 A	0.11 A	0.86	Fagodeterrente
A. crassiflora 5 mg/mL	0.16 A	0.07 A	0.59	Fagodeterrente

Médias seguidas da mesma letra não diferiram significativamente pelo teste-t a 5% probabilidade.

Discussão

Os compostos de plantas podem atuar de várias maneiras, especialmente quando existe um complexo de moléculas ativas capazes de afetar os insetos. Estudos mostram que os compostos orgânicos das plantas com atividade inseticida podem atuar como inibidores de alimentação em insetos, podem afetar o crescimento, desenvolvimento, reprodução e diapausa (FREITAS et al., 2014; MENEZES, 2005). Neste estudo, as substâncias ativas atuaram como anti-alimentar, ou seja, inibindo atividade alimentar das lagartas. Segundo Nawrot & Harmatha (2012), metabolitos secundários de plantas que exibem um alto nível de atividade anti-alimentar desempenham um papel mais importante na seleção de insetos do que aqueles que atuam como atrativos ou estimulantes.

Os resultados obtidos a partir dos testes de preferência alimentar realizados nesse estudo, evidenciaram que os extratos aquosos e etanólicos de *A. crassiflora* e *S. terebinthifolius* são mais efetivos como antialimentar sobre lagartas de terceiro instar de

P. xylostella. Por outro lado, apenas o extrato aquoso de *S. marginata* (10%) atuou como estimulante alimentar das lagartas.

As espécies e as propriedades biológicas de plantas do gênero *Serjania* são pouco estudadas. Ainda assim, a literatura científica descreve espécies de *Serjania* com diferentes propriedades biológicas, como gastroprotetora, antifúngica, analgésica, anti-inflamatória, antioxidante, anticancerígena, antiprotozoária, entre outras. Por sua vez, os estudos fitoquímicos feitos com plantas do gênero *Serjania* revelam a presença de uma gama de compostos, entre os quais encontram-se saponinas, flavonoides, terpenos, esteroides, taninos, alcaloides e ácidos graxos (HEREDIA-VIEIRA et al., 2015).

Extratos de *Sapindus saponaria* L. atuaram tanto como fagodeterrentes quanto fagoestimulantes sobre *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae) (ALONSO-AMELOT et al., 1994), segundo os autores, isso se deu pela diferença dos solventes utilizados nos experimentos, sendo que, resultou na extração de substancias que podem estimular (extrato hexanico) ou inibir a alimentação (extrato clorofórmico).

No presente estudo, o efeito fagoestimulante em *S. marginata* foi observado quando aumentou-se sua concentração, supõe- se que, com o aumento da concentração houve um aumento em substâncias estimulantes, o que pode ter provocado um aumento no consumo alimentar de folhas tratadas com o extrato em questão. Em estudo preliminar realizado a partir deste, observamos o efeito de extratos aquosos de *S. marginata* sobre o ciclo de vida *de P. xylostella*, apresentando alta mortalidade larval e pupal. Simpson & Simpson (1990), afirmam que o consumo elevado de determinados extratos nem sempre representa vantagens aos insetos pois o aumento da ingestão de aleloquímicos, pode resultar em efeitos danosos ao desenvolvimento dos mesmos. Assim, podemos supor que o estímulo alimentar causado por *S. marginata* sobre lagartas de *P. xylostella*, poderá acarretar na diminuição das populações dessa praga, uma vez que pode resultar em altos índices de mortalidade tanto larval e pupal.

As *Annonas* estudadas são constituídas quimicamente por metabólitos secundários denominados acetogeninas (KRINSKI et al., 2014). A bioatividade das acetogeninas, pode variar significativamente dependendo da espécie, bem como do solvente usado na extração (CHIRINOS et al., 2007; SHAALAN et al., 2005). Extratos de *Annona crassiflora, A. dioica, A. mucosa, A. coriacea* e *Cardiopetalum calophyllum* Schletdl. foram testados sobre as larvas *de Aedes aegypti* por Costa et al. (2013). Os autores afirmam que os extratos metanólicos e hexânicos dos frutos de *A. coriacea*, na

concentração de 1 mg/mL, apresentaram 100% de mortalidade larval, sendo considerados extratos promissores no desenvolvimento de futuros biocidas para o controle do vetor da dengue. Em relação a ordem Lepidoptera, extratos de *A. coriacea* inseridos na dieta de *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae), provocaram mortalidade de 50% das lagartas, além de atuar como antialimentar (COELHO et al., 2007). As acetogeninas quando utilizadas contra insetos, atuam nas mitocôndrias, inibindo a NADH, o que causa a morte destes organismos (ZAFRA-POLO et al., 1996).

FREITAS et al. (2014) também testaram extratos de plantas pertencentes ao gênero *Annona* sobre a biologia de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith,. 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), no qual, extratos de *A. coriacea* e *A. dioica* afetaram as lagartas e adultos *S. frugiperda* e sua fase reprodutiva. Ainda nesse mesmo trabalho, a partir de análise fitoquímica, foi observado que *A. dioica* e *A. coriacea* apresentaram maior conteúdo de flavonoides e fenóis respectivamente. Nos insetos, os flavonóides interferem na ecdise, reprodução, alimentação e comportamento (MUSAYIMANA et al., 2001; REYES-CHILPA et al., 1995; SIMMONDS, 2001) e atuam como antialimentares (MORIMOTO et al., 2000).

Nota-se que os extratos aquosos e extratos etanólicos de *S. terebinthifolius* exibiram efeito fagodeterrente sobre *P. xylostella*, reduzindo o consumo foliar, sendo que tal resultado pode ser explicado pela presença de metabólitos secundários, dentre eles, taninos e flavonóides (isolados em folhas de *S. terebinthifolius*) (JOHANN et al., 2010).

Os taninos são redutores digestivos que inativam enzimas digestivas criando um complexo de taninos- proteínas de difícil digestão, afetando, assim, o crescimento e a sobrevivência de insetos (MELLO & SILVA-FILHO, 2002). Frações tânicas foram submetidas a ensaio biológico com *S. frugiperda*, sendo que, o tratamento com *S. terebinthifolius* acarretou na redução de fezes excretadas em relação ao controle, contudo, não houve diminuição no consumo alimentar e nem no peso das lagartas (TIRELLE et al., 2010). Segundo os autores, tal resultado ocorreu pelo fato de essas frações terem prejudicado a digestibilidade do alimento por *S. frugiperda*. Assim, apesar das lagartas terem se alimentado normalmente, o alimento deve ter permanecido por um tempo maior no seu intestino para uma maior assimilação de nutrientes. Além disso, houve uma redução na percentagem de sobrevivência durante a fase pupal, o que pode ser em função da menor excreção de fezes observada para esses insetos durante a fase

larval. Andrade-Filho et al. (2010) verificaram que extratos aquosos das folhas de *Anacardium humile* St. Hill (Anacardiaceae) causam mortalidade e prolongamento do ciclo de vida de *Bemisia tuberculata* (Bondar, 1923) (Hemiptera: Aleyrodidae). Os autores justificam o efeito do extrato sobre a praga devido a presença de taninos, açúcares redutores e saponinas.

Com base na metodologia adotada e nos resultados obtidos, os extratos etanólicos e aquosos das folhas de *S. terebinthifolius* e *A. crassiflora* atuaram inibindo a alimentação das lagartas de *P. xylostella.* A identificação de espécies de plantas com potencial bioinsecticida irão auxiliar em estudos futuros abordando o isolamento de moléculas ativas com o objetivo de introduzir produtos botânicos como alternativa para o mercado comercial, entretanto, enquanto tal avanço não ocorre, o uso de plantas ressurge como mais um método de controle em pequenas propriedades, sendo considerado de fácil manejo e de baixo risco.

Conclusão

Os extratos etanólicos e aquosos das folhas de *A. coriaceae*, *S. terebinthifolius* e *A. crassiflora* atuaram reduzindo a alimentação de lagartas de *P. xylostella;* o efeito fagoestimulante verificado em *S. marginata* pode ser indutor de alterações no ciclo de vida do inseto levando-o a redução populacional; as espécies botânicas estudadas apresentam potencial como redutores de danos causados por *P. xylostella,* mas recomenda-se estudo dessas espécies botânicas sobre o ciclo de vida de *P. xylostella*

Referencias

ALONSO-AMELOT, M. E.; AVILA, J. L.; OTERO, L. D.; MORA, F.; WOLFF, B. A new bioassay for testing plant extracts and pure compounds using red flour beetle *Tribolium castaneum* Herbst. **Journal of Chemical Ecology**, v. 20, p. 1161–1177, 1994.

AMOABENG, B. W.; GURRB, G. M.; GITAU, C. W.; STEVENSON, P. C. Cost: benefit analysis of botanical insecticide use in cabbage: Implications for smallholder farmers in developing countries. **Crop Protection**, v. 57, p. 71-76, 2014.

ANDRADE FILHO, N. N.; ROEL, A. R.; PORTO, K. R. A.; SOUZA, R. O.; COELHO, R. M.; PORTELA, A. Toxicidade do extrato aquoso das folhas de *Anacardium humile* para *Bemisia tuberculata*. **Ciência Rural**, v. 40 nº 8, p. 1689-1694, 2010.

ARAGÃO, F. A. S.; FEITOSA, F. A. A.; MORAES, C. A. P.; CORREA, M. C. M. Sistema de produção de repolho utilizando TNT como mulching e manta. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 40-46, 2008.

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.

CAMAROTI, J. R. S. L.; 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.

CASTILLO, L.; GONZÁLEZ-COLOMA, A.; GONZÁLEZ, A.; DÍAZ, M.; SANTOS, E.; ALONSO-PAZ, E.; BASSAGODA, M. J.; ROSSINI, C. Screening of Uruguayan plants for deterrent activity against insects. **Industrial Crops and Products**, v. 29, p. 235, 2009.

CHIRINOS, R.; ROGEZ, H.; CAMPOS, D.; PEDRESCHI, R.; LARONDELLE, Y. Optimization of extraction conditions of antioxidant phenolic compounds from mashua (Tropaeolum tuberosum Ruíz and Pavón) tubers. **Separation and Purification Technology**, v. 55, nº 2, p. 217-225, 2007.

COELHO, M. B.; MARANGONI, S.; MACEDO, M. L. Insecticidal action of *Annona coriacea* lectin against the flour moth *Anagasta kuehniella* and the rice moth *Corcyra cephalonica* (Lepidoptera: Pyralidae). **Comparative Biochemistry and Physiology - Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 146, nº 3, p. 406-14, 2007.

COSTA, M. S.; PEREIRA, M. J. B.; OLIVEIRA, S. S.; SOUZA, P. T.; DALL' OGLIO, E. L.; ALVES, T. C. Anonáceas provocam mortalidade em larvas de *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) (Diptera:Culicidae). **Revista Brasileira de Biociências**, v. 11, nº 2, p. 184-190, 2013.

COUTO, I. F. S.; FUCHS, M. L.; PEREIRA, F. F.; MAUAD, M.; SCALON, S. P. Q.; DRESCH, D. M.; MUSSURY, R. M. Feeding preference of *Plutella xylostella* for leaves treated with plant extracts. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 88, nº3, p. 1781-1789, 2016.

DAYAN, F. E.; CANTRELL, C.; DUKE, S. Natural product in crop protection. **Bioorganic & medicinal chemistry**, v. 17, p. 4022-34, 2009.

FREITAS, A. F.; PEREIRA, F. F.; FORMAGIO, A. S. N.; LUCCHETTA, J. T.; VIEIRA, M. C.; MUSSURY, R. M. Effects of methanolic extracts of *Annona* species on the development and reproduction of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Neotropical Entomology**, v. 43, p. 446-452, 2014.

HEREDIA-VIEIRA, S. C.; SIMONET, A. M.; VILEGAS, W.; MACÍAS, F. A. Unusual C,O-Fused Glycosylapigenins from *Serjania marginata* Leaves. **Journal of Natural Products**, v. 78 nº 1,p. 77-84, 2015.

JOHANN, S.; SÁ, N. P.; LIMA, L. A. R. S.; CISALPINO, P. S.; COTA, B. B.; ALVES, T. M.; SIQUEIRA, E. P.; ZANI, C. L. Antifungal activity of schinol and a new biphenyl compound isolated from *Schinus terebinthifolius* against the pathogenic fungus *Paracoccidioides brasiliensis*. **Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials**, v. 12, p. 9-30, 2010.

KHALIQ, A.; ATTIQUE, M. N. R.; SAYYED, A. H. Evidence for resistance to pyrethroids and organophosphates in *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) from Pakistan. **Bulletin of Entomological Research**, *v. 97*, p. 191-200, 2007.

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

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.

KOUL, O. Plant Biodiversity as a Resource for Natural Products for Insect Pest Management In: **Biodiversity and Insect Pests: Key Issues for Sustainable Management** (eds Gurr GM, Wratten SD, Snyder WE, Read DMY), John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK, 2012.

KOUL, O. Phytochemicals and insect control: na antifeedant approach. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 27, p. 1-24, 2008.

KOUL, O. **Insect Antifeedants**. GRG Press, Boca Raton, Florida, 1024 p., 2005.

LESTARI, M. S.; HIMAWAN, T.; LATIF ABADI, A.; RETNOWATI, R. Bioactivity crude extracts of *Piper methysticum* forst. F (piperaceae) against *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae). **Journal of Chemical and Pharmaceutical Research**, v. 7, nº 5, p. 568-577, 2015.

LI, Z.; ZALUCKI, M. P.; YONOW, T.; KRITICOS, D.; BAO, H.; CHEN, H.; HU, Z.; FENG, X.; FURLONG, M. 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. *1*, p. 1-18, 2015.

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.

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

MOHAN, M.; GUJAR, G. T. Local variation in susceptibility of the diamondback moth *Plutella xylostella* (Linnaeus) to insecticides and role of detoxification enzymes. **Crop Protection**, v. 22, p. 495-504, 2003.

MORIMOTO, M.; KUMEDA, S.; KOMAI, K. Insect antifeedant flavonoids from *Gnaphalium affine*. **Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, p. 1888-1891, 2000.

MUSAYIMANA, T.; SAXENA, R. C.; KAIRU, E. W.; OGOL, C. P. K. O.; KHAN, Z. R. Effects of neem seed derivatives on behavioral and physiological responses of the *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 94, p. 449-454, 2001.

NAWROT, J.; HARMATHA, J. Phytochemical feeding deterrents for stored product insect pests. **Phytochemical Review**, v. 11, p. 543-566, 2012.

PAVELA, R. Insecticidal activity of certain medicinal plants. **Fitoterapia**, v. 75, p. 745-749, 2004.

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, nº 4, p. E125, 2017.

PRAKASH, A.; RAO, J. **Botanical pesticides in agriculture**. CRC Press Inc. 461 p., 1997.

REYES-CHILPA, R.; VIVEROS-RODRIGUEZ, N.; GOMEZ-GARIBAY, F.; ALAVEZ-SOLANO, D. Antitermitic activity of *Lonchocarpus castilloi* flavonoids and heartwood extracts. **Journal of Chemical Ecology**, v. 21, p. 455-463, 1995.

RIBEIRO, L.; ZANARDI, O.; GONÇALVES, G. L.; ANSANTE, T.; YAMAMOTO, P.; VENDRAMIM, J. D. Toxicity of an Annonin-Based Commercial Bioinsecticide Against Three Primary Pest Species of Stored Products. **Neotropical entomology**, v. 47, p. 145, 2017.

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

SARFRAZ, M.; KEDDIE, B. A. Conserving the efficacy of insecticides against *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **Journal of Applied Entomology**, p. 149-157, 2005.

SHAALAN, E. A.; CANYON, D.; YOUNES, M. W.; ABDEL-WAHAB, H.; MANSOUR, A. H. A review of botanical phytochemicals with mosquitocidal potential. **Environment international**, v. 31, nº 8, p. 1149-66, 2005.

SIMMONDS, M. S. J. Importance of flavonoids in insect–plant interactions: feeding and oviposition. **Phytochemistry**, v. 56, p. 245-252, 2001.

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

TALUKDER, F. A.; HOWSE, P. E. Laboratory evaluation of toxic repellent properties of the pithraj tree, *Aphanamixis polystachya* Wall & Parker, against *Sitophilus oryzae* (L.). **International Journal of Pest Management**, *v. 40*, p. 274-279, 1994.

TIRELLI, A. A.; ALVES, D. S.; CARVALHO, G. A.; SAMIA, R. R.; BRUM, S. S.; GUERREIRO, M. C. Efeito de frações tânicas sobre parâmetros biológicos e

nutricionais de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, nº 6, p. 1417-1424, 2010.

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

VICKERS, R. A.; FURLONG, M. J.; WHITE, A.; PELL, J. K. Initiation of fungal epizootics in diamondback moth populations within a large field cage: proof of concept of autodissemination. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 111, p. 7-17, 2004.

ZAFRA-POLO, M. C.; GONZÁLES, M. C.; ESTORNELL, E.; SAHPAZ, S.; CORTÉS, D. Acetogenins from Annonaceae, inhibitor of mitocondrial complex I. **Phytochemistry**, v. 42, p. 253-271, 1996.

CAPÍTULO III

Bioatividade de extratos aquosos de plantas inseticidas do cerrado sobre traça-das-crucíferas

(De acordo com as normas da ABNT)

Bioatividade de extratos aquosos de plantas inseticidas do cerrado sobre traça-das-crucíferas

Irys Fernanda Santana Couto[1], Rosilda Mara Mussury Franco Silva[1]

[1]Universidade 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: irys.ento@gmail.com

Resumo

Plutella xylostella (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae) é considerada a principal praga das brássicas em todas as regiões do mundo. Seus danos podem atingir até 100% de perdas na produção. Por apresentar resistência a um grande número de inseticidas sintéticos, estudos estão sendo realizados buscando outras alternativas de controle, dentre elas o uso plantas inseticidas. Assim, objetivou-se avaliar a bioatividade dos extratos aquosos de *Annona coriacea*, *Annona crassiflora*, *Serjania marginata* e *Schinus terebinthifolius* sobre o ciclo de vida de *P. xylostella*. Para isso, discos de couve foram mergulhados nos diferentes tratamentos na concentração de 10 g/L e disponibilizados diariamente para as lagartas. Foram avaliados os parâmetros de duração e sobrevivência larval e pupal, peso de pupas, longevidade de machos e fêmeas, número e sobrevivência de ovos, período de incubação e dias de oviposição. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado e as médias foram avaliadas pelo teste de Tukey. De acordo com os resultados foi possível observar que, nos tratamentos com extratos, houve um prolongamento do ciclo de vida do inseto, que resultou na redução da biomassa pupal, do período de oviposição e da sobrevivência dos ovos. Quanto a sobrevivência larval, o extrato de *S. marginata* provocou a mortalidade de aproximadamente 38% das lagartas. Já em relação a sobrevivência pupal, o tratamento de *A. crassiflora* apresentou mortalidade de aproximadamente 35% dos indivíduos. Dessa forma, os extratos utilizados atuam sobre o ciclo de vida de *P. xylostella*, afetando negativamente seus os parâmetros biológicos avaliados.

Palavras-chave: *Annona coriacea*, *Annona crassiflora*, plantas inseticidas, *Plutella xylostella*, *Serjania marginata*, *Schinus terebinthifolius*.

Abstract

Plutella xylostella (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae) is considered the main plague of brassicas in all regions of the world. You can achieve 100% production losses. Why resistance to a large number of insecticides, drugs, and others. Thus, a bioactivity of the aqueous extracts of *Annona coriacea*, *Annona crassiflora*, *Serjania marginata* and *Schinus terebinthifolius* on the life cycle of *P. xylostella* was objectified. For this, discotheques were included in the different modalities in the concentration of 10 g/L and made available daily to the caterpillars. The parameters of survival and pupa, pupal weight, male and female longevity, number and probability of eggs, incubation period and oviposition days were evaluated. The experiment was conducted in a completely randomized design and as the samples were evaluated by the Tukey test. According to the results obtained, the treatments were carried out, there was an extension of the life cycle of the insect, which resulted in the reduction of the pupa, in the period of oviposition and survival of the eggs. As a larval survival, the *S. marginata* extract caused a mortality of approximately 38% of the caterpillars. In relation to a pupa, the treatment of *A. crassiflora* has 35% of the individuals. In this way, the extracts have been acting on the life cycle of *P. xylostella*, negatively affecting its biological parameters evaluated.

Keywords: *Annona coriacea*, *Annona crassiflora*, inseticidal plants, *Plutella xylostella*, *Serjania marginata*, *Schinus terebinthifolius*.

Introdução

Plutella xylostella (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), conhecida popularmente como traça-das-crucíferas, é considerada a principal praga do cultivo das brassicáceas (FURLONG et al., 2013). A sua ampla distribuição se dá pela abundância e diversidade de plantas hospedeiras, pela ausência e distribuição de inimigos naturais, pelo seu alto potencial reprodutivo e por apresentar resistência a um grande número de inseticidas sintéticos (HUI et al., 2010; SAYYED et al., 2004; SHELTON & NAULT, 2004). Seu nível de infestação varia de acordo com tipo de planta, localização e o nível de inimigos naturais, assim, se as medidas de controle não forem realizadas, esse inseto pode causar a perda de até 100% da colheita (POONSRI et al., 2015; SHELTON et al., 1993).

Os inseticidas sintéticos tem sido o principal método de controle dessa praga, contudo, seu uso frequente tornou-se menos eficaz devido a ampla capacidade de *P. xylostella* desenvolver resistência a uma grande variedade de inseticidas, incluindo

organoclorados, organofosforados, carbamatos, piretróides, reguladores de crescimento de insetos, abamectinas, pirazol, oxadiazinas, neonicotinóides, espinosade, indoxacarbe e *Bacillus thuringiensis* (ABDEL-RAZEK et al., 2006; CHARLESTON et al., 2006; MOHAM & GUJAR, 2003; POONSRI et al., 2015; QIAN et al., 2008; SHELTON et al., 2008; ZHAO et al., 2006). O uso indiscriminado de inseticidas sintéticos resulta em sérios danos ao meio ambiente e aos organismos não alvo, além de causar a contaminação da água, solo e alimentos, por meio dos resíduos tóxicos (AKOTO et al., 2016; LU et al., 2015; NETO BANDEIRA et al., 2013; POONSRI et al., 2015). Tais desvantagens enfatizam a necessidade de alternativas menos prejudiciais para o controle dessa praga, sendo que uma dessas alternativas é a utilização de produtos oriundos de plantas. Esses produtos levam vantagens sobre os inseticidas sintéticos pois não poluem, não apresentam efeitos residuais, não exigem muita precaução no manuseio, não afetam organismos não alvo e não são tóxicos aos seres humanos.

As plantas da família Annonaceae estão ganhando destaque como biopesticidas por serem naturalmente bioativas. Uma formulação comercial de bioinseticida (Agrilife SOM Phytopharma Ltda., Hyderabad, Estado de Andhra Pradesh, Índia), baseada em extratos de sementes de *Annona squamosa* L. (Annonaceae), foi recentemente desenvolvido e registrado na Índia para o controle de insetos-pragas de produtos armazenados. Acetogenina-annonina é o principal composto bioativo desta formulação. Ribeiro et al. (2017) testando essa formulação comercial em pragas primárias de grãos armazenados [*Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae), *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) e *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae)] confirmaram a eficiência da formulação observando uma redução no número de danos ocasionados pelas pragas em questão, além da redução na população desses insetos.

Schinus terebinthifolius (Anacardiaceae) e *Serjania marginata* (Sapindaceae), diferente de Anonnaceae, não possuem muitos estudos sobre suas propriedades inseticidas, contudo, estudos fitoquímicos detectaram a presença de uma ampla gama de metabólitos secundários que podem estar envolvidos na defesa das plantas contra a herbivoria (RODRÍGUEZ & PINTO, 2014; SALVI JUNIOR, 2009; TIRELLI et al., 2010).

Com base nessas considerações e tendo em vista os prejuízos da traça-das-crucíferas para a agricultura, além dos elevados custos de produtos químicos

decorrentes de uso inadequado, este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de extratos aquosos de plantas nativas do cerrado sobre o ciclo biológico de *P. xylostella*.

Material e Métodos

Criação de *Plutella xylostella*

A criação e multiplicação de *P. xylostella* foi realizada no Laboratório de Interação Inseto-Planta (LIIP) da Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais (FCBA), sob condições constantes de temperatura (25 ± 2°C), umidade relativa (55 ± 5%) e fotoperíodo (12h), a partir de lagartas e pupas coletadas em áreas de plantio de couve.

As pupas foram colocadas em gaiola plástica transparente até a emergência dos adultos. Os adultos foram alimentados com solução de mel a 10%, e como substrato de oviposição foram utilizados discos de couve, medindo 8 cm de diâmetro sobre papel de filtro umedecido. Esse conjunto foi trocado diariamente.

Após a oviposição, as folhas com as posturas foram colocadas em vasilhas esterilizadas de plástico medindo 30 cm de comprimento x 15 cm de largura x 12 cm de altura, e, após a eclosão, as lagartas permaneceram nesse recipiente até atingirem o estágio de pupa. As lagartas foram alimentadas com folhas de couve orgânica (*B. oleracea* var. *acephala*), inicialmente higienizadas com solução de hipoclorito de sódio a 5% e posteriormente lavadas em água corrente (Figura 1).

As folhas de couve sadias foram dispostas com a face adaxial para o recipiente plástico e a face abaxial livre onde foram colocadas as lagartas e, em seguida, colocada outra folha de couve com a face abaxial voltada para as lagartas. Este procedimento foi realizado diariamente ou logo que apresentassem murchas, mantendo-se sempre as folhas superiores, sendo repetido até a formação das pupas (BARROS et al., 2012).

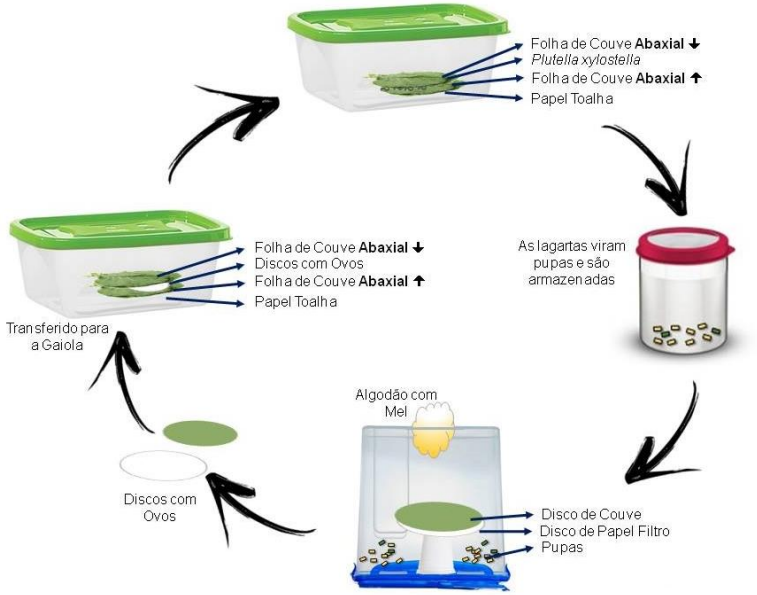

Figura 1. Representação esquemática da metodologia utilizada na criação de *P. xyostella* (MATIAS et al., 2017)

Material botânico

Folhas totalmente expandidas de *S. terebinthifolius*, *S. marginata*, *A. coriacea e A. crassiflora*, foram coletadas na fazenda Coqueiro (mata) no município de Dourados-MS (22°14' S, longitude de 54° 9' W e 452m de altitude), no período das 7 às 9 horas.

As espécies foram identificadas com base na comparação com exsicatas depositadas no herbário da UFGD (DDMS). O material botânico foi depositado no Herbário da Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais da UFGD sob o número *Annona coriacea*: DDMS 5419, *Annona crassiflora:* DDMS 5499, *Schinus terebinthifoliu*s: DDMS 5688 e S*erjania marginata*: DDMS 5561.

Preparo dos extratos aquosos

As folhas foram secas em estufa de circulação forçada de ar durante três dias na temperatura máxima de 40 ºC (±1 ºC). Após esse período foram trituradas em moinho de facas.

A técnica utilizada para preparação do extrato aquoso foi a maceração, dessa forma, para o preparo dos extratos aquosos, utilizaram-se 10 g da matéria vegetal (pó das folhas) e 1 L de água destilada, no qual, após agitação manual, ficaram em repouso por 24 horas em local refrigerado a fim de se extrair os compostos hidrossolúveis. Após

esse período, fez-se uma coagem com o auxílio de um tecido voil, onde foi obtido extrato na concentração (peso/volume) de 10 g/L (JESUS et al., 2011).

Bioatividade dos extratos sobre *P. xylostella*

Para a avaliação da bioatividade dos extratos vegetais, a metodologia foi adaptada de Torres et al. (2001), e os testes foram conduzidos em laboratório à temperatura de 25 ± 2 °C, 55 ± 5% de UR e fotoperíodo de 12 h.

Discos de folha de couve (*Brassica oleracea* var. *acephala*) com 8 cm de diâmetro foram pulverizados com extrato aquoso (10 g/L). O controle consistiu de discos pulverizados com água destilada. Após a pulverização, os discos secaram em temperatura ambiente para a remoção do excesso de umidade, e posteriormente foram transferidos para placas de Petri. Em cada placa de Petri foram inseridas uma lagarta de *P. xylostella* recém-eclodida (0-24h), sendo que, esse número foi pré-estabelecido de acordo com a área do disco de couve.

Para determinar a duração do estágio larval, as lagartas foram monitoradas continuamente até atingir o estágio pupal. Como as lagartas de primeiro ínstar permaneceram no parênquima foliar, a primeira avaliação foi realizada 48 h após o confinamento. Esta avaliação consistiu em contar o número de indivíduos mortos, substituindo discos de folhas de couve por novos discos tratados. As avaliações subseqüentes foram realizadas diariamente, os discos foliares foram substituídos a cada 24 h com discos tratados (imersos em um extrato aquoso (10 g/L) por 1 min), até que a lagarta atingisse o estágio de pupa. A sobrevivência do pupal foi determinada isolando pupas em tubos de ensaio, isolados. As pupas foram pesadas 24 horas depois e observadas (Figura 2).

Para avaliação da fase reprodutiva, 6 (n = 12) casais oriundos de cada tratamento, foram individualizados em gaiolas plásticas, com um disco de folha de couve como substrato de oviposição, e, diariamente, foi avaliada a fecundidade e a incubação das lagartas (Figura 2).

Os parâmetros biológicos avaliados foram: duração e sobrevivência das fases larval e pupal, peso pupal, longevidade de fêmea e machos, fecundidade, período de incubação, período de oviposição, sobrevivência dos ovos.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com 5 tratamentos (4 plantas e testemunha) sendo que cada tratamento foi constituído por 10 repetições, de 5 subamostras, totalizando 50 lagartas/tratamento. Os dados de

sobrevivência larval e pupal foram transformados para arcoseno da √x/100 e os dados de duração larval e pupal, longevidade de machos e fêmeas e número de ovos para √x + 0.5. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey (P≤0,05).

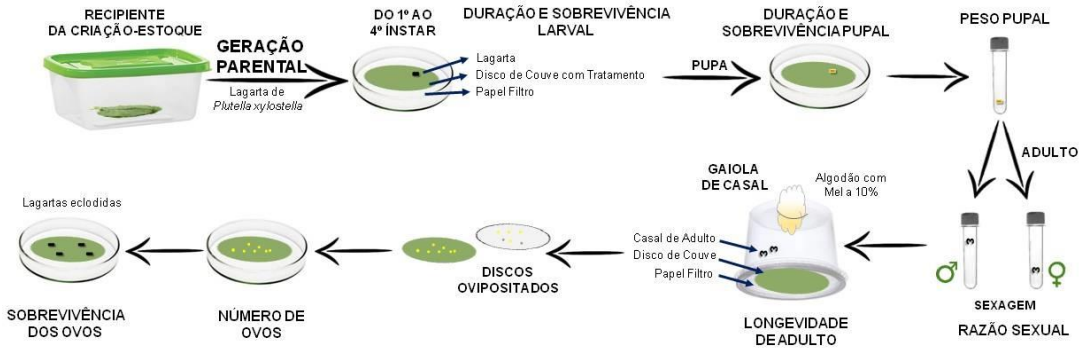

Figura 2. Representação esquemática da metodologia utilizada na avaliação dos parâmetros biológicos de *P. xylostella* (MATIAS et al., 2017)

Resultados

A duração larval e pupal das lagartas alimentadas por folhas tratadas com extratos do gênero *Annona* foi prolongada. Quanto a sobrevivência larval, o extrato de *S. marginata* provocou a mortalidade de aproximadamente 38% das lagartas.

Na fase pupal houve maior mortalidade nos extratos de *A. coriacea* (24%) e *A. crassiflora* (35%), respectivamente. Dessa forma, pode-se afirmar que os extratos que causaram mortalidade na fase pupal, tiveram um aumento no período de dias durante a fase larval e pupal (Tabela 2).

Em todos os extratos foi observado uma redução na biomassa pupal, sendo que, as pupas do tratamento de *A. coriacea* apresentaram em média 1,88 gramas a menos que a testemunha (Tabela 2). Concomitantemente, tal tratamento apresentou redução no período de oviposição e redução na longevidade das mariposas fêmeas em relação a testemunha (Tabela 3).

Foi observada a diminuição no número de ovos em todos os tratamentos de extratos, sendo que, no tratamento de *A. coriacea*, essa diminuição foi mais evidente. Em relação ao período de incubação dos ovos, houve um aumento nos extratos do

gênero *Annona* de 0,30 dias, em contrapartida os tratamentos *S. terebinthifolius* e *S. marginata* apresentaram uma redução de 0,20 e 0,49 dias, respectivamente (Tabela 3).

Quanto a sobrevivência dos ovos, o extrato de *S. marginata* (46,83% de ovos inférteis) e *S. terebinthifolius* (30,33% de ovos inférteis) (Tabela 3).

Tabela 1. Resultados da análise de variância dos parâmetros biológicos avaliados de *Plutella xylostella*.

	QMR											
	DL	SL	DP	SP	PP	RS	LONGM	LONGF	OVIP	N°OVOS	INC	SO
Tratamento	1.426*	0.0227*	0.3135*	0.2132*	0.6005*	0.118	23.7000	5.3400*	1.4400*	3177.0800	0.2200	0.0086*
C.V	13.98%	18.31%	10.64%	18.01%	16.88%	67.328%	28.14%	24.32%	22.78%	28.36%	19.11%	12.36%

*Valores significativos a 5%.

QMR= quadrado médio resíduo; C.V = coeficiente de variação.

DL = duração larval; SL = sobrevivência larval; DP = duração pupal; SL = sobrevivência pupal; PP = peso pupal; RS = razão sexual; LONGM = longevidade de machos; LONGF = longevidade de fêmeas; OVIP = período de oviposição; N°OVOS = número de ovos; INC = período de incubação; SO = sobrevivência de ovos.

Tabela 2. Duração (dias) e sobrevivência (%) das fases larval e pupal, peso pupal (mg) e razão sexual de *Plutella xylostella* tratadas com extratos aquosos de espécies vegetais do cerrado (25 ± 2°C; 55 ± 5 UR; 12h fotofase).

	Duração larval (dias)	Sobrevivência larval (%)	Duração pupal (dias)	Sobrevivência pupal (%)	Peso pupal (g)
Controle	5,87 ± 0,11 c n=50	94,00 ± 1,91 a n=50	4,31 ± 0,02 b n=47	90,60 ± 1,78 a n=47	5,62 ± 0,07 a n=47
S. terebinthifolius	6,02 ± 0,15 c n=50	86,00 ± 2,33 a n=50	4,52 ± 0,06 b n=43	93,00 ± 1,60 a n=43	4,51 ± 0,19 bc n=43
S. marginata	9,12 ± 0,21 b n=50	62,00 ± 0,48 b n=50	4,53 ± 0,07 b n=31	80,00 ± 3,24 ab n=31	5,02 ± 0,10 ab n=31
A. coriacea	10,95 ± 0,20 a n=50	90,00 ± 1,49 a n=50	6,20 ± 0,07 a n=45	76,00 ± 1,59 ab n=45	3,74 ± 0,04 c n=45
A. crassiflora	10,73 ± 0,13 a n=50	80,00 ± 2,31 ab n=50	6,73 ± 0,13 a n=40	65,80 ± 1,54 b n=40	4,07 ± 0,05 bc n=40
CV(%)	13,98	18,31	10,64	18,01	16,88

*Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si ao nível de significância a 5% de probabilidade quando comparadas pelo teste de Tukey

CV – Coeficiente de variação

Tabela 3. Longevidade de adultos machos e fêmeas, número de ovos e sobrevivência de ovos (%) de *Plutella xylostella* tratadas com extratos aquosos de espécies de plantas do cerrado (25 ± 2°C; 55 ± 5 UR; 12h fotofase).

	Longevidade de machos (dias)	Longevidade de fêmeas (dias)	Oviposição (dias)	Número de ovos	Incubação (dias)	Sobrevivência de ovos (%)
Controle	16,16 ± 1,62 a n=6	11,00 ± 0,97 ab n=6	7,16 ± 0,48 a n=6	241,00 ± 22,4 a n=6	2,49 ± 0,12 a n=6	90,33 ± 0,02 a n=6
S. terebinthifolius	20,00 ± 3,82 a n=6	11,33 ± 1,25 a n=6	5,83 ± 0,31 ab n=6	228,66 ± 14,67 a n=6	2,29 ± 0,24 a n=6	69,67 ± 0,07 b n=6
S. marginata	21,15 ± 1,42 a n=6	10,33 ± 1,26 ab n=6	4,50 ± 0,76 b n=6	182,66 ± 43,52 a n=6	2,00 ± 0,21 a n=6	53,17 ± 0,03 c n=6
A. coriacea	15,50 ± 0,22 a n=6	7,33 ± 0,42 b n=6	3,83 ± 0,31 b n=6	169,83 ± 3,92 a n=6	2,71 ± 0,22 a n=6	80,50 ± 0,02 ab n=6
A. crassiflora	13,66 ± 0,67 a n=6	7,50 ± 0,43 ab n=6	5,00 ± 0,45 b n=6	171,50 ± 4,52 a n=6	2,76 ± 0,12 a n=6	78,00 ± 0,01 ab n=6
CV(%)	28,14	24,32	22,78	28,36	19,11	12,36

*Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si ao nível de significância a 5% de probabilidade quando comparadas pelo teste de Tukey.C.V- Coeficiente de variação

Discussão

Em condições de campo, a utilização de inseticidas botânicos, para o controle de *P. xylostella*, é tão eficiente quanto inseticidas sintéticos (AMOABENG et al., 2013). Saber a forma de atuação dos inseticidas botânicos sobre o estágio que o inseto causa maior dano econômico, no caso de *P. xylostella*, a fase larval, é de suma importância para o seu manejo. Assim, toda mortalidade ou redução no consumo da cultura observados durante as aplicações resulta, consequentemente, em um menor dano econômico.

Durante o estágio larval o prolongamento observado nos tratamentos de *S. marginata*, *A. crassiflora* e *A. coriacea* pode ser atribuído a um crescimento mais lento das lagartas, devido à presença de inibidores de crescimento, deterrentes de alimentação ou substâncias tóxicas existentes nesses extratos, no qual, acarreta na redução da eficiência de conversão do alimento ingerido (TANZUBIL & MCCAFFERY, 1990).

O prolongamento do ciclo de vida do inseto-praga colabora com atividade de inimigos naturais e doenças em campo devido ao tempo de exposição da praga, o que provavelmente acarretaria em um aumento na taxa de mortalidade antes mesmo de atingir o estágio pupal, além de provocar a redução do crescimento populacional por conta do período médio de cada geração (AKHTAR et al., 2010; AKHTAR et al., 2012; TORRES et al., 2001).

Ainda avaliando os parâmetros da fase larval, o tratamento de *S. marginata* e *A. crassiflora* reduziram, respectivamente, em 38% e 20% a sobrevivência das larvas de *P. xylostella*, sendo que, ao final do ciclo de ambos tratamentos houve uma redução de aproximadamente 50% do número de indivíduos. Segundo Sapindal et al. (2017) a mortalidade larval ocorre devido a má nutrição do inseto. Ainda segundo esses autores, os aleloquímicos atuam inibindo a alimentação dos insetos, bloqueando assim seu apetite. Em contrapartida, quando ocorre a ingestão desses compostos pelos insetos, os aleloquímicos atuam sobre o sistema endócrino, provocando má formações no estágio pupal e não emergência de adultos, resultando na mortalidade pupal (PERES et al., 2017; SAPINDAL et al., 2017).

As alterações biológicas observadas nos tratamentos de *Annona*, podem ser explicadas pela presença de acetogeninas, que são substâncias oriundas do metabolismo secundário da planta, e atuam inibindo a síntese de energia celular, mais especificamente, bloqueiam a cadeia respiratória na NADHubiquinone redutase (complexo I) e causam uma diminuição nos níveis de ATP, afetando diretamente o

transporte de elétrons nas mitocôndrias, causando apoptose (ALALI et al., 1999; KRINSKI et al., 2014).

Estudos recentes sobre o efeito de espécies do gênero *Annona* em alguns insetos, demonstraram um grande potencial para o controle de pragas. Ribeiro et al. (2016) observaram que extrato etanólico de *A. mucosa* reduziu a sobrevivência das fases larval, pupal e o peso pupal, bem como provocou um aumento na duração da fase larval de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). O mesmo efeito foi relatado por Freitas et al. (2014) sobre essa mesma praga utilizando extratos de *A. coriacea*. Os autores verificaram, ainda, a pronunciada ação do extrato de *Annona dioica* na fase adulta, especialmente na fecundidade e fertilidade, bem como no desenvolvimento embrionário de *S. frugiperda*.

As lagartas do tratamento de *S. marginata* aparentavam uma redução da mobilidade, sendo que, ao longo do tempo observou-se imobilidade e maior mortalidade das lagartas. Estes sintomas são semelhantes aos descritos por Guo et al. (2013), e pode ser explicado pelo forte efeito antialimentar dos compostos secundários. Extratos aquosos de plantas que possuem acentuada viscosidade podem dificultar a locomoção e a alimentação de larvas, sobretudo daquelas do primeiro ínstar, e consequentemente reduzir a sobrevivência da fase larval, como foi observado preliminarmente nessa pesquisa para o extrato aquoso de *S. marginata*. Essa viscosidade é explicada pela presença de saponinas, que são metabólitos secundários presentes de forma abundante na família Sapindaceae (FERNANDES et al., 2007; PÉRICO et al., 2015).

Todos os tratamentos com extratos de plantas reduziram a biomassa pupal, e também, apresentaram redução no período de oviposição e na sobrevivência dos ovos. A redução da biomassa pupal se dá pela ativação do mecanismo citocromo P-450, uma importante ferramenta utilizada pelos insetos para a desintoxicação defensiva (BREUER et al., 2003), no qual o inseto na necessidade de degradar possíveis aleloquímicos do extrato, acabam desviando recursos que seriam utilizados para ganhar peso na fase larval, dessa forma há maior gasto de energia para degradar os compostos tóxicos e menor conversão dos nutrientes ingeridos (TANZUBIL & MCCAFFERY, 1990).

Se o peso pupal é menor que a testemunha, sugere-se que a planta provoca diminuição no consumo e utilização do alimento. Como conseqüência, pupas de menor peso darão origem a adultos pequenos, e possivelmente haverá problemas na cópula

destes indivíduos e as fêmeas serão menos fecundas (RODRÍGUEZ & VENDRAMIM, 1996).

O possível fator que explique a redução na sobrevivência de ovos é a quantidade e a qualidade dos nutrientes absorvidos durante a alimentação na fase larval, pois esses parâmetros podem influenciar o número de ovaríolos por ovário e consequentemente reduzir a produção de ovos (COSTA et al., 2004). Este fato é muito importante em campo, pois com a redução dos números de ovos viáveis, o número de indivíduos da próxima geração será reduzido, sendo assim, com menor quantidade de lagartas eclodindo, diminui os danos e prejuízos causados as culturas (MARONEZE & GALLEGOS, 2009).

Tais resultados fortalecem a tese de que aleloquímicos extraídos de plantas, podem não apresentar ação aguda contra insetos pragas, mas no final de uma geração, podem reduzir a população da praga, reduzindo então o dano econômico. Dessa forma, é possível concluir que os extratos vegetais utilizados nesse trabalho, afetam o desenvolvimento de *P. xylostella* alterando negativamente os parâmetros biológicos avaliados, e reduzindo o número de indivíduos da população tratada. Diante dessa perspectiva, estudos em condições de campo deverão ser realizados visando avaliar o efeito dos extratos botânicos na dinâmica populacional de *P. xylostella* e na proteção dos cultivos de brássicas.

Referencias

ABDEL-RAZEK, A. S.; ABBAS, M. H.; EL-KHOULY, M.; ABDEL-RAHMAN, A. Potential of microbial control of diamondback moth, *Plutella xylostella* (Linneaus), (Lepidoptera: Plutellidae) on two cabbage cultivars under different fertilization treatment. **Journal of Applied Sciences Research**, v.2, p. 942-948, 2006.

ALALI, F. Q.; LIU, X. X.; MCLAUGHLI, J. L. Annonaceous acetogenins: recent progress. **Journal of Natural Products**, v. 62, p. 504-540, 1999.

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**, 2013.

AKHTAR, K.P.; SALEEM, M.Y.; ASGHAR, M.; AHMAD M.; SARWAR, N. Resistance of *Solanum* species to *Cucumber mosaic* virus subgroup IA and its vector *Myzus persicae*. **European Journal of Plant Pathology**, v. 128, p. 435–450, 2010.

AKHTAR, K.P.; SALEEM, M.Y.; ASGHAR, M.; ALI, S.; SARWAR, N.; ELAHI, M.T. Resistance of *Solanum* species to *Phytophthora infestans* evaluated in the

detached-leaf and whole-plant assays. **Pakistan Journal of Botany,** v. 44, nº3, p. 1141-1146, 2012.

AKOTO, O.; AZUURE, A. A.; ADOTEY, K. D. Pesticide residues in water, sediment and fish from Tono Reservoir and their health risk implications. **SpringerPlus**, v. 5, nº 1, p. 1849, 2016.

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.

BREUER, M.; HOSTE, B.; DE LOOF, A.; NAGVI, S. N. H. Effect of *Melia azedarach* extract on the activity of NADPH-cytochrome c reductase and cholinesterase in insects. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 76, p. 99-103, 2003.

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 Weld test of laboratory Wndings**. Biological Control**, v. 39, p. 105-114, 2006.

COSTA, E.L.N.; SILVA, R.F.P.; FIUZA, L.M. 2004. Efeitos, aplicações e limitações de extratos de plantas inseticidas. **Acta Biológica Leopoldensia**, v. 26, p. 173-185, 2004.

FERNANDES, F. F.; LELES, R. N.; SILVA, I. G. FREITAS, E. P. S. Larvicidal potencial of *Sapindus saponaria* (Sapindaceae) against *Rhipicephalus sanguineus* (Latreille, 1806) (Acari: Ixodidae). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, n.1, 2007.

FREITAS, A. F.; PEREIRA, F. F.; FORMAGIO, A. S. N.; LUCCHETTA, J. T.; VIEIRA, M. C.; MUSSURY, R. M. Effects of methanolic extracts of *Annona* species on the development and reproduction of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Neotropical Entomology**, v.43, p. 446-452, 2014.

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

GUO, H.; YANG, M.; QI, Q. Insecticidal and antifeedant effects of two alkaloids from *Cynanchum komarovii* against larvae of *Plutella xylostella* L. **Journal of Applied Entomology**, v. 10, p. 32-35, 2013.

HUI, W.; JUAN, W.; HONG-SHAN, L.; HUA-GUO, D.; XIAO-JUN, G. U. Sub-lethal effects of fenvalerate on the development, fecundity, and juvenile hormone esterase activity of diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.). **Agricultural Sciences in China**, v. 9, p. 1612-1622, 2010.

JESUS, F.G.; de PAIVA, L.A.; GONÇALVES, V.C.; MARQUES, M.A.; BOIÇA JUNIOR, A.L. Efeito de plantas inseticidas no comportamento e biologia de *Plutella*

Xylostella (Lepidoptera: Plutellidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 78, nº2, p. 279-285, 2011.

KRINSKI, D.; MASSAROLI, A.; MACHADO, M. Insecticidal potential of the Annonaceae family plants. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, p. 225-242, 2014.

LU, Y.; SONG, S.; WANG, R.; LIU, Z.; MENG, J.; SWEETMAN, A.; JENKINS, A.; FERRIER, R.; LI, H.; LUO, W.; WANG, T. (2015). Impacts of Soil and Water Pollution on Food Safety and Health Risks in China. **Environment International**, v. 55, p. 5-15, 2015.

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.

MATIAS DA SILVA, R.; FIORATTI, C.A.G.; SILVA, G.B.; CARDOSO, C.A.L.; MIRANDA, L.O.; MAUAD, M.; MUSSURY, R.M. Antibiose do extrato foliar de *Duguetia furfuracea* sobre *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). In **Temas Atuais em Ecologia Comportamental e Interações**, Anais do II BecInt—Behavioral Ecology and Interactions Symposium, 1st ed.; Calixto, E.S., Toreza-Silingardi, H.M., Eds.; Editora Composer: Uberlândia, MG, Brasil, p. 52–69, 2017.

MOHAM, M.; GUJAR, G. T. Local variation in susceptibility of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (Linneaus) to insecticides and role of detoxification enzymes. **Crop Protection**, v. 22, p. 495-504, 2003.

NETO BANDEIRA, G.; CAMARA, C.; MORAES, M.; BARROS, R.; MUHAMMAD, S.; AKHTAR, Y. Insecticidal activity of *Muntingia calabura* extracts against larvae and pupae of diamondback, *Plutella xylostella* (Lepidoptera, Plutellidae). **Journal of King Saud University - Science.**, v. 25, p. 83-89. 2013.

PERES, L. L.; 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, nº4, p. E125, 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.

POONSRI, W.; PLUEMPANUPAT, W.; CHITCHIRACHAN, P.; BULLANGPOTI, W.; KOUL, O. Insecticidal alkanes from *Bauhinia scandens* var. horsfieldii against *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae). **Industrial Crops and Products**, v. 65, p. 170-174, 2015.

QIAN, L.; CAO, G.; SONG, J.; YIN, Q.; HAN, Z. Biochemical mechanism conferring crossresistance between tebufenozide and abamectin in *Plutella xylostella*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 91, p. 175-179, 2008.

RIBEIRO, L.; ZANARDI, O.; GONÇALVES, G. L.; ANSANTE, T.; YAMAMOTO, P.; VENDRAMIM, J. D. Toxicity of an Annonin-Based Commercial Bioinsecticide Against Three Primary Pest Species of Stored Products. **Neotropical entomology**, v. 47, p. 145, 2017.

RIBEIRO, L. P.; ANSANTE, T. F.; VENDRAMIM, J. D. Efeito do extrato etanólico de sementes de *Annona mucosa* no desenvolvimento e comportamento alimentar de *Spodoptera frugiperda*. **Bragantia**, v. 75, p. 322-330, 2016.

RODRÍGUEZ, R. H.; PINTO, A. C. Constituintes Químicos e Propriedades Biológicas de Espécies do Gênero *Serjania*. **Revista Virtual de Quimica**, v.6, nº 6, p. 1583-1606, 2014.

RODRIGUEZ, H.C.; VENDRAMIM, J.D. Toxicidad de extractos acuosos de Meliaceae en *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Manejo Integrado de Plagas**, v. 42, p. 14-22, 1996.

SALVI-JÚNIOR, A. ***Schinus terebinthifolius* Raddi: estudo anatômico e histoquímico das folhas e investigação do potencial farmacêutico do extrato etanólico e suas frações.** Dissertação, Unesp- Araraquara, 81 p., 2009.

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

SAYYED, A.H.; OMAR, D.; WRIGHT, D.J. 2004. Genetics of spinosad resistance in a multi-resistant field-selected population of *Plutella xylostella*. **Pest Management Science,** v.60, p. 827-832, 2004.

SHELTON, A. M.; NAULT, B. A. Dead-end trap cropping: a technique to improve management of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **Crop Protection**, v. 23, p. 497-503, 2004.

SHELTON, A. M.; HATCH, S. L.; ZHAO, J. Z.; CHEN, M.; EARLE, E. D.; CAO, J. Suppression of diamondback moth using Bt-transfergenic plants as a trap crop. **Crop Protection**, v. 27, p. 403-409, 2008.

SHELTON, A.M.; ROBERTSON, J.L.; TANG, J.D.; PEREZ, C.; EIGENBRODE, S.D.; PRIESLER, H.K.; WILSEY, W.T.; COOLEY, R.J. Resistance of Diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) to *Bacillus thuringiensis* subspecies in the field. **Journal of Economic Entomology**, v. 86, p. 697-705, 1993.

TANZUBIL, P.B.; McCAFFERRY, A.R. Effects of azadirachtin and aqueous neem seed extracts on survival, growth and development of the african armyworm, *Spodoptera exempta*. **Crop Protection**, v.9, p.383-386, 1990.

TIRELLI, A. A.; ALVES, D. S.; CARVALHO, G. A.; SÂMIA, R. R.; BRUM, S. S.; GUERREIRO, M. C. Efeito de frações tânicas sobre parâmetros biológicos e

nutricionais de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, nº 6, p. 1417-1424, 2010.

TORRES, A. L.; BARROS, R.; OLIVEIRA, J. V. Efeitos de extratos aquosos de plantas no desenvolvimento de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae). **Neotropical Entomology**, v. 30, n. 1, p. 151-156, 2001.

ZHAO, J. Z.; COLLINS, H. L.; LI, Y. X.; MAU, R. F.; THOMPSON, G. D.; HERTLEIN, M. S.; ANDALORO, J. T.; BOYKEN, R.; SHELTON, A. M. Monitoring of diamondback moth resistance to spinosad, indoxacarb and enamectin benzoate**.** **Journal of Economic Entomology**, v. 99, p. 176-181, 2006.

CAPÍTULO IV

Bioatividade de extratos etanólicos de plantas inseticidas do cerrado sobre traça-das-crucíferas

(De acordo com as normas da ABNT)

Bioatividade de extratos etanólicos de plantas inseticidas do cerrado sobre traça-das-crucíferas

Irys Fernanda Santana Couto[1], Rosilda Mara Mussury Franco Silva[1]

[1]Universidade 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: irys.ento@gmail.com

Resumo

O uso indiscriminado de inseticidas sintéticos tem ocasionado no surgimento de populações resistentes de *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae), dificultando seu controle e causando danos econômicos as produções de brássicas. Dessa forma, com o intuito de buscar alternativas ao uso de inseticidas sintéticos, o objetivo desse trabalho foi avaliar a bioatividade dos extratos etanólicos de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae), *Annona coriacea* Mart. (Annonaceae), *Annona crassiflora* Mart. (Annonaceae) e *Serjania marginata* Casar (Sapindaceae) sobre o ciclo de vida de *P. xylostella*. Discos de couve foram mergulhados nos tratamentos na concentração de 10 mg/mL e disponibilizados diariamente para as lagartas. Foram avaliados os parâmetros de duração e sobrevivência larval e pupal, peso de pupas, longevidade de machos e fêmeas, número e sobrevivência de ovos, período de incubação e dias de oviposição. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado e as médias foram avaliadas pelo teste de Tukey. Todos os extratos diferiram significativamente da testemunha em relação a duração larval, duração pupal, sobrevivência pupal e peso pupal. Todos os extratos prolongaram o período larval e pupal de *P. xylostella*. Quanto a sobrevivência larval, apenas *A. coriacea* não diferiu significativamente da testemunha, sendo que, a maior mortalidade larval foi observada no tratamento de *S. marginata* (50%). A sobrevivência pupal, biomassa pupal, período de oviposição e sobrevivência dos ovos foi reduzida em todos os tratamentos de extratos etanólicos. Apenas os tratamentos com as espécies de *Annona* e *S. marginata* reduziram o número de ovos. Os tratamentos de *S. terebinthifolius* e *S. marginata* reduziram o tempo de incubação dos ovos. Assim, os tratamentos de extratos etanólicos das plantas utilizadas atuam sobre o ciclo de vida de *P. xylostella* alterando, negativamente, os parâmetros biológicos avaliados.

Palavras-chave: *Annona coriacea*, *Annona crassiflora*, *Plutella xylostella*, plantas inseticidas, *Serjania marginata*, *Schinus terebinthifolius*.

Abstract

The indiscriminate use of synthetic insecticides did not cause resistance to several species of *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae), hindering the control and strengthening its properties as brassica producers. The objective of this study was to evaluate the bioactivity of *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae), *Annona coriacea* Mart. (Annonaceae), *Annona crassiflora* Mart. (Annonaceae) *and Serjania marginata* Casar (Sapindaceae) on the life cycle of *P. xylostella*. Supporting discs were immersed in the 10 mg/mL concentration exercises and made available daily to the caterpillars. The parameters of survival and pupa, pupal weight, male and female longevity, number and probability of eggs, incubation period and oviposition days were evaluated. The experiment was conducted in a completely randomized design and as the samples were evaluated by the Tukey test. All extracts differed greatly in relation to larval duration, pupal duration, pupal survival and pupal weight. All extracts extended the larval and pupal period of *P. xylostella*. As for larval survival, only coriacea did not differ significantly from the control, and the highest mortality was observed in the treatment of *S. marginata* (50%). The pupa, pupal biomass, period of oviposition and egg survival were reduced in all treatments of ethanol extracts. Only treatments with the species of *Annona* and *S. marginata* reduced the number of eggs. Treatments of *S. terebinthifolius* and *S. marginata* reduced egg incubation time. Thus, the treatments of ethanolic extracts of plants have been acting on the life cycle of *P. xylostella*, altering, negatively, the biological parameters evaluated.

Keywords: *Annona coriacea*, *Annona crassiflora*, insecticidal plants, *Plutella xylostella*, *Serjania marginata*, *Schinus terebinthifolius*.

Introdução

Ao longo das últimas décadas, os inseticidas sintéticos têm desempenhado um papel importante no gerenciamento moderno de pragas agrícolas. No entanto, seu uso contínuo ao longo dos anos levou à evolução da resistência nas populações de pragas e promoveu preocupações relacionadas ao meio ambiente e a saúde humana. Geng et al. (2017) observaram a presença de 32 tipos de inseticidas sintéticos presentes em lençóis freáticos na China, sendo que, a presença de inseticidas na água potável afeta diretamente a saúde humana. Péris-Sampedro et al. (2015) associam a grande utilização generalizada de pesticidas organofosforados às epidemias de diabetes tipo 2 e

obesidade. O aumento da incidência de doenças como câncer (BONNER et al., 2017), distúrbios neurodegenerativos (GOLDMAN et al., 2017; YAN et al., 2016), disfunção reprodutiva (CREMONESE et al., 2017; FRAZIER, 2007), anomalias congênitas (FOSTER et al., 2017), doenças respiratórias (DOUST et al., 2014) e doenças cardiovasculares (SEKHOTHA et al., 2016) foram ligados à exposição a inseticidas.

Além de afetar a saúde humana, os inseticidas sintéticos podem causar malefícios a organismos benéficos (predadores e polinizadores) devido sua baixa (ou nenhuma) seletividade. Pashte & Patil (2017) comparando o efeito de inseticidas sintéticos com o inseticida bontânico a base de Azadiractina [composto natural extraído de *Azadiractha indica* A. Juss. (Meliaceae)] sobre *Apis mellifera melífera* L. (Hymenoptera: Apidae), observaram que os inseticidas sintéticos são responsáveis pela grande mortalidade das populações desse polinizador, enquanto que a Azadiractina não provocou nenhum sintoma ou morte dos polinizadores em questão. Bernardes et al. (2016) corroboram este fato, uma vez que, observaram que a Azadiractina não provoca mortalidade, nem afeta o comportamento de abelhas sem ferrão.

Tais problemas evidenciaram a necessidade de desenvolver alternativas seletivas de controle de insetos. Assim, extratos de plantas são alternativas viáveis por apresentarem propriedades que podem regular as populações de inseto-praga afetando tanto parâmetros biológicos quanto comportamentais (JEON et al., 2011). Existem uma ampla gama de famílias vegetais que atuam regulando populações de insetos-praga, dentre elas, pode-se citar Annonaceae, Sapindaceae e Anacardiaceae, que são alvo de estudo nesse trabalho.

Estudos fitoquímicos têm identificado uma série de produtos naturais em espécies de Annonaceae, com destaque para as acetogeninas (ACGs), até então isoladas de um pequeno número de gêneros (*Annona, Asimina, Xilopia, Goniothalamus* e *Uvaria*) (BERMEJO et al., 2005). As ACGs possuem estruturas diversificadas e poderosas propriedades citotóxicas, com aplicações potenciais no desenvolvimento de novos inseticidas agrícolas (ISMAN & SEFFRIN, 2014).

Em relação ao gênero *Serjania*, estudos fitoquímicos evidenciaram em sua composição um grupo de metabólito secundário denominado saponinas (PÉRICO et al., 2015; SILVA et al., 2017), que dificultam a digestão dos insetos inibindo as proteinases (de GEYTER et al., 2012; SOETAN et al., 2014).

Os estudos fitoquímicos de *S. terebinthifolius* detectaram a presença de compostos fenólicos simples, flavonoides e taninos (SALVI JÚNIOR, 2009). Segundo

Procópio et al. (2015), os taninos inativam as enzimas digestivas, dificultando assim a digestão do inseto, e consequentemente, afetando seu crescimento e sobrevivência.

Devido a grande voracidade da traça das crucíferas e sua resistência a um grande número de inseticidas sintéticos, o presente trabalho visa avaliar o efeito de extratos etanolicos de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae), *Annona coriacea* Mart. (Annonaceae), *Annona crassiflora* Mart. (Annonaceae) *and Serjania marginata* Casar (Sapindaceae) sobre o ciclo de vida de *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae).

Material e Métodos

Criação de *Plutella xylostella*

A criação e multiplicação de *P. xylostella* foi realizada no Laboratório de Interação Inseto-Planta (LIIP) da Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais (FCBA), sob condições constantes de temperatura (25 ± 2 °C), umidade relativa (55 ± 5%) e fotoperíodo (12 h), a partir de lagartas e pupas coletadas em áreas de plantio de couve.

As pupas foram colocadas em gaiola plástica transparente até a emergência dos adultos. Os adultos foram alimentados com solução de mel a 10%, e como substrato de oviposição foram utilizados discos de couve, medindo 8 cm de diâmetro sobre papel de filtro umedecido. Esse conjunto foi trocado diariamente.

Após a oviposição, as folhas com as posturas foram colocadas em vasilhas esterilizadas de plástico medindo 30 cm de comprimento x 15 cm de largura x 12 cm de altura, e, após a eclosão, as lagartas permaneceram nesse recipiente até atingirem o estágio de pupa. As lagartas foram alimentadas com folhas de couve orgânica (*B. oleracea* var. *acephala*), inicialmente higienizadas com solução de hipoclorito de sódio a 5% e posteriormente lavadas em água corrente (Figura 1).

As folhas de couve sadias foram dispostas com a face adaxial para o recipiente plástico e a face abaxial livre onde foram colocadas as lagartas e, em seguida, colocada outra folha de couve com a face abaxial voltada para as lagartas. Este procedimento foi realizado diariamente ou logo que apresentassem murchas, mantendo-se sempre as folhas superiores, sendo repetido até a formação das pupas (BARROS et al., 2012).

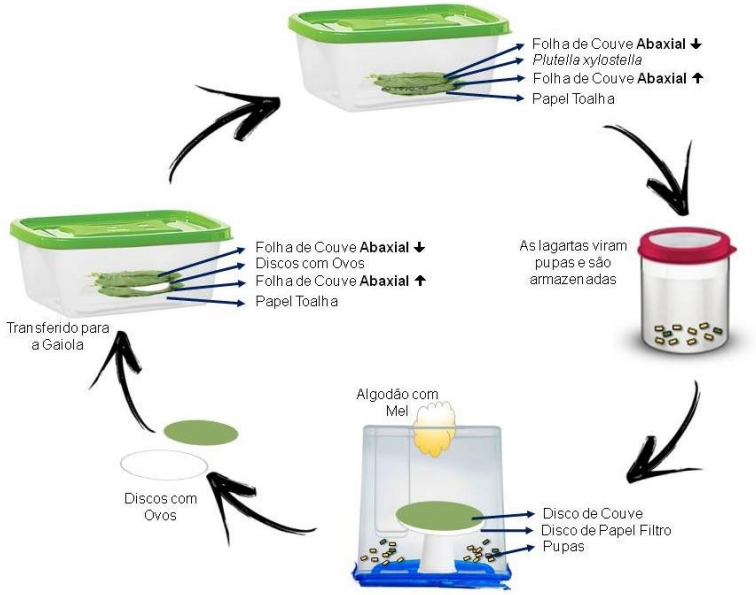

Figura 1. Representação esquemática da metodologia utilizada na criação de *P. xyostella* (MATIAS et al., 2017).

Material botânico

Folhas totalmente expandidas de *S. terebinthifolius*, *S. marginata*, *A. coriacea* e *A. crassiflora*, foram coletadas na fazenda Coqueiro (mata) no município de Dourados-MS (22°14' S, longitude de 54° 9' W e 452m de altitude), no período das 7 às 9 horas.

As espécies foram identificadas com base na comparação com exsicatas depositadas no herbário da UFGD (DDMS). O material botânico foi depositado no Herbário da Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais da UFGD sob os números: *Annona coriacea*: DDMS 5419, *Annona crassiflora:* DDMS 5499, *Schinus terebinthifoliu*s: DDMS 5688, e S*erjania marginata*: DDMS 5561.

Preparo dos extratos etanólicos

As folhas foram secas em estufa de circulação forçada de ar durante três dias na temperatura máxima de 40ºC (±1ºC). Após esse período foram trituradas em moinho até a obtenção de um pó fino.

Para o preparo do extrato etanólico, amostras de 100 g do pó foi colocada em um becker, junto com 1000 mL de solvente (etanol). As filtragens foram realizadas a cada 2 dias, por 15 dias. O extrato filtrado foi concentrado em rotaevaporador a 60 °C, à pressão reduzida. O produto obtido nesse processo, foi dissolvido em água destilada na concentração de 10 mg/mL.

Bioatividade dos extratos sobre *P. xylostella*

Para a avaliação da bioatividade dos extratos vegetais, a metodologia foi adaptada de Torres et al. (2006), e os testes foram conduzidos em laboratório à temperatura de 25 ± 2°C, 55 ± 5% de UR e fotoperíodo de 12 h.

Discos de folha de couve (*Brassica oleracea* var. *acephala*) com 8 cm de diâmetro foram pulverizados com extrato etanólico (10 mg/mL). O controle consistiu de discos pulverizados com água destilada. Após a pulverização, os discos secaram em temperatura ambiente para a remoção do excesso de umidade, e posteriormente foram transferidos para placas de Petri. Em cada placa de Petri foram inseridas uma lagarta de *P. xylostella* recém-eclodida (0-24h), sendo que, esse número foi pré-estabelecido de acordo com a área do disco de couve.

Para determinar a duração do estágio larval, as lagartas foram monitoradas continuamente até atingir o estágio pupal. Como as lagartas de primeiro ínstar permaneceram no parênquima foliar, a primeira avaliação foi realizada 48 h após o confinamento. Esta avaliação consistiu em contar o número de indivíduos mortos, substituindo discos de folhas de couve por novos discos tratados. As avaliações subseqüentes foram realizadas diariamente, os discos foliares foram substituídos a cada 24 h com discos tratados (imersos em um extrato etanólico (10 mg / mL) por 1 min), até que a lagarta atingisse o estágio de pupa. A sobrevivência do pupal foi determinada isolando pupas em tubos de ensaio, isolados. As pupas foram pesadas 24 horas depois e observadas (Figura 2).

Para avaliação da fase reprodutiva, 6 (n = 12) casais oriundos de cada tratamento, foram individualizados em gaiolas plásticas, com um disco de folha de couve como substrato de oviposição, e, diariamente, foi avaliada a fecundidade e a incubação das lagartas foi observada (Figura 2).

Os parâmetros biológicos avaliados foram: duração e sobrevivência das fases larval e pupal, peso pupal, longevidade de fêmea e machos, fecundidade, período de incubação, período de oviposição, sobrevivência dos ovos.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, sendo que cada tratamento foi constituído por 10 repetições, de 5 subamostras, totalizando 50 lagartas/tratamento. Para avaliar os parâmetros biológicos do estágio de adulto de *P. xylostella*, os dados foram analisados em delineamento inteiramente casualizado com 6 repetições. Os dados de sobrevivência larval e pupal foram transformados para arcoseno

da √x/100 e os dados de duração larval e pupal, longevidade de machos e fêmeas e número de ovos para √x + 0.5. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey (P≤0,05).

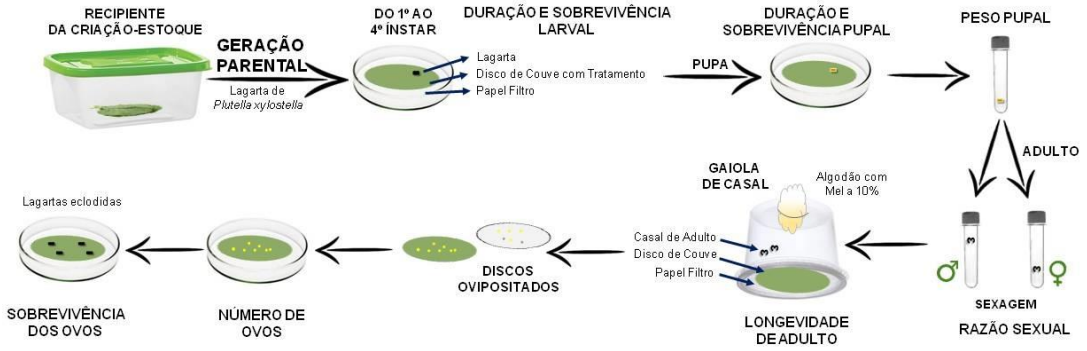

Figura 2. Representação esquemática da metodologia utilizada na avaliação dos parâmetros biológicos de *P. xylostella* (MATIAS et al., 2017)

Resultados

Todos os extratos diferiram significativamente da testemunha em relação a duração larval, duração pupal, sobrevivência pupal e peso pupal, sendo que, atuaram prolongando o ciclo de vida do inseto. No tratamento de *S. terebinthifolius* houve um maior prolongamento na fase larval quando comparado com os demais tratamentos, e, consequentemente, observou-se uma maior redução da biomassa pupal. Quanto a sobrevivência larval, apenas *A. coriacea* não diferiu significativamente da testemunha, sendo que, a maior mortalidade larval foi observada no tratamento com *S. marginata* (50%). Verificou-se que todos os tratamentos apresentaram uma redução na sobrevivência pupal, sendo as maiores mortalidades observadas quando tratadas com extratos etanólicos de *A. coriacea* (29%) e *A. crassiflora* (35%), respectivamente (Tabela 2).

Para todos os extratos foi observada uma redução na biomassa pupal, sendo que, *S. terebinthifolius* e *A. coriacea* apresentaram 1,82 e 2,02 gramas a menos que a testemunha (Tabela 2). Concomitantemente, tais tratamentos reduziram o período de oviposição mais efetivamente que os demais tratamentos (Tabela 3).

Verificou-se que todos os extratos reduziram o período de oviposição (*S. terebinthifolius* e *A coriacea* foram os tratamentos mais efetivos) e a sobrevivência dos

ovos (*S. marginata* ocasionou uma mortalidade de aproximadamente 50% dos ovos). Apenas os tratamentos com as duas espécies de *Annona* e *S. marginata* reduziram o número de ovos. Já em relação ao período de incubação, os tratamentos de *S. terebinthifolius* e *S. marginata* diferiram significativamente dos demais, reduzindo o tempo de incubação dos ovos (Tabela 3).

Tabela 1. Resultados da análise de variância dos parâmetros biológicos avaliados de *Plutella xylostella*.

	QMR											
	DL	SL	DP	SP	PP	RS	LONGM	LONGF	OVIP	N°OVOS	INC	SO
Tratamento	1.076*	0.0212*	2.3695*	0.3500*	0.5189*	0.118	4.3000	1.2200	0.6000*	325.9400*	0.1578*	0.0132*
C.V	14.11%	16.70%	19.78%	23.30%	16.36%	67.328%	12.74%	10.96%	17.93%	9.58%	16.03%	17.72%

*Valores significativos a 5%.
QMR= quadrado médio resíduo; C.V = coeficiente de variação.
DL = duração larval; SL = sobrevivência larval; DP = duração pupal; SP = sobrevivência pupal; PP = peso pupal; RS = razão sexual; LONGM = longevidade de machos; LONGF = longevidade de fêmeas; OVIP = período de oviposição; N°OVOS = número de ovos; INC = período de incubação dos ovos SO = sobrevivência de ovos.

Tabela 2. Duração (dias) e sobrevivência (%) das fases larval e pupal, peso pupal (mg) e razão sexual de *Plutella xylostella* tratadas com extratos etanólicos de espécies vegetais do cerrado (25 ± 2°C; 55 ± 5 UR; 12h fotofase).

	Duração larval (dias)	Sobrevivência larval (%)	Duração pupal (dias)	Sobrevivência pupal (%)	Peso pupal (g)
Controle	5,80 ± 0,09 c n=50	98,00 ± 0,89 a n=50	4,22 ± 0,05 c n=47	100,00 ± 0,00 a n=47	5,61 ± 0,07 a n=47
S. terebinthifolius	8,81 ± 0,20 a n=50	80,00 ± 2,30 ab n=50	6,2 ± 0,26 b n=43	78,00 ± 3,51 ab n=43	3,79 ± 0,17 c n=43
S. marginata	8,04 ± 0,10 ab n=50	50,00 ± 2,00 c n=50	9,61 ± 0,21 a n=31	87,50 ± 3,00 ab n=31	4,81 ± 0,11 ab n=31
A. coriacea	7,05 ± 0,12 bc n=50	88,00 ± 2,38 a n=50	9,49 ± 0,23 a n=45	71,00 ± 2,68 b n=45	3,59 ± 0,03 c n=45
A. crassiflora	7,03 ± 0,16 bc n=50	66,00 ± 2,32 bc n=50	9,40 ± 0,25 a n=40	64,99 ± 2,53 b n=40	4,22 ± 0,05 bc n=40
CV(%)	14,11	16,70	19,78	23,30	16,36

*Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si ao nível de significância a 5% de probabilidade quando comparadas pelo teste de Tukey. CV – Coeficiente de variação

Tabela 3. Longevidade de adultos machos e fêmeas, número de ovos e sobrevivência de ovos (%) de *Plutella xylostella* tratadas com extratos etanólicos de espécies de plantas do cerrado (25 ± 2°C; 55 ± 5 UR; 12h fotofase).

	Longevidade de machos (dias)	Longevidade de fêmeas (dias)	Oviposição (dias)	Número de ovos	Incubação (dias)	Sobrevivência de ovos (%)
Controle	16,17 ± 1,62 a n=6	11,00 ± 0,96 a n=6	7,60 ± 0,07 a n=6	212,60 ± 1,62 a n=6	2,72 ± 0,03 a n=6	87,00 ± 0,005 a n=6
S. terebinthifolius	20,00 ± 3,82 a n=6	11,33 ± 1,26 a n=6	2,40 ± 0,08 c n=6	217,80 ± 3,81 a n=6	2,35 ± 0,09 ab n=6	61,20 ± 0,02 bc n=6
S. marginata	20,16 ± 1,42 a n=6	10,33 ± 1,25 a n=6	4,80 ± 0,11 b n=6	171,60 ± 3,58 b n=6	1,71 ± 0,03 b n=6	50,80 ± 0,02 c n=6
A. coriacea	15,50 ± 0,23 a n=6	10,00 ± 0,42 a n=6	3,00 ± 0,10 c n=6	162,20 ± 0,90 b n=6	2,90 ± 0,05 a n=6	73,40 ± 0,01 ab n=6
A. crassiflora	17,40 ± 0,67 a n=6	10,80 ± 0,11 a n=6	3,80 ± 0,15 bc n=6	178,20 ± 1,30 b n=6	2,70 ± 0,04 a n=6	52,60 ± 0,01 bc n=6
CV(%)	28,14	10,96	17,93	9,58	16,03	17,72

*Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si ao nível de significância a 5% de probabilidade quando comparadas pelo teste de Tukey. C.V – Coeficiente de variação

Discussão

As espécies vegetais utilizadas neste estudo mostraram resultados interessantes quanto à capacidade de controlar as populações e, respectivamente, reduzir os danos causados por *P. xylostella*. As substâncias extraídas das espécies vegetais em questão, atuaram reduzindo a sobrevivência de *P. xylostella*, além de prolongar seu ciclo de vida, e afetar os adultos, reduzindo o número e sobrevivência de ovos.

Os tratamentos de extratos etanólicos de plantas utilizadas neste experimento diferiram significativamente da testemunha em relação a duração larval e pupal. Segundo Torres et al. (2006) o prolongamento do ciclo do inseto pode ser atribuído a um crescimento mais lento das lagartas, devido à presença de inibidores de crescimento, deterrentes de alimentação ou substâncias tóxicas existentes nesses extratos, no qual, acarreta na redução da eficiência de conversão do alimento ingerido.

Houve redução da sobrevivência larval e pupal, sendo que, *S. marginata*, *A. crassiflora* e *S. terebinthfolius* ocasionaram maior mortalidade das larvas, respectivamente, que, segundo Sapindal et al. (2017), pode ocorrer devido à inibição do apetite e a incapacidade de ingerir alimentos devido à sensibilidade larval para os compostos secundários presentes nos extratos vegetais.

Já a mortalidade pupal, observada em todos os tratamentos, pode ocorrer devido a atuação de compostos inseticidas (oriundos do metabolismo secundário das plantas testadas) sobre tecidos e órgãos endócrinos, assim, uma vez introduzidos no corpo por meio do aparelho bucal, provocando má formações no estágio pupal e não emergência de adultos (GUO et al., 2014; SUN et al., 2012). Esses compostos atuam perturbando o sistema neurosecretor do inseto, bloqueando os hormônios peptídicos e as glândulas prototoráxicas, resultando na inibição da formação da nova cutícula e na inibição da ecdise, ocasionando na metamorfose incompleta de pupa para adultos e, eventualmente, provocando a mortalidade (SAPINDAL et al., 2017).

As alterações dos parâmetros biológicos avaliados durante a fase adulta resultam da ingestão dos aleloquímicos durante a fase larval. O efeito tóxico das plantas inseticidas é mais eficiente sobre as larvas do que sobre as pupas e adultos, pois são as larvas que ingerem as substâncias químicas presentes nos alimentos (CÉSPEDES et al., 2000; RODRIGUEZ & VENDRAMIM, 1996). Esse efeito se reflete na redução da biomassa pupal, observada no presente trabalho. Se o peso é menor que o do controle, sugere-se que a planta provoca diminuição no consumo e utilização do alimento. Como conseqüência, pupas de menor peso darão origem a adultos pequenos, e possivelmente

haverá problemas na cópula destes indivíduos com indivíduos normais e as fêmeas serão menos fecundas (RODRIGUEZ & VENDRAMIM, 1996).

O número de ovos inférteis, observado em todos os tratamentos, pode ser explicado pela quantidade e a qualidade dos nutrientes absorvidos durante a alimentação na fase larval, pois podem influenciar o número de ovaríolos por ovário e consequentemente reduzir a produção de ovos (COSTA et al., 2004). Este fato é muito importante em campo, pois com a redução dos números de ovos viáveis, o número de indivíduos da próxima geração será reduzido, sendo assim, com menor quantidade de lagartas eclodindo, diminui os danos e prejuízos causados as culturas.

Em *S. terebinthifolius* pôde-se observar que houve um maior prolongamento da fase larval quando comparado com os demais tratamentos e foi o extrato que apresentou uma menor biomassa pupal. Segundo Mello e Silva-Filho (2002) a presença de taninos nas folhas de *S. terebinthifolius* atuam inativando as enzimas digestivas criando um complexo tanino-proteína que é de difícil digestão, afetando dessa forma o crescimento e sobrevivência dos insetos. Efeito similar foi relatado por Tirelli et al. (2010), os quais observaram que frações tânicas de *S. terebinthifolius* prejudicaram a digestibilidade de alimentos por lagartas de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae).

Em larvas de *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae) os extratos de *S. terebinthfolius* também agiram no aparelho digestivo do inseto, induzindo a expulsão dos conteúdos intestinais pelas larvas, e, consequentemente, resultando em perdas de nutrientes; bloqueando a digestão e absorção de nutrientes, devido a efeitos citotóxicos nas células digestivas; desregulando a digestão e secreção de substâncias no intestino ou na hemolinfa, devido ao comprometimento das células enteroendócrinas; e interrompendo a homeostase do intestino devido ao desprendimento parcial da matriz peritrófica e à desorganização extensiva do tecido no intestino médio (PROCÓPIO et al., 2015).

O que possivelmente ocorreu no tratamento de *S. terebinthifolius* foi uma redução na ingestão de alimentos; assim foi necessário que essas lagartas permanecessem se alimentando por um maior período de tempo antes de atingirem a fase de pupa. Além disso, o inseto, ao ingerir aléloquímicos, podem otimizar o tempo de retenção do alimento no intestino, maximizando a taxa absoluta de absorção de nutrientes. A redução da biomassa pupal corrobora esse fato, visto que, pequena

quantidade de alimento ingerido devido à ação de um ou vários fatores deterrentes, pode resultar em desequilíbrio nutricional, e prejudicar o ciclo de vida do inseto.

Em relação as espécies de *Annonas,* houve um maior prolongamento do estágio pupal, uma maior redução na sobrevivência pupal e, consequentemente, redução na biomassa pupal. Ribeiro et al. (2016) testando extrato etanólico de sementes de *A. mucosa* sobre *S. frugiperda* verificou a redução da sobrevivência das fases larval e pupal, além da diminuição do peso pupal, bem como, os resultados observados neste estudo. Segundo os autores, tais efeitos devem estar associados à redução da eficiência de conversão alimentar em detrimento da interferência das acetogeninas, na atividade enzimática do mesêntero do inseto (MARTINEZ & VAN ENDEM, 1999), e das células musculares do canal alimentar, diminuindo a frequência de contrações e aumentando a flácidez muscular (MORDUE (LUNTZ) & NISBET, 2000), aspectos que comprometem a fisiologia do trato digestivo e o ganho de biomassa corpórea.

De forma semelhante, o extrato de folhas de *A. coriacea* diminuiu a sobrevivência larval e afetou o desenvolvimento da fase pupal e o ganho de peso de *S. frugiperda* (FREITAS et al., 2014). Os autores verificaram, ainda, a pronunciada ação do extrato de *Annona dioica* na fase adulta, especialmente na fecundidade e fertilidade, bem como no desenvolvimento embrionário de *S. frugiperda*, variáveis não analisadas no presente estudo, mas que podem influenciar significativamente a demografia da espécie-praga no campo.

O único tratamento que atuou alterando todos os parâmetros biológicos foi *S. marginata* (exceto a longevidade ded adultos, nesse caso, os tratamentos de extratos etanólicos não diferiram estatisticamente da testemunha), ou seja, além de prolongar o ciclo de vida de *P. xylostella*, apresentou mortalidade de larvas e pupas, e afetaram a fecundidade das femeas, reduzindo o número de ovos e a sobrevivência deles. Em análises fitoquímicas de *Serjania* (PÉRICO et al., 2015; SILVA et al., 2017), evidenciaram em sua composição um grupo de metabólito secundário denominado saponinas, que são responsáveis pela defesa de plantas contra antagonistas, como moluscos, patógenos e insetos (DOWD et al., 2011; LEE et al., 2016).

Algumas saponinas formam complexos com proteínas e, por esta ação, aparentemente inibem proteinases e afetam a digestão no intestino dos insetos (de GEYTER et al., 2012; SOETAN et al., 2014). Tal fato pode ser corfimado pelo trabalho de Rizwan-ul-Haq et al. (2009), que observaram que extratos de saponinas atuaram

dificultando a digestão de *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) devido a redução das microvilosidades do epitélio do intestino médio.

A capacidade de penetrar membrana celular e induzir a apoptose, faz com que as saponinas sejam citotóxicas para lepidópteros, podendo afetar seu crescimento e sua alimentação (de GEYTER et al., 2012). Cai et al. (2016) verificaram que extratos a base de saponinas prolongaram o ciclo de vida de *P. xylostella*, além disso, observaram uma redução no consumo foliar, um menor peso pupal, diminuição da fecundidade e emergência de adultos.

Foi observada uma redução da mobilidade nas lagartas oriundas do tratamento de *S. marginata*, e respectivamente, maior mortalidade das lagartas. Segundo Guo et al. (2013) extratos de plantas que possuem acentuada viscosidade podem dificultar a locomoção e a alimentação de larvas, principalmente nos estágios iniciais, reduzindo a sobrevivência da fase larval. Isso ocorreu em *S. marginata*, possivelmente pelas propriedades anfipáticas das saponinas.

Dessa forma, os extratos vegetais utilizados nesse trabalho atuaram afetando negativamente o ciclo de vida de *P. xylostella*, sendo que, o melhor tratamento foi o d*e S. marginata*, por apresentar alterações em todos os parâmetros, reduzir em 50 % o número de indivíduos do experimento e afetar a geração seguinte reduzindo a sobrevivência e o número de ovos. Portanto, novos estudos devem ser elaborados com o intuito de saber a melhor forma de utilizar e manejar tais extratos em condições de campo, e assim, reduzir o número de aplicações de insumos sintéticos.

Referencias

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.

BERMEJO, A.; FIGADERA, B.; ZAFRA-POLO, M.C.; BARRACHINA, I.; ESTORNELL, E.; CORTES, D. Acetogenins from annonaceae: recent progress in isolation, synthesis and mechanisms of action. **Natural Product Report**, v.22, p. 269-303, 2005.

BERNARDES, R. C.; TOMÉ, H.V.V.; BARBOSA, W. F.; GUEDES, R. N. C.; LIMA, M. A. P. Azadirachtin-induced antifeeding in Neotropical stingless bees. **Apidologie (Celle)**, v. 47, p. 1-11, 2016.

BONNER, M. R.; FREEMAN, L. E. B.; HOPPIN, J. A. Occupational Exposure to Pesticides and the Incidence of Lung Cancer in the Agricultural Health Study. **Environmental Health Perspectives**, v. 125, n. 4, p. 544-551, 2017.

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.

CÉSPEDES, C.L.; CALDERON, J.S.; LINA, L.; ARANDA, E. 2000. Growth Inhibitory Effects on Fall Armyworm *Spodoptera frugiperda* of Some Limonoids Isolated from *Cedrela* spp. (Meliaceae). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, p. 1903-1908, 2000.

COSTA, E.L.N.; SILVA, R.F.P.; FIUZA, L.M. 2004. Efeitos, aplicações e limitações de extratos de plantas inseticidas. **Acta Biológica Leopoldensia**, v. 26, p. 173-185, 2004.

CREMONESE, C.; PICCOLI, C.; PASQUALOTTO, F.; CLAPAUCH, R.; KOIFMAN, R. J.; KOIFMAN, S.; FREIRE, C. Occupational exposure to pesticides, reproductive hormone levels and sperm quality in young Brazilian men. **Reproductive Toxicology**, v. 67, p. 174-185, 2017.

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

DOUST, E.; AYRES, J. G.; DEVEREUX, G.; DICK, F.; CRAWFORD, J. O.; COWIE, H.; DIXON, K. Is pesticide exposure a cause of obstructive airways disease? **European Respiratory Review**, v. 23, n. 132, p. 180-192, 2014.

DOWD, P.F.; BERHOW, M.A.; JOHNSON, E.T. Differential activity of multiple saponins against omnivorous insects with varying feeding preferences. **Journal of Chemical Ecology**, v. 37, p. 443-449, 2011.

FRAZIER, L. M. Reproductive disorders associated with pesticide exposure. **Journal of Agromedicine**, v. 12, n. 1, p. 27-37, 2007.

FREITAS, A. F.; PEREIRA, F. F.; FORMAGIO, A. S. N.; LUCCHETTA, J. T.; VIEIRA, M. C.; MUSSURY, R. M. Effects of methanolic extracts of *Annona* species on the development and reproduction of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Neotropical Entomology**, v.43, p.446-452, 2014.

FOSTER, W. G.; EVANS, J. A.; LITTLE, J.; ARBOUR, L.; MOORE, A.; SAUVE, R.; LEÓN, J. A.; LUO, W. Human exposure to environmental contaminants and congenital anomalies: a critical review. **Critical Reviews in Toxicology**, v. 47, 2017.

GENG, Y.; MA, J.; ZHOU, R.; JIA, R.; LI, C.; MA, X. Assessment of insecticide risk to human health in groundwater in Northern China by using the China-PEARL model. **Pest Management Science**, v. 73, p. 2063-2070, 2017.

GOLDMAN, S. M.; MUSGROVE, R. E.; JEWELL, S. A.; DI MONTE, D. A. Pesticides and Parkinson's Disease: Current Experimental and Epidemiological Evidence. **Advances in Neurotoxicology**, v. 1, p. 83-117, 2017.

GUO, H.; YANG, M.; QI, Q. Insecticidal and antifeedant effects of two alkaloids from *Cynanchum komarovii* against larvae of *Plutella xylostella* L. **Journal of Applied Entomology**, v. 10, p. 32-35, 2013.

GUO, L.; LIANG, P.; ZHOU, X.; GAO, X. Novel mutations and mutation combinations of ryanodine receptor in a chlorantraniliprole resistant population of *Plutella xylostella* (L.). **Scientific Reports**, v. 4, p. 6924, 2014.

ISMAN, M. B.; SEFFRIN, R. **Natural insecticides from the Annonaceae: a unique example for developing biopesticides**. Advances in Plant Biopesticides. Springer, p. 21-33, 2014.

JEON, J. H.; KIM, Y. K.; LEE, S. G.; LEE, G. H.; LEE, H. S. Insecticidal activities of a Diospyros kaki root-isolated constituent and its derivatives against *Nilaparvata lugens* and *Laodelphax striatellus*. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v.14, p. 449-453, 2011.

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**, 2016.

MARTINEZ, S. S.; VAN ENDEM, H. F. Sublethal concentrations of azadirachtin affect food intake, conversion efficiency and feeding behaviour of *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae). **Bulletin of Entomological Research**, v. 89, p. 65-71, 1999.

MATIAS DA SILVA, R.; FIORATTI, C.A.G.; SILVA, G.B.; CARDOSO, C.A.L.; MIRANDA, L.O.; MAUAD, M.; MUSSURY, R.M. Antibiose do extrato foliar de *Duguetia furfuracea* sobre *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). In **Temas Atuais em Ecologia Comportamental e Interações**, Anais do II BecInt—Behavioral Ecology and Interactions Symposium, 1st ed.; Calixto, E.S., Toreza-Silingardi, H.M., Eds.; Editora Composer: Uberlândia, MG, Brasil, p. 52–69, 2017.

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 (LUNTZ), A. J.; NISBET, A. J. Azadirachtin from the neem tree *Azadirachta indica*: its action against the insects. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 29, p. 615-632, 2000.

PASHTE, V. V.; PATIL, C. S. Impact of different insecticides on the activity of bees on sunflower. **Reserch on Crops**, v. 18, nº 1, p. 153-156, 2017.

PÉRIS-SAMPEDRO, F.; CABRÉ, M.; BASAURE, P.; REVERTE, I.; DOMINGO, J. L.; COLOMINA, M. T. Adulthood dietary exposure to a common pesticide leads to an obese-like phenotype and a diabetic profile in apoE3 mice. **Environmental Research**, v. 142, p. 169-176, 2015.

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.

PROCÓPIO TF, FERNANDES KM, PONTUAL EV, XIMENES RM, DE OLIVEIRA ARC, SOUZA, C. S.; MELO, A. M. M. A.; NAVARRO, D. M. A. F.; PAIVA, P. M. G.; MARTINS, G. F.; NAPOLEÃO, T. H. *Schinus terebinthifolius* Leaf Extract Causes Midgut Damage, Interfering with Survival and Development of *Aedes aegypti* Larvae. **PLOS ONE**, v. 10, nº 5, p. e0126612, 2015.

RIBEIRO, L. P.; ANSANTE, T. F.; VENDRAMIM, J. D. Efeito do extrato etanólico de sementes de *Annona mucosa* no desenvolvimento e comportamento alimentar de *Spodoptera frugiperda*. **Bragantia**, v. 75, p. 322-330, 2016.

RIZWAN-UL-HAQ, M.; HU, Q.B.; HU, M.Y.; ZHONG, G.H.; WENG, Q.F. Study of destruxin B and tea saponin, their interaction and synergismactivities with *Bacillus thuringiensis kurstaki* against *Spodoptera exigua* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae). **Applied Entomology and Zoology**, v. 44, p. 419-428, 2009.

RODRIGUEZ, H.C.; VENDRAMIM, J.D. Toxicidad de extractos acuosos de Meliaceae en *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Manejo Integrado de Plagas**, v. 42, p. 14-22, 1996.

SALVI-JÚNIOR, A. *Schinus terebinthifolius* Raddi: estudo anatômico e histoquímico das folhas e investigação do potencial farmacêutico do extrato etanólico e suas frações. Dissertação, Unesp- Araraquara, 81 p., 2009.

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

SILVAA, F. L.; DA SILVA, J. L. V.; SILVA, J. M.; MARCOLIN, L. S. A.; NOUAILHETAS, V. L. A.; YOSHIDA, M.; VENDRAMINI, P. H.; EBERLING, M. N.; BARBOSA-FILHO, J. M.; MORENO, P. R. H. Antispasmodic activity from *Serjania caracasana* fractions and their Safety. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 27, p. 346–352, 2017.

SOETAN, K.; AJIBADE, T.; AKINRINDE, A. Saponins; A Ubiquitous Phytochemical: A Review of its Biochemical, Physiological and Pharmacological Effects**. Recent Progress in Medicinal Plants**, v. 43, p. 1-24, 2014.

SUN, D.; LIU, Y.; QIN, L.; XU, J.; LI, F.; LIU, S. Competitive displacement between two invasive whiteflies: Insecticide application and host plant effects. **Bulletin of Entomological Research**, v. 103, nº 3, p. 344-353, 2013.

TIRELLI, A. A.; ALVES, D. S.; CARVALHO, G. A.; SÂMIA, R. R.; BRUM, S. S.; GUERREIRO, M. C. Efeito de frações tânicas sobre parâmetros biológicos e nutricionais de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, nº 6, p. 1417-1424, 2010.

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

YAN, D.; ZHANG, Y.; LIU, L.; YAN, H. Pesticide exposure and risk of Alzheimer's disease: a systematic review and meta-analysis**. Scientific Reports**, v. 6, p. 32222, 2016.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As plantas avaliadas nesse trabalho afetaram a oviposição e alimentação de *P. xylostella*, impedindo que as mariposas ovipositassem e reduzindo o consumo foliar. O tratamento que foi mais eficaz inibindo a oviposição foi o de *S. marginata*, independente do solvente utilizado. Os tratamentos de *A. crassiflora* e *S. terebinthifolius* foram os mais efetivos como fagodeterrentes, em ambos solventes.

Em relação ao ciclo de vida, verificou-se um prolongamento do ciclo de vida, além de mortalidade. Os extratos atuaram também reduzindo o número e sobrevivência dos ovos. Todos os extratos afetaram negativamente o desenvolvimento de *P. xylostella*, sendo que, os tratamentos de extratos aquosos e etanólicos de *S. marginata* e *A. crassiflora* reduziram a população desse inseto em 50%, além de afetarem a fecundidade das mariposas reduzindo a sobrevivência dos ovos.

As alterações observadas no ciclo de vida da traça das crucíferas evidenciam que os extratos utilizados podem reduzir os danos na cultura, por meio da diminuição do número de gerações e aumento no tempo de exposição da praga à ação dos inimigos naturais, além de afetarem negativamente o desenvolvimento das lagartas, por inibirem a oviposição e alimentação.

Assim, com base nos resultados obtidos, é possível concluir que os extratos vegetais utilizados são promissores para o controle de *P. xylostella* e pode se constituir em um componente útil para o manejo dessa importante espécie-praga no Brasil. Existe, portanto, espaço para melhorar essas plantas inseticidas para uso comercial pelos agricultores. Os efeitos benéficos potenciais dos extratos de plantas fornecem justificativa para novos estudos fitossanitários, incluindo a forma de manejo desses inseticidas em campo, medição de efeitos sub-letais em inimigos naturais e avaliação de toxicidade de mamíferos.