



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOCÊNCIA ANIMAL
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

PEDRO RICARDO DA COSTA SILVA

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL INSETICIDA DE PREPARAÇÕES DE
FLORES DE *Moringa oleifera* E FOLHAS DE *Schinus terebinthifolia*
CONTRA *Sitophilus zeamais* E *Plutella xylostella*

Orientador: Prof. Dr. Emmanuel Viana Pontual

Co-Orientadora: Prof. Dra. Jeine Emanuele Santos da Silva

RECIFE

2020

PEDRO RICARDO DA COSTA SILVA

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL INSETICIDA DE PREPARAÇÕES DE
FLORES DE *Moringa oleifera* E FOLHAS DE *Schinus terebinthifolia*
CONTRA *Sitophilus zeamais* E *Plutella xylostella*

Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de Biociência Animal da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como pré-requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Biociência Animal.

Orientador: Prof. Dr. Emmanuel Viana Pontual

Co-Orientadora: Prof. Dra. Jeine Emanuele Santos da Silva

RECIFE

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

P372a Silva, Pedro Ricardo da Costa
AVALIAÇÃO DO POTENCIAL INSETICIDA DE PREPARAÇÕES DE FLORES DE Moringa oleifera E FOLHAS DE Schinus terebinthifolia CONTRA Sitophilus zeamais E Plutella xylostella / Pedro Ricardo da Costa Silva. - 2020.
85 f. : il.

Orientador: Emmanuel Viana Pontual.
Coorientadora: Jeine Emanuele Santos da Silva.
Inclui referências e anexo(s).

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Biociência Animal, Recife, 2020.

1. Bioinseticida . 2. Inibidor de tripsina. 3. Lectina. 4. Moringa. 5. Aroeira vermelha. I. Pontual, Emmanuel Viana, orient. II. Silva, Jeine Emanuele Santos da, coorient. III. Título

PEDRO RICARDO DA COSTA SILVA

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL INSETICIDA DE PREPARAÇÕES DE
FLORES DE *Moringa oleifera* E FOLHAS DE *Schinus terebinthifolia*
CONTRA *Sitophilus zeamais* E *Plutella xylostella*

Área de concentração: Biotecnologia

Data de defesa: 20/02/2020

Resultado:

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Emmanuel Viana Pontual (Presidente)

Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal da UFRPE

Profa. Dr. Maria Taciana Cavalcanti Vieira Soares (1° Titular)

Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal da UFRPE

Prof. Dr. Ardilles Juan Carlos Alves dos Santos (2° Titular)

UFPI

Dr. João Ricardo Sá Leitão Camaroti (3° Titular)

ASCES/UNITA

DEDICATÓRIA

Dedico essa dissertação a minha
vó, Célia, por sua garra e força!
Te amo e te admiro!

AGRADECIMENTOS

A minha Mãe Flávia e ao meu Pai Sérgio, motivos pelos quais eu sigo escrevendo, estudando, me esforçando! Por “segurarem as pontas”, pela compreensão e paciência. Aos meus irmãos Italo e Clara, as minhas tias e primas. A minha vó! Sou eternamente grato a cada um de vocês e essa vitória é nossa!

Agradeço imensamente aos meus amigos, que, de suas maneiras, sempre, me levantaram, me acalmaram, e suportaram meus “dramas”.

A Elyda, Ericka e Ruana pelas conversas até tarde sobre os assuntos mais aleatórios possíveis que me distraíam em momentos de tensão e ansiedade. Pelas indignações e frustrações coletivas nos grupos, que moldam nosso humor, diariamente.

A Íngrid e Taci, amigas desde o ensino médio, por me acompanharem em mais essa jornada e por sempre torcerem por mim mesmo que as vezes de longe. Agradeço pelo cantinho que vocês me reservam quando eu preciso esquecer da academia e falar sobre a vida. Amo vocês!

A Anne, meu anjinho, meu poço de calma, por cada palavra dita nos meus momentos de maior fragilidade, por sempre me fazer sentir especial e por projetar minha confiança.

A Ste, pelos áudios intermináveis e conversas tão produtivas. Poderia passar o dia conversando com você, sem perceber, e ainda assim relutaria se precisasse me despedir sem concluir aquele assunto super importante (ou nem tanto)

A Duda, Ise, Janaina, e Lay meu quarteto preferido da Bio, mesmo que a gente se encontre uma vez a cada dois anos, eu torço demais por vocês e me orgulho com cada conquista!

A Carol, que me acompanhou nos experimentos, na monitoria, nas conversas e nos desafios no lab, e, que esteve presente, me ajudando para que o trabalho com *Sitophilus* acontecesse.

A Bella, meu porto seguro na Bioquímica, pela paciência, pela disponibilidade, companheirismo e dedicação. Obrigado pelos ensinamentos, admiro muito a profissional que você está se tornando!

A João, uma das pessoas mais importantes na minha vida acadêmica, conselheiro da melhor qualidade. Nosso trabalho sobre *Plutella* representa muito para mim, eu agradeço muito por você ter me guiado nesse primeiro grande desafio! Oyá por nós!

Ao LABOTERMES, minha primeira e ETERNA casa na Rural. Em especial a professora Auristela, “rainha” da entomologia a quem eu dedico toda a vontade de continuar com os “insetinhos”! E a Mylis, minha “catadora de cupim” mais linda e inteligente!

Ao LABTEC, pelo espaço, confiança e companheirismo. Em especial aos colegas que fazem ou já fizeram parte desse Lab: Wel e Erasmo.

Aos colegas do PPGBA, em especial a Marcela pelos compartilhamentos e aprendizados. A coordenação do programa, pelo carinho com os discentes, aos professores e demais funcionários.

Ao meu orientador, que me acompanha desde a iniciação científica e que fez parte dessa trajetória, e, que com toda sua calma, confiou em mim e em meus limites e prazos. Pelas lições aprendidas, pelo conhecimento construído durante todos esses anos e que eu levarei para o resto da vida! A minha co-ori pela disponibilidade e confiança.

A banca pelo tempo dedicado para corrigir o trabalho. Pelo carinho nas considerações na qualificação e pelas sugestões.

A FACEPE pelo incentivo e pela oportunidade de fazer ciência e crescer profissionalmente, com responsabilidade.

A nossa Universidade Federal Rural de Pernambuco e todos seus funcionários!

A força divina, a espiritualidade, aos guias e anjos da guarda, e a todas as manifestações religiosas as quais eu me aproximei durante essa aventura chamada mestrado!

“Vai dar pé, aventura faz bem pro Ori!”

RESUMO

Plutella xylostella (traça-das-brássicas) e *Sitophilus zeamais* (gorgulho-do-milho) são insetos de importância econômica por afetarem plantações de brássicas e grãos armazenados, respectivamente. Extratos vegetais tem sido alvo de estudos acerca de suas propriedades inseticidas. O presente trabalho avaliou o potencial inseticida de preparações de folhas de *Schinus terebinthifolia* (aroeira-vermelha) contra *P. xylostella* e de flores de *Moringa oleifera* (moringa) contra adultos de *S. zeamais*. Folhas de *S. terebinthifolia* (10 g) foram secas ao ar e homogeneizadas com NaCl 0,15 M (100 mL). O extrato obtido foi avaliado quanto ao efeito sobre ovos, larvas, pupas e adultos de *P. xylostella*. Adicionalmente, flores de *M. oleifera* foram homogeneizadas com água destilada e o extrato obtido foi investigado quanto ao efeito sobre *S. zeamais* adultos. O extrato de folhas de *S. terebinthifolia* causou mortalidade das larvas com valores de CL₅₀ de 144,9 [127,3–170,6] e 117,4 [88,7–146,2] mg/mL para 96 e 144 h, respectivamente. O Tempo médio para dizimar 50% dos indivíduos (RT₅₀) variou de 6,9 a 6,1 dias para o extrato nas concentrações de 50 a 150 % (mg/MI). O extrato de folhas (150 mg/mL) também reduziu a viabilidade das pupas em 50% e apresentou efeito deterrente de oviposição. Os índices de deterrência foram 63,42% e 77% para o extrato a 20 e 50 mg/mL, respectivamente, após 24 h de tratamento. O extrato de folhas não afetou a eclodibilidade dos ovos de *P. xylostella*. Uma lectina (SteLL) foi isolada do extrato de folhas utilizando protocolo previamente estabelecido, contudo esta não foi tóxica para as larvas de *P. xylostella*. O extrato de flores de *M. oleifera* não promoveu mortalidade nos insetos, porém, apresentou efeito deterrente alimentar moderado nas concentrações de 0,5 a 4,5 mg/g (Índice de deterrência alimentar de 52,8% a 69%) e forte a 6,0 mg/g (Índice de deterrência alimentar de 82%). Um inibidor de tripsina isolado das flores de *M. oleifera* (MoFTI) por cromatografia de afinidade em coluna de tripsina-agarose causou a morte dos *S. zeamais* adultos, provavelmente decorrente da sua má nutrição. Adicionalmente, o extrato (6 a 0,5 mg/g) e MoFTI (3 mg/g) não foram tóxicos para sementes de milho, o que é vantajoso caso essas preparações sejam empregadas para proteção de grãos armazenados. Em conclusão, o extrato de folhas de *S. terebinthifolia* e o extrato de flores de *M. oleifera* representam novos biomateriais com potencial para controle populacional dos insetos-praga *S. zeamais* e *P. xylostella*, respectivamente.

Palavras-chave: Bioinseticida, inibidor de tripsina, lectina, moringa, aroeira vermelha.

ABSTRACT

Plutella xylostella (Diamondback moth) and *Sitophilus zeamais* (maize weevil) are economically important insects that affect brassica plants and stored grains, respectively. Plant extracts have been the subject of studies on their insecticidal properties. The present work studies the insecticide potential of preparations from *Schinus terebinthifolia* (Brazilian pepper-tree) leaves against *P. xylostella* and from *Moringa oleifera* (Drumstick Tree) against *S. zeamais* adults. *S. terebinthifolia* leaves (10 g) were air dried and homogenized with 0.15 M NaCl (100 mL). The resulting extract was evaluated for the effect on *P. xylostella* eggs, larvae, pupae and adults. *M. oleifera* flowers (50 g) were homogenized with distilled water (100 mL) and the extract was investigated for their effect on *S. zeamais* adults. The *S. terebinthifolia* leaf extract caused larval mortality with LC₅₀ values of 144.9 [127.3-170.6] and 117.4 [88.7-146.2] mg / mL for 96 and 144 h, respectively. The average time to decimate 50% (RT₅₀) ranged from 6.9 to 6.1 days for the leaf extract from 50 to 150% (mg / ml). The leaf extract (150 mg / mL) also reduces pupae viability by 50% and has a determining effect on oviposition. The oviposition deterrent index was 63.42% and 77% for extract at 20 and 50 mg / mL, respectively, after 24 h of treatment. Leaf extract did not affect hatchability of *P. xylostella* eggs. A lectin (SteLL) was isolated from leaf extract using an established protocol, but its was not toxic to *P. xylostella* larvae. Flower extract does not promote insect mortality, however, it shows a moderate dietary determinant effect in the 0.5 to 4.5 mg/g (52.8% to 69%) and a strong 6.0 mg/g (82% food dissociation). A trypsin inhibitor isolated from the flowers of *M. oleifera* (MoFTI) in trypsin-agarose column by affinity chromatography caused the death of adult *S. zeamais*, probably due to their malnutrition. Additionally, the extract (6 a 0.5 mg/g) and MoFTI (3 mg/g) were not toxic for corn seeds, which is advantageous if these preparations are used to protect stored grains. In conclusion, *S. terebinthifolia* leaf extract and *M. oleifera* flower extract represents new biomaterials with potential for population control of *S. zeamais* and *P. xylostella*.

Keywords: Bioinsecticide, trypsin, inhibitor, lectin, Diamondback moth.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES – REVISÃO DE LITERATURA

Figura 1 – Ciclo de Vida <i>P. xylostella</i>	20
Figura 2 – Lagartas de <i>P. xylostella</i> se alimentando de folha de brássicas.....	22
Figura 3 – Adultos de <i>S. zeamais</i> infestando grãos de milho.....	23
Figura 4 – Caracteres diagnósticos de <i>S. zeamais</i>	24
Figura 5 – Diversas partes de <i>S. terebinthifolia</i> (aroeira-vermelha)	29
Figura 6 – Diversas partes de <i>M. oleifera</i> (moringueiro).....	32

LISTA DE ILUSTRAÇÕES – ARTIGOS

Capítulo 1 - Extrato de folhas de *Schinus terebinthifolia* é um agente larvicida, pupicida e deterrente de oviposição contra *Plutella xylostella*:

Figura 1. A Efeitos do extrato (10 a 50 mg/mL) na eclodibilidade dos ovos de *P. xylostella* 69

Figura 1. B curvas de Kaplan – Meier dos tratamentos controle e extrato (20 a 150 mg/mL).....69

Figura 1. C Efeito deterrente de oviposição do extrato em 20 mg / mL ou 50 mg/mL em fêmeas de *P. xylostella*.....69

Capítulo 2 - Efeito do extrato e inibidor de tripsina de flores de *Moringa oleifera* na sobrevivência e nutrição de *Sitophilus zeamais* adultos:

Figura 1. Cromatograma do extrato de flores de *M. oleifera* em coluna de Tripsina-Agarose..... 76

Figura 2 - Efeito do extrato de flores de *M. oleifera* (0,5–6,0 mg/g) sobre o comportamento alimentar (A) e parâmetros nutricionais (B, C e D) de adultos de *S. zeamais*.....77

Figura 3 – Sobrevivência de *S. zeamais* tratados com MoFTi (3,0 mg/g).....78

Figura 4 - Efeito do inibidor de tripsina de flores de *M. oleifera* sobre os parâmetros nutricionais (A, B e C) de *S. zeamais* adultos.....79

Figura 5: Número de sementes de milho germinadas nos tratamentos com extrato de flores ou MoFTi – A; Taxa de crescimento relativo das sementes de milho tratadas com extrato de flores ou MoFTi – B; Grãos de milho nos diferentes tratamentos – C.....80

LISTA DE TABELAS

Revisão Bibliográfica

Tabela 1- Efeito do caruncho, <i>S. zeamais</i> , sobre a germinação de sementes de milho.....	23
---	----

Capítulo 1 - *Extrato de folhas de Schinus terebinthifolia é um agente larvicida, pupicida e deterrente de oviposição contra Plutella xylostella:*

Tabela 1. Tempo médio de sobrevivência nos tratamentos com extrato de folhas (20 a 150 mg/mL) e solução controle (NaCl 0,15 M).....	66
Tabela 2. Toxicidade por ingestão do extrato de folha de <i>S. terebinthifolia</i> contra larvas de <i>P. xylostella</i>	67
Tabela 3. Efeitos do extrato de folhas de <i>S. terebinthifolia</i> na viabilidade de larvas e pupas de <i>P. xylostella</i>	67
Tabela 4. Efeitos da ingestão de extrato de folhas de <i>S. terebinthifolia</i> por larvas de <i>P. xylostella</i> na fertilidade de adultos.....	68

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APRD – Arthropod Pesticide Resistance Database

CABI – Invasive Species Compendium

Ec – Eggs in control

Et – Eggs in treatment

HA – Hemagglutinating activity

HAU – Hemagglutinating activity units

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

IDA – Índice de deterrência alimentar

IPA – Instituto Agronômico de Pernambuco

MoFTI – M. oleifera flower trypsin inhibitor

ODI – Oviposition deterrence index

StELL – *Schinus terebinthifolius* Leaf Lectin

TCR – Taxa de consumo relativo

TGB – Taxa de ganho relativo de biomassa

ECAI – Eficiência de conversão do alimento ingerido

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	13
2. REVISÃO DE BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1. Importância dos insetos.....	15
2.2. Pragas de frutas, hortaliças e de grãos armazenados.....	16
2.2.1. <i>Plutella xylostella</i>	18
2.2.2. <i>Sitophilus zeamais</i>	22
2.3. Métodos clássicos de controle de insetos-praga.....	25
2.4. Métodos alternativos de controle de insetos-praga.....	26
2.4.1. Manejo Integrado de Pragas (MIP).....	26
2.5. Espécies vegetais como agentes inseticidas.....	27
2.5.1. <i>Schinus terebinthifolia</i>	28
2.5.2. <i>Moringa oleifera</i>	31
3. OBJETIVOS.....	35
3.1. Objetivo geral.....	35
3.2. Objetivos específicos.....	35
4. REFERÊNCIAS	36
5. CAPÍTULO 1 – Schinus terebinthifolia leaf extract is a larvicidal, pupicidal, and oviposition deterring agent against Plutella xylostella	52
5.1. Introdução.....	53
5.2. Material e métodos.....	54
5.3. Resultados e Discussão	58
5.4. Conclusão.....	61
5.5. Agradecimentos.....	61
5.6. Referências	61
6. CAPÍTULO 2 – Efeito do extrato e inibidor de tripsina de flores de <i>Moringa oleifera</i> na sobrevivência e nutrição de <i>Sitophilus zeamais</i> adultos	70
6.1. Introdução.....	71
6.2. Material e métodos.....	72
6.3. Resultados e Discussão.....	75
6.4. Conclusão.....	81
6.5. Referências.....	81
7. CONCLUSÃO ,,,,.....	84
8. ANEXOS	85

INTRODUÇÃO

Alimentar uma população que cresce exponencialmente é um dos principais desafios mundiais. Estima-se que até 2050 o planeta será habitado por mais de 9 bilhões de pessoas e para atingir os níveis de segurança alimentar será necessário disponibilizar 70% mais alimento do que a quantidade produzida atualmente (COLE et al., 2018; LLEWELLYN, 2018). Aumentar a produção, para suprir as necessidades de uma população em expansão, demanda esforços na agricultura, e nos últimos anos esse setor vivenciou drásticos processos de modernização e intensificação (LLEWELLYN, 2018).

A “Revolução Verde” trouxe a disseminação de monocultivos por grandes empresas agroindustriais, a mecanização da produção, a intensiva utilização de insumos químicos, e, a incorporação de biotecnologia às plantações (RIGOTTO et al., 2012), contudo, esse avanço trouxe, ainda, diversas consequências negativas, tais como: a diminuição da biodiversidade, o aparecimento de espécies resistentes, desequilíbrios nos agrossistemas e efeitos prejudiciais ao meio ambiente (como a contaminação de rios e desaparecimento de espécies nativas)(FILIPPONE, 2018).

O Brasil é um dos principais produtores e exportadores de milho no cenário mundial. Na safra de 2017/2018 82,0 milhões de toneladas de milho foram colhidas em território nacional (USDA, 2019). Da mesma forma, o mercado brasileiro de frutas e hortaliças é bastante expressivo e diversificado, e em 2018 foi responsável por uma importância aproximada de 16,8 milhões de toneladas colhidas (CONAB, 2019a).

Os insetos-praga são um dos principais problemas encontrados no campo (GALLO ET AL., 2002; BASS; JONES, 2018), sendo eles, capazes de reduzir completamente uma plantação trazendo danos econômicos irreparáveis (ZALUCKI et al., 2012), e, além desses danos diretos, os custos com manutenção e controle dos prejuízos são bastante significativos. *Sitophilus zeamais* Mots. 1885 (Coleoptera: Curculionidae) e *Plutella xylostella* L. 1758 (Lepidoptera: Plutellidae) são as pragas-chave de grãos de milho e culturas de brássicas (couve, brócolis, repolho), respectivamente. O uso de inseticidas químicos é a medida majoritária para controle populacional desses animais, entretanto, as aplicações desses agrotóxicos ocorre, muitas vezes de forma indiscriminada e intensiva, e, isso acaba trazendo sérias consequências negativas para os aplicadores, para os organismos não-alvo, e, para

o meio ambiente (GIBBS; MACKEY; CURRIE, 2009; TEJA et al., 2019), além disso, anualmente surgem populações de insetos resistentes aos inseticidas disponíveis no mercado para o controle desses animais (DENA et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2017).

Para mitigar os efeitos deletérios dos agrotóxicos novas técnicas são incorporadas ao processo, assim, o Manejo Integrado de Pragas (MIP) tem se mostrado uma alternativa eficiente. Ele se baseia na adoção de medidas, que, visem manter a densidade populacional de determinada praga abaixo do nível de dano econômico (NYAMWASA et al., 2018). MIP reúne diversas técnicas que vão desde a utilização de agentes biológicos (predadores, parasitoides, entomopatógenos), até a rotação de culturas, o uso de variedades resistentes e aplicações integradas de inseticidas químicos, microbianos, feromônios e extratos vegetais (MOSHI; MATOJU, 2017; STENBERG, 2017).

Diversas plantas, usadas na medicina popular tradicional, possuem ações biológicas reportadas, incluindo ação inseticida. Nesse contexto, as espécies vegetais *Moringa oleifera* e *Schinus terebinthifolia* têm sido alvo de pesquisa acerca dessas propriedades (PONTUAL et al., 2014; CAMAROTI et al., 2018).

Dessa forma, o presente trabalho apresenta os resultados da investigação da ação inseticida de preparações de folhas *S. terebinthifolia* e flores de *M. oleifera* contra *P. xylostella* e *S. zeamais*, respectivamente.

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1- IMPORTANCIA DOS INSETOS

Os insetos representam a mais diversificada e numerosa linha evolutiva dos seres vivos, tendo mais de 1 milhão de espécies documentadas em todo o mundo. As razões desse sucesso estão atribuídas a características reprodutivas, tais como alta fecundidade, ciclos de vida (geralmente) breves e tamanho efetivo alto das populações (representado pela quantidade de indivíduos que se reproduzem e conseguem deixar descendentes). Esse sucesso está atrelado ainda, a características estruturais, incluindo metamerização do seu corpo e a presença de um exoesqueleto quitinoso que protege e dá suporte aos movimentos (ENGEL, 2015). Tais características resultam em uma alta adaptabilidade, o que faz com que os insetos sejam encontrados em praticamente todos os habitats do planeta.

Esse grupo possui uma longa e intensa relação com os homens, participando direta e indiretamente na economia mundial (FUJIHARA ET AL., 2011), muitas vezes de forma benéfica, desempenhando alguma função ecossistêmica como, por exemplo a polinização, sendo eles fundamentais para a produção vegetal uma vez que a grande maioria das espécies de polinizadores de plantas são insetos (RICKETTS ET AL., 2004; LOSEY; VAUGHAN, 2006; ZOU ET AL., 2011; SOUZA et al., 2018).

Larvas de besouros, moscas, formigas e cupins são responsáveis, ainda, pela reciclagem de resíduos orgânicos de origem vegetal e animal. Eles disponibilizam esses nutrientes, para que, eles sejam consumidos pelos organismos de níveis tróficos inferiores como fungos e bactérias, promovendo a ciclagem de nutrientes nos ecossistemas (POWER, 2010; HUIS et al., 2013; MACADAM; STOCKAN, 2015).

Entretanto, por causa dessa relação íntima, é cada vez mais comum encontrar insetos nos ambientes urbanos e rurais e, por causa disso, eles são inevitavelmente responsáveis por causar algumas injúrias, afetando, negativamente na economia, seja na forma de vetores de doenças (HOGENHOUT et al., 2008; POLANIA, 2017) ou ainda como pragas agrícolas ou de grão e outros produtos armazenados (FUJIHARA ET AL., 2011).

Muitos insetos são herbívoros vorazes e ao longo dos anos em consonância com a evolução das plantas, desenvolveram mecanismos para evitar as defesas que

estas produzem para combater essa herbivoria (WAR et al., 2012), e isso, somado as características reprodutivas eficientes e condições favoráveis no campo (disponibilidade de recursos alimentares, por exemplo) faz com eles sejam capazes de devastar culturas inteiras seja em campo ou em armazéns (FALCO ET AL., 2001; CHACÓN-FUENTES ET AL., 2016).

2.2 - PRAGAS DE FRUTAS, HORTALIÇAS E DE GRÃOS ARMAZENADOS

A crescente expansão da população mundial, nos últimos anos, traz consigo uma problemática pertinente: a necessidade de se produzir alimentos num ritmo e número tais que supram as demandas alimentares da população. Por causa disso, mais atenção se tem dado à forma com que o alimento é produzido, e, como isso pode afetar o produto final seja qualitativa ou quantitativamente (FAO, 2018).

A agricultura possui um papel fundamental na economia mundial, sendo, responsável por uma parcela bastante significativa da produção de alimentos juntamente com a pecuária e demais setores. No Brasil, o Produto Interno Bruto (PIB) proveniente desse setor, calculado para o ano de 2018, e, divulgado pelo Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (BRASIL, 2018) foi de R\$ 383,9 bilhões.

O Brasil é o terceiro maior produtor de frutas no mercado mundial. Mais da metade da produção é proveniente de agricultura familiar, e do total produzido anualmente, 65% é consumido internamente e 35% é exportado. Já o mercado brasileiro de hortaliças é altamente diversificado, e, segmentado sendo as culturas mais expressivas a tomate, batata, cebola, cenoura e repolho (CONAB, 2019b). Em relatório anual a Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB indicou que a comercialização total de frutas e hortaliças nos CEASAS do Brasil no ano de 2018 foi equivalente a 16.828.901 toneladas de hortaliças e frutas, representando uma receita de R\$ 36.108.680.589,44 (CONAB, 2019a).

Em relação a produção anual brasileira de grãos, em 2017 o país teve uma produção recorde alcançando a marca de 237,6 milhões de toneladas para uma área plantada de 61,0 milhões de hectares. Em 2018, a safra colhida foi de 228,5 milhões de toneladas, um pouco abaixo do recorde obtido em 2017, contudo, um valor ainda bastante expressivo (BRASIL, 2018). Os principais grãos produzidos e exportados no Brasil são arroz, feijão, milho, soja e trigo (CONAB, 2019c).

A produção de grãos varia anualmente nos diferentes lugares do mundo, e por causa disso, os grãos produzidos devem ser estrategicamente armazenados para suprir as necessidades dos anos em que a produção é abaixo da meta, em harmonia com os anos em que a produção supera as expectativas para que não haja desperdícios e carências (NEETHIRAJAN et al., 2007).

Os insetos são um dos principais “inimigos” da produção de alimentos para o consumo humano nas colheitas e nos locais de armazenagem (GALLO ET AL., 2002). Eles raspam, sugam, mastigam ou perfuram diferentes partes da planta causando danos graves diretos (alimentação) ou indiretos (formando galerias susceptíveis a presença de microrganismos que aceleram o processo de decomposição, por exemplo)(SINGH; KAUR, 2018).

Para ilustrar a importância negativa desse grupo na produção de algumas culturas vegetais, Oerke (2006a) realizou um estudo estimando as perdas nas produções de soja, trigo, arroz, milho, e batata em algumas plantações, e concluiu que, ainda que essas culturas possuíssem algum tipo de medida de proteção contra as pragas, as perdas poderiam atingir a marca de 50% do total plantado (valor registrado para a trigo).

Os insetos-praga de produtos armazenados atacam principalmente cereais crus e processados, legumes, sementes, especiarias, frutas secas, nozes e outras mercadorias duráveis. Esses animais causam perdas qualitativas significativas nos setores multibilionários produtores de grãos, alimentos e varejo, porque, consomem e adulteram o produto armazenado, gerando reclamações dos clientes, rejeição dos produtos no momento da venda e custos associados à sua gestão (HAGSTRUM; SUBRAMANYAM, 2009).

As principais ordens de insetos-pragas são as Ordens Coleoptera (besouros) e Lepidoptera (mariposas), dessas duas, os besouros são os mais eficientes e levam maior vantagem por serem diversificados e altamente destrutivos, pois, são capazes de atacar o grão tanto na sua forma jovem (fase larval) quanto na fase adulta, diferente das mariposas que geralmente atacam os produtos armazenados apenas na fase larval. Baratas, formigas, grilos, traças, psocódeos e cupins também são encontrados nos locais de armazenagem, e, mesmo que não causem dano direto diminuem o valor

comercial do grão porque produzem detritos com mau cheiro que muitas vezes inviabilizam o consumo do grão (UPADHYAY, R.K.; AHMAD, 2011).

Os insetos-praga são didaticamente divididos em dois grupos: as pragas primárias e as pragas secundárias. No primeiro grupo encontram-se os insetos que possuem a capacidade de atacar o grão íntegro, alimentando-se tanto dos tecidos externos quanto dos tecidos internos (tecidos de reserva da semente). Já as pragas secundárias só conseguem atacar o grão já danificado/quebrado (LORINI et al., 2009).

Além disso, muitas das pragas de produtos armazenados são capazes de provocar infestação cruzada (atacam o grão tanto em campo quanto nos armazéns) e isso influencia negativamente a produtividade das safras gerando dano econômico significativo (OERKE, 2006b). Somado a isso, existem os danos relacionados a ação indireta das pragas, tais como, os gastos com compra e aplicação de inseticidas, às despesas relacionadas ao tratamento médico de pessoas envenenadas por inseticidas e aos danos causados pela contaminação ambiental proveniente do uso indiscriminado desses defensivos (OLIVEIRA et al., 2014)

Na safra de 2017/18 a produção brasileira de milho foi equivalente a 82 milhões de toneladas de acordo com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2019), tornando o país o terceiro maior produtor e exportador dessa cultura no ano de 2018 (BRASIL, 2018). O milho é produzido em duas safras anuais e é utilizado em diferentes setores, como alimentação animal (ração), industrialização ou consumo em natura. Para suprir as demandas dos períodos entressafras a cultura carece de armazenamento, entretanto, muitas vezes por falta de informação, os grãos acabam sendo armazenados de forma incorreta, em condições inadequadas, o que compromete a qualidade do produto (ZUCARELI et al., 2015) e favorece o ataque de pragas.

2.2.1 *Plutella xylostella*

Plutella xylostella, L. 1758 (Lepidoptera: Plutellidae), popularmente conhecida como traça-das-brássicas é um microlepidóptero com coloração parda de importância para cultura das brássicas (couve, couve-flor, repolho, espinafre, mostarda) em todo o mundo (GALLO ET AL., 2002). Os custos anuais totais estimados para tratamento,

e, controle dessa praga, ao redor do mundo, é de cerca de 5 bilhões de dólares (ZALUCKI et al., 2012).

P. xylostella originou-se, provavelmente, no continente africano, entretanto, existem pesquisadores que não descartam a possibilidade de que essas mariposas tenham, a princípio, surgido na Ásia, e, logo após terem povoado os demais continentes (JURIC; SALZBURGER; BALMER, 2017). As populações encontradas nas américas são, provavelmente, oriundas do continente europeu (CAPINERA, 2015). Embora, não haja um consenso em relação a origem geográfica exata, é possível encontrá-las em todos os continentes, associadas às brássicas (ULMER et al., 2002; AHMAD, 2005).

Quando em repouso, as asas dos machos desta espécie apresentam uma mancha mais clara que assemelha-se a um diamante (BRANCO et al., 2007), essa característica, além de servir como ferramenta útil para sexagem (apenas os machos possuem essa estrutura) dá nome popular à espécie nos demais países: *Diamondback moth* (CAPINERA, 2015).

A capacidade de voo de *P. xylostella* é bastante limitada, e geralmente os adultos não ultrapassam dois metros de altura durante o voo, apesar disso, por causa do seu tamanho são facilmente arrastados pelo vento, podendo atingir longas distâncias. Os estágios imaturos também podem ser carregados em “carona” indo se estabelecer em outras regiões (CHU, 1985)

A média de ovos depositados por fêmea, durante seu ciclo, pode chegar a 350. Os ovos são pequenos, arredondados e esverdeados sendo depositados isoladamente, preferencialmente, na face inferior da folha ou, ainda, em grupos de dois ou três (Fig. 1.a) (CASTELO BRANCO, 1998; GALLO ET AL., 2002). Adultos vivem de 13-16 dias, e, podem ovipositar durante pelo menos 10 desses dias (CAPINERA, 2001). Fatores como temperatura (TALEKAR; SHELTON, 1993; CREMA; CASTELO BRANCO, 2006; CAPINERA, 2015) e tipo de cultivar (THULER; BORTOLI; BARBOSA, 2007; BORTOLI et al., 2011; HASANSHAHI et al., 2014; NETHONONDA; NOFEMELA; MODISE, 2016) tendem a influenciar significativamente no ciclo de vida de *P. xylostella*.

Figura 1 – Ciclo de Vida e *P. xylostella*



a. grupo de ovos de *P. xylostella*, Fonte: Padil.gov; **b.** lagarta de *P. xylostella*, Fonte: CABI; **c.** pupa de *P. xylostella* envolta de casulo de seda; **d.** adulto de *P. xylostella* exibindo estrutura em forma de diamante nas suas asas em repouso, Fonte: Wildlife Insight

O tempo estimado entre oviposição e eclosão da larva é de 3-5 dias (RAM; BYRNE, 2009). Após eclodir do ovo, a larva (Fig. 1.b) passa por quatro ínstaes larvais e após 9-10 dias atinge o tamanho máximo de 10mm (GALLO ET AL., 2002). Durante esse período a larva se alimenta avidamente de folhas de brássicas. As larvas tecem uma teia de seda, e, se movimentam violentamente para fugir na direção contrária ao distúrbio, se forem incomodadas (CAPINERA, 2001).

Larvas do primeiro ínstar são geralmente pálidas e possuem cápsula cefálica escura e distinguível das demais partes do corpo (CAPINERA, 2001). Inicialmente, elas penetram na folha raspando-as para se alimentar do parênquima, formando galerias. Quando o ataque é intenso as folhas assumem aspecto de renda (CARDOSO et al., 2012).

Dois ou três dias após a eclosão a larva de segundo ínstar abandona a galeria para se alimentar da face interna, ou, externa das folhas adquirindo uma coloração esverdeada (GALLO et al., 2002). Nesse momento, surgem alguns pelos escuros e espessos, distribuídos, uniformemente, ao longo de seu corpo. É possível observar, ainda, a presença de cinco pares de falsas pernas (CABI, 2017).

Larvas do segundo e terceiro ínstaes se alimentam do tecido foliar (exceto da epiderme superior), o que faz com que a folha atacada apresente uma aparência transparente. Já as larvas do quarto ínstar se alimentam de qualquer parte de folha (CASTELO BRANCO et al., 1998). Após ter se alimentado durante a fase de larva, o inseto começa a tecer um casulo formado por malhas entrando, portanto, na fase prepupal, caracterizada por ser um período de quiescência.

Dois dias após esse período a prepupa se desfaz de seu último tecido (que geralmente fica anexado a região caudal) e, finalmente se transforma em pupa (TALEKAR; SHELTON, 1993). As pupas são, geralmente, cobertas por um envelope de seda (Fig. 1.c), entretanto, é possível o desenvolvimento desses insetos sem esse envoltório, ainda que, isso possa interferir na viabilidade das mesmas por que há uma menor proteção da pupa (CABI, 2017).

A fase pupal tem duração de cerca de 4 dias (GALLO et al., 2002). No fim da noite, preferencialmente, os adultos (Fig. 1.d) saem para encontrar seus parceiros, e, durante a madrugada as fêmeas ovipositam dando reinício ao ciclo (CASTELO BRANCO et al. 1998; CAPINERA, 2001)

A alimentação voraz das larvas de *P. xylostella* (Fig. 1.b), prejudica substancialmente uma plantação (Fig. 2), e, ainda que essas larvas sejam menores em relação a outros lepidópteros praga, são capazes de, em alguns casos, reduzirem totalmente uma produção (RAM; BYRNE, 2009; PHILIPS et al., 2014)

Figura 2 - Lagartas de *P. xylostella* se alimentando de folha de brássicas.



a - b: Lagartas do terceiro e quarto instar de *P. xylostella* se alimentando de folhas de couve. c – e: graus de infestação e danos causados por *P. xylostella* em variedades de couve. Fontes: a- Koppertus; b- Joan Conrow; c – Minden pictures; d - Biovision; e - PaDIL.

2.2.2 *Sitophilus zeamais*

Sitophilus zeamais (Fig. 3 .a e b) Mots. 1885 (Coleoptera: Curculionidae), originário da Índia e encontrado nas regiões temperadas e tropicais, popularmente conhecido como gorgulho do milho, é um dos principais insetos-praga da cultura de milho no Brasil. É considerada uma praga primária, possui um grande número de hospedeiros, elevado potencial biótico, capacidade de penetração na massa de grãos (mesmo em profundidade) e possibilidade de infestação tanto no campo como nas unidades de armazenamento (infestação cruzada) (GALLO ET AL., 2002).

Os adultos perfuram o grão, e suas larvas, após eclodirem dos ovos, adentram ao grão pelas galerias formadas, devorando os tecidos germinativos das sementes causando diminuição do poder germinativo, perda no peso do grão, desvalorização comercial e perda no valor nutritivo (SANTOS, 2006).

Figura 3 – Adultos de *S. zeamais* (a) infestando grãos de milho (b).



Fonte: 1.a Centre for Agriculture and Bioscience International - CABI; 1.b EMBRAPA.

A tabela (1) mostra que *S. zeamais* pode causar danos aos grãos de milho em qualquer fase da vida. A simples presença do ovo no interior do grão é capaz de comprometer o poder germinativo da semente (em 13%) como foi observado por SANTOS (2006, apud, SANTOS et al., 1990).

Tabela 1- Efeito de *Sitophilus zeamais*, sobre a germinação de sementes de milho. Adaptado

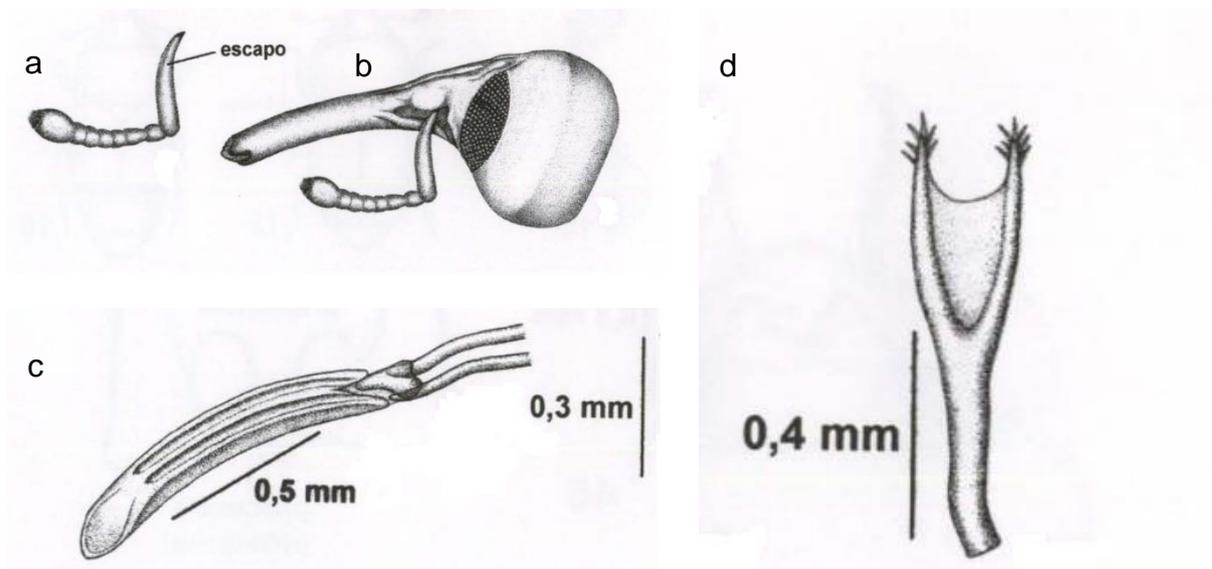
Tratamentos (instares)	Idade dos insetos (dias)	Sementes danificadas (%) ¹	Plantas normais (%) ²	Plantas anormais (%)	Sementes mortas (%)
1. Pupa/adulto	41-46	87,0	02 f	04	94
2. Pupa/adulto	35-40	45,5	01 f	01	98
3. Pupa/adulto	29-34	11,0	25 e	27	48
4. L. 4 ^o instar	23-28	0,0	35 d	22	43
5. L. 3 ^o instar	17-22	0,0	63 c	17	20
6. L. 2 ^o instar	11-16	0,0	65 c	12	23
7. L. 1 ^o instar	5-10	0,0	72 c	12	16
8. Ovo	0-5	0,0	82 b	02	16
9. Testemunha	-	-	95 a	03	02

Fonte: (Adaptada de Santos, 2006, apud Santos et al., 1990) 1. porcentagem de sementes cujos insetos já haviam emergido até o dia do teste, 2. letras diferentes representam diferença estatística significativa.

Taxonomicamente, os representantes do complexo *Sitophilus* spp. se caracterizam pela presença de antena com oito artículos, do tipo geniculada, com o primeiro artículo (escapo) alongado e normalmente maior que os três artículos seguintes (Fig. 4.a), a cabeça prolonga-se anteriormente para formar um rostro longo,

que abriga as peças bucais (Fig. 4.b); os élitros normalmente não são mais largos que o protórax e levemente mais curtos que o abdômen, deixando a ponta do abdômen visível de cima; o comprimento varia entre 2,5 - 4,5mm. *S. zeamais* se diferencia das demais espécies do gênero a partir de características internas da superfície do edeago, órgão sexual masculino (Fig. 4.c), que apresenta dorsalmente uma crista central entre duas depressões longitudinais e dos prolongamentos do esclerito, órgão sexual feminino, em forma de Y que são pontiagudos e o espaço entre eles é maior que a largura dos dois juntos (Fig. 4.d) (PEREIRA; ALMEIDA, 2001)

Figura 4 – Caracteres diagnósticos de *S. zeamais*. **a.** Antena do tipo geniculada com escapo maior que as demais partes, **b.** rostró de *S. zeamais*, **c.** (genitália masculina) edeago com crista central entre duas depressões longitudinais, **d.** genitália feminina em forma de Y.



Fonte: PEREIRA; ALMEIDA, 2014 Adaptado.

O ciclo de vida do gorgulho do milho compreende sete fases de desenvolvimento: ovo, quatro fases larvais, fase prepupal/pupal e fase adulta, essas fases podem variar em função da qualidade do grão, da cultura (tipo de grão), da temperatura e da umidade (FARONI; SOUSA, 2015). O período de oviposição dura em média 25 dias, podendo estender-se (em condições ideais de temperatura e umidade) a mais de 100 dias (GALLO ET AL., 2002). O período de incubação desses ovos varia de 3 a 6 dias (OJO; OMOLOYE, 2016). Os ovos são depositados em

cavidades que os adultos constroem com o rostró nos grãos, um por vez, e, cada fêmea pode ovipositar até 3 ovos por dia, alcançando um total de até 150 ovos no final de seu período reprodutor. Os ovos são cobertos, então, com uma massa gelatinosa que forma uma “tampa”, protegendo a larva que eclodirá indo se alimentar dos tecidos internos do grão, mantendo-se no interior deste até atingir a fase de pupa (FARONI; SOUSA, 2015).

As larvas de *S. zeamais* são canibais, e isso impossibilita que mais de uma larva habite grãos pequenos (arroz e trigo) simultaneamente, contudo, em grãos maiores (milho) a área de encontro entre as larvas é menor e por causa disso mais de um adulto pode emergir por grão (FARONI; SOUSA, 2015). A larva é apoda, esbranquiçada e possui uma cabeça bastante esclerotizada de cor marrom clara, o período larval médio é de 24 dias (GALLO ET AL., 2002).

Após o quarto ínstar larval, uma prepupa branca, oval e delgada inicia o processo de metamorfose. Algumas horas após a formação da prepupa, o indivíduo transforma-se totalmente em uma pupa exarada, com as asas e apêndices locomotores colados ao corpo. Esse estágio de desenvolvimento dura em média 6 dias (OJO; OMOLOYE, 2016). Os adultos emergem então dos grãos dando reinício ao ciclo.

2.3- METODOS CLÁSSICOS DE CONTROLE DE INSETOS-PRAGA

Ao longo dos anos, a maior demanda por produção de alimentos exigiu que as áreas de cultivo aumentassem, e, então a agricultura entrou em um processo intensivo de modernização, sendo assim, o volume de agrotóxicos utilizado nessas plantações também aumentou (CARVALHO, 2006). Por consequência do uso generalizado, indiscriminado, e, intensivo de agrotóxicos (que incluem tanto fertilizantes químicos quanto pesticidas), começaram a surgir diversos problemas, tais como a ocorrência de resíduos em alimentos, a contaminação de solos e águas, o efeito em organismos não-alvo, intoxicação de trabalhadores rurais (CAMPANHOLA; BETTIOL, 2003; SILVA; SANTOS, 2007; AKTAR; SENGUPTA; CHOWDHURY, 2009; GIBBS; MACKEY; CURRIE, 2009; MOSTAFALOU; ABDOLLAHI, 2017; SABARWAL; KUMAR; SINGH, 2018) e a ocorrência de populações de pragas resistentes (WILSON; TISDELL, 2001).

A contaminação por exposição aos pesticidas é um problema global, e, muitas vezes inevitável, que causa cerca de 300,000 mortes no mundo, anualmente (SABARWAL; KUMAR; SINGH, 2018). Essa contaminação pode ocorrer nos diferentes níveis da cadeia de produção do alimento, podendo ainda, ser facilitada caso as práticas, e, equipamentos de segurança não forem corretamente utilizados (PEDRO et al., 2018). Os agrotóxicos adentram ao corpo humano através da derme, dos olhos, por ingestão, ou, através da respiração. Esses defensivos manifestam efeitos prejudiciais a curto-prazo (náuseas, cefaleias, tontura, irritações) ou ainda efeitos crônicos (câncer, diabetes, asma)(KIM; KABIR; JAHAN, 2017).

O principal método de combate as pragas nas plantações, e, nos locais de armazenagem continua sendo o uso de inseticidas químicos, principalmente, por ser a metodologia mais barata e aparentemente mais eficiente (ZHANG et al., 2016). Afora os problemas ambientais, e, de saúde coletiva, como supramencionado, outro grande problema proveniente do uso desses insumos é que eles selecionam populações de insetos resistentes (DEVINE; FURLONG, 2007). Há registro de populações resistentes de *S. zeamais* a pelo menos 10 princípios ativos, já para *P. xylostella* existem notificações de resistência a 95 formulações das disponíveis no mercado mundial, o que a classifica mundialmente como uma praga multirresistente (WHALON, 2017).

2.4- METODOS ALTERNATIVOS DE CONTROLE DE INSETOS-PRAGA

2.4.1 - MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS (MIP)

Para minimizar os efeitos negativos, todo ano surgem novas formulações de inseticidas, com modos de ação diferentes, mais específicos. Além disso, harmonicamente, novas técnicas de cultivo e controle são integradas ao processo (DAMALAS; ELEFTHEROHORINOS, 2011). Nesse cenário, o manejo integrado de pragas (MIP) surge como uma alternativa, e se caracteriza por ser um conjunto de técnicas que tem por objetivo manter a densidade populacional de determinada praga abaixo do nível de dano econômico, identificando em que ponto não é economicamente justificável continuar o controle porque o custo do tratamento excede a quantidade de dano (NYAMWASA et al., 2018). Geralmente, em MIP incorpora-se duas ou mais formas de controle para lidar com uma população prejudicial, elas

incluem: controle biológico, introduzindo os inimigos naturais da praga ou ainda doenças; e o controle químico clássico, fazendo uso de pesticidas (AKMAN; COMAR; HROZENCIK, 2018).

As práticas de MIP incluem, ainda, a utilização de compostos vegetais com propriedades inseticidas para controle das pragas, os quais são geralmente mais biodegradáveis e possuem baixa persistência e ação residual (LIRA et al., 2015). Nesse contexto, a utilização desses biopesticidas representa uma alternativa ao uso de inseticidas sintéticos, minimizando os seus efeitos negativos, mas mantendo a produção vegetal em níveis economicamente viáveis (HIAN et al., 2019).

2.5 - ESPECIES VEGETAIS COMO AGENTES INSETICIDAS

As plantas possuem um complexo repertório químico para combater a herbivoria, e, ao longo dos anos pesquisas acerca desse repertório se tornaram cada vez mais recorrentes, uma vez que os princípios ativos presentes nos vegetais podem servir como base para medidas alternativas de controle de pragas. Os extratos vegetais podem conter essas substâncias químicas e, historicamente, são usados desde a antiguidade até os dias atuais (MARANGONI; MOURA; GARCIA, 2012). Tradicionalmente, pequenas comunidades e produtores utilizam as propriedades inseticidas da flora local (medicinal ou não) como uma alternativa complementar aos inseticidas sintéticos (ISMAN, 2017; STEVENSON; ISMAN; BELMAIN, 2017).

Os inseticidas naturais trazem diversos benefícios quando comparados com os inseticidas sintéticos. Uma das principais vantagens é facilidade com a qual material vegetal é encontrado, resultando numa fácil obtenção e manipulação do extrato vegetal (TAGLIARII; KNAAK; FIUZA, 2004). Para obtenção do extrato, a planta pode ser utilizada em sua totalidade (sem que haja a separação de seus tecidos) (TAVARES; VENDRAMIM, 2005) ou pode-se escolher uma determinada estrutura: folha, fruto, flor, raiz, caule e/ou casca (DE SOUZA; VENDRAMIM, 2001; THULER; BORTOLI; BARBOSA, 2007; AL QAHTANI; AL-DHAFAR; RADY, 2012; ZHANG et al., 2017). Os extratos podem ser letais para qualquer fase do desenvolvimento do inseto (embriões, ovos, larvas, pupas ou adultos), podendo possuir ação atrativa, repelente ou deterrente de alimentação ou oviposição ou ainda causar algum outro efeito na

biologia do inseto (SANTIAGO et al., 2008; AUTRAN et al., 2009; ELBANNA, 2013; HAN et al., 2017; AFOLABI et al., 2018)

Ecologicamente, esses inseticidas naturais possuem um maior grau de biodegradabilidade e são mais seletivos uma vez que atingem uma gama menor de inimigos naturais e organismos não-alvo (TAGLIARII; KNAAK; FIUZA, 2004; TEWARY; BHARDWAJ; SHANKER, 2005; CORRÊA; SALGADO, 2011). A persistência dos inseticidas naturais nas cadeias alimentares (magnificação trófica) se deve à afinidade desses compostos pelos lipídeos, sendo assim, a utilização de extratos e princípios isolados que sejam polares e, portanto, mais facilmente depurados pelos organismos mais complexos, pode ser ainda mais vantajosa (ISMAN; GRIENEISEN, 2014).

2.5.1 - *Schinus Terebinthifolia*

A família vegetal Anacardiaceae reúne 700 espécies organizadas em cerca de 70 gêneros, dos quais 15 ocorrem no Brasil. Os representantes dessa família estão distribuídos nas regiões tropicais e subtropicais e são árvores ou arbustos frutíferos (caju, manga, umbu, cajá, seriguela, pistache) ou madeireiras (gonçalo-alves e guarita) sendo, ainda, frequentemente utilizados na ornamentação de ruas e praças (Aroeira-vermelha) (SOUZA; LORENZI, 2005).

A espécie *Schinus terebinthifolia* Raddi (Fig. 5 - a), popularmente conhecida como aroeira-vermelha, aroeira-da-praia, aroeira-pimenteira, ou ainda aguaraíba, é uma árvore que pode atingir até 15 metros de altura e apresenta caule lenhoso (Fig. 5 - b); folhas perenes de coloração esverdeada bastante aromatzadas; flores dioicas (Fig. 5 - d), pequenas, dispostas em panículas piramidais; fruto globóide do tipo drupa de coloração avermelhada, adocicado e aromático (Fig. 5 - c) que em época de frutificação faz com que a planta assuma um aspecto festivo (MACHADO; CARMELLO-GUERREIRO, 2001; LENZI; ORTH, 2004; DUARTE; TOLEDO; OLIVEIRA, 2014).

Os pássaros se abrigam na sua volumosa fronde, se alimentando de seus abundantes cachos de frutos do outono até a primavera, por causa disso esses animais são considerados os principais agentes de dispersão das sementes de *S.*

terebinthifolia. Essa dispersão parece ser muito importante para recuperação de áreas degradadas (DLAMINI; ZACHARIADES; DOWNS, 2018)

Figura 5 – Diversas partes de *S. terebinthifolia* (aroeira-vermelha).



a– Aroeira-vermelha (*S. terebinthifolia*); **b** – folhas de *S. terebinthifolia*; **c** – frutos de *S. terebinthifolia*; **d** – flores de *S. terebinthifolia*. Fontes: a- Floridata; b- Brisbane; c – Timblidim; d – Abelhas jatai.

Embora mais comum na América do Sul, a espécie foi introduzida em outros países como os Estados Unidos a fim de ser utilizada como espécie ornamental. No Brasil, a aroeira-vermelha se distribui por todo litoral desde o Ceará até o sul do Brasil atingindo, ainda, os estados de Minas Gerais e Amazônia (GILBERT; FAVORETO, 2011).

Várias partes da planta (folhas, flores, frutos, cascas e raízes) são utilizados pela população das mais variadas formas. Ela pode ser utilizada como condimento, para enriquecimento ambiental/reflorestamento, na produção de óleos essenciais, em ornamentação de praças e vias, como fonte de energia, goma-resina, madeira serrada

e roliça, matéria tintorial e para extração de substâncias tanantes (CORADIN et al., 2011).

Nas comunidades, a aroeira é bastante utilizada como produto medicinal popular para o tratamento de diversas enfermidades como por exemplo, disenterias e infecções urinárias e respiratórias, inflamações no útero, dentes e rins, para o tratamento de aftas, feridas e coceiras, febres, gripes e bronquite além de seu uso como antisséptico (DE LIMA et al., 2006; BOSCOLO; SENNA VALLE, 2008; ALBERTASSE; THOMAZ; ANDRADE, 2010; VIEIRA et al., 2014; RAPINSKI et al., 2015; DE SANTANA; VOEKS; FUNCH, 2016; RIBEIRO et al., 2017)

Diversas pesquisas confirmam algumas das propriedades biológicas da aroeira incluindo: ação antioxidante (EL-MASSRY et al., 2009; COSTA et al., 2013; ULIANA et al., 2016); antimicrobiana (DE LIMA et al., 2006; OLIVEIRA; HELENA, 2006; COLACITE, 2016; ULIANA et al., 2016); anti-inflamatória e imunomodulatória (MEDEIROS et al., 2007; FEDEL-MIYASATO et al., 2014); citotóxica (SANTANA et al., 2012); cicatrizante (COUTINHO et al., 2007); antitumoral (BRITO et al., 2019); e fungicida (FENNER et al., 2006; DOS SANTOS et al., 2010; FONSECA et al., 2015).

S. terebinthifolia é um potencial agente inseticida (SANTOS et al., 2007; COELHO; PAULA; ESPÍNDOLA, 2013; HUSSEIN; SALEM; SOLIMAN, 2017) e, folhas, cascas, sementes e frutos são utilizados em preparações com ação larvicida (PROCÓPIO et al., 2015), ovicida (FENNER et al., 2006), repelentes ou atrativas (HUSSEIN; SALEM; SOLIMAN, 2017).

Um extrato salino de folhas de *S. terebinthifolia*, obtido utilizando o mesmo protocolo empregado no presente trabalho, possui efeito inseticida contra larvas de *Aedes aegypti*, os autores mostraram que essa ação está associada à presença de flavonóides e derivados do ácido cinâmico (GOMES et al., 2013). Além disso, Gomes et al., (2013) reportaram ação antimicrobiana para uma lectina (StELL) isolada a partir deste mesmo extrato.

2.5.2 - *Moringa oleifera*

A família vegetal Moringaceae é um pequeno grupo dentro da ordem Brassicales (que incluem outras famílias de interesse alimentício, como o repolho, rabanete, agrião e alcaparras). Embora bastante diversificada, essa família compreende apenas um gênero: *Moringa*, representado por cerca de 33 espécies, das quais 13 estão oficialmente documentadas (OLSON, 2002, 2011; ARORA; ONSARE, 2015). Variam desde árvores com troncos abaulados até minúsculos arbustos tuberosos, a simetria floral podendo ser radial ou ainda bilateral (OLSON, 2001, 2003). Nas espécies de *Moringa*, as folhas são grandes e pinadas, sendo cada folha composta por vários folíolos dispostos em uma estrutura chamada de raque. Os frutos formam uma capsula longa, amadeirada que quando madura se abre em 3 folhetos separados um do outro pelo seu comprimento, ficando presos apenas na base do fruto (OLSON, 2011).

Moringa oleifera Lam. (**Fig. 6**) é a representante mais conhecida da família Moringaceae. Nativa da região ocidental da Índia, Nepal, Paquistão, África e Arábia, *M. oleifera* foi trazida a princípio como planta ornamental e hoje é amplamente cultivada nas Filipinas, Camboja, nas américas, do México ao Peru, Paraguai, Brasil, e nas ilhas caribenhas (ANWAR et al., 2007; FERREIRA et al., 2008; OLSON; ALVARADO-CÁRDENAS, 2016). Em geral, é considerada uma espécie com grande plasticidade ecológica, uma vez que pode ser encontrada em diferentes condições de solo, precipitação e temperatura (PÉREZ et al., 2010).

Conhecida no Brasil como moringueiro, acácia-branca, árvore-rabanete-de-cavalo, cedro e quiabo-de-quina *M. oleifera* é uma árvore/arvoreto de pequeno porte que cresce até 10 - 12 metros de altura. Tem uma coroa aberta e esparramada de galhos e folhas frágeis perenes ou decíduas (Fig. 5–b), sendo essas folhas bipinadas ou, mais comumente, tripinadas com cerca de 45 cm de comprimento dispostas nos galhos em espiral. As flores (Fig. 5–c) são bissexuais, amarelo-esbranquiçadas, perfumadas, agrupadas em inflorescências do tipo panícula, polinizadas por abelhas ou outros insetos e até mesmo por pássaros. Os frutos são do tipo vagem (Fig. 5–d), característico da família Moringaceae, longos, medindo geralmente de 10 - 50 cm, contendo cerca de 25 sementes (ROLOFF et al., 2009).

Figura 6 – Diversas partes de *M. oleifera* (moringueiro).



a – Moringueiro (*M. oleifera*); **b** – folhas bipinadas de *M. oleifera*; **c** – flores de *M. oleifera*; **d** – frutos do tipo vagem de *M. oleifera*. Fontes: a- Project Noah; b- Viva green; c – Paisagismo Brasil; d - Easygreen.

Essa árvore é conhecida popularmente como “árvore milagrosa” devido as suas diversas aplicações, principalmente, no que diz respeito ao seu uso nutricional. Folhas, flores, vagens e raízes são comestíveis. As raízes possuem sabor semelhante ao rabanete, as vagens quando maduras se abrem, liberando sementes com gosto de amendoim. Folhas e sementes verdes tem sabor que se assemelha ao aspargo. Em vários lugares do mundo essas partes podem ser servidas como vegetais frescos, podendo ser congeladas e enlatadas, sendo utilizados nas mais diversas receitas (SÁNCHEZ-MACHADO et al., 2010).

M. oleifera é rica em aminoácidos, vitaminas e minerais. Suas folhas possuem mais vitamina A que as cenouras, mais vitamina C que as laranjas, mais cálcio que o leite, mais potássio que a banana, mais ferro que o espinafre e é um dos vegetais que mais possui proteína. Com ela é possível preparar infusões, saladas verdes, pastas, molhos, purê, sopas e cremes, arroz salteado e frituras. Pode ser misturada em sucos e vitaminas de frutas enriquecendo o valor nutricional do alimento. Essas

características, somadas ao baixo custo de cultivo, rápido crescimento e resistência aos climas secos faz com que ela seja ideal para ser cultivada em áreas desérticas e semidesérticas onde existem graves problemas de fome, desnutrição e subnutrição (GÓMEZ; ANGULO, 2014).

Na década de 90, em muitas regiões do mundo em países subdesenvolvidos, o pó das folhas secas de moringa era utilizado como suplemento proteico oferecido as mães lactantes em situação de desnutrição, o que aumentava a produção do leite, salvando milhares de vida (OLSON; ALVARADO-CÁRDENAS, 2016). Nos dias atuais, muita pesquisa é feita no sentido de avaliar a eficiência das preparações de moringa para solver os problemas com populações vulneráveis à fome, a exemplo do estudo realizado por Martínez e Herrera (2016) que constatou que a farinha de milho fortificada com pó de folhas de Moringa possuía maior teor de lipídios, carboidratos, fosforo, sódio, ferro, magnésio, zinco e vitamina A, quando comparado as demais referências de suplemento alimentício utilizadas ao redor do mundo. Moringa é um excelente fortificante alimentício, com diversas propriedades nutricionais (OYEYINKA; OYEYINKA, 2018). Suas propriedades nutricionais fazem com que a moringa seja bastante utilizada, ainda, como planta forrageira na alimentação animal (MARTÍN et al., 2013; GÓMEZ; ANGULO, 2014; MEDEIROS et al., 2015; MACAMBIRA et al., 2018).

O uso medicinal da moringa é bastante disseminado no mundo todo. Raízes, cascas, goma, folhas, frutos (vagens), flores, sementes e óleo de sementes são utilizados no tratamento de inflamações e doenças infecciosas, distúrbios cardiovasculares, gastrointestinais, hematológicos e hepatorreais (ANWAR et al., 2007; GOPALAKRISHNAN; DORIYA; SANTHOSH, 2016). A moringa possui diversos compostos químicos bioativos com as mais variadas aplicações biológicas (DABA, 2016; VELÁZQUEZ-ZAVALA et al., 2016; BRILHANTE et al., 2017; MA et al., 2019).

Dentre as principais aplicações estão a atividade antitumoral (TILOKE et al., 2018), anti-inflamatória (ALHAKMANI; KUMAR; KHAN, 2013), anti-hipertensiva (MARTÍN et al., 2013), antioxidante (PAKADE; CUKROWSKA; CHIMUKA, 2013), antidiabética (ASMAWI; ABDUL; KHAN, 2016; AZEVEDO et al., 2018), antibacteriana, e antifúngica (VIEIRA et al., 2010; ARORA; ONSARE, 2015; AL-HUSNAN; ALKAHTANI, 2016).

As flores de moringa também contêm um alto valor medicinal sendo utilizadas pelas populações tradicionais como medicamento estimulante, afrodisíaco, colagogo e abortivo. Seus extratos florais são usados pelas comunidades no tratamento de inflamações, doenças musculares, histeria, tumores, crescimento do baço, e ainda para reduzir os níveis de colesterol, triglicerídeos e fosfolipídios. Em modelos animais os extratos de flores de moringa foram capazes de diminuir o perfil de lipídios do fígado, coração e aorta e aumentar a excreção fecal de colesterol (MISHRA et al., 2011; GÓMEZ; ANGULO, 2014).

Diversas partes de *M. oleifera* vem sendo testadas e utilizadas como agentes biológicos para controle de insetos (BRILHANTE et al., 2017). Prabhu et al. (2011) reportaram que extratos de semente de Moringa, possuem atividade larvicida contra *Anopheles stephensi*, mosquito vetor da malária, além de exercer efeito repelente para os adultos desta espécie, sendo, portanto, eficientes e podendo ser projetados como uma técnica de controle integrado desses mosquitos.

As diferentes partes da planta fabricam componentes, que, podem estar envolvidos no mecanismo de defesa contra a herbivoria, e, um desses componentes são os inibidores de tripsina, cuja produção varia em quantidade, em função do estado fisiológico da planta (TORRES-CASTILLO et al., 2013). As flores de *M. oleifera* expressam uma proteína inibidora de tripsina (MoFTI, do inglês *M. oleifera flower trypsin inhibitor*) com atividade inseticida contra o mosquito *Aedes aegypti* (PONTUAL et al., 2014).

A importância econômica que as culturas do milho e das brássicas apresentam para a população brasileira, fato das pragas supracitadas afetarem qualiquantitativamente os grãos e hortaliças e a ação inseticida previamente reportada para *S. terebinthifolia* e *M. oleifera* na biologia de outras pragas de importância estimularam as investigações descritas no presente trabalho. Aqui, apresentamos os resultados da avaliação do efeito do extrato salino de folhas *S. terebinthifolia* sobre a eclodibilidade de ovos, desenvolvimento e sobrevivência de lagartas e comportamento de oviposição de *P. xylostella*. Em adição, foi investigado se SteLL está envolvida no efeito inseticida do extrato. O efeito do extrato aquoso de flores de *M. oleifera* e do inibidor de tripsina das flores também foi determinado contra *S. zeamais* adultos.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo geral

Avaliar o potencial inseticida de preparações folhas de *Schinus terebinthifolia* e de flores de *Moringa oleifera* contra *Plutella xylostella* e *Sitophilus zeamais*.

3.2. Objetivos específicos

- Determinar o efeito do extrato de folhas de *S. terebinthifolia* na sobrevivência e desenvolvimento de lagartas *P. xylostella*
- Investigar a viabilidade de pupas e a fertilidade dos adultos que emergiram de lagartas de *P. xylostella* tratadas com extrato de folhas.
- Avaliar o efeito do extrato de folhas no comportamento de oviposição das fêmeas de *P. xylostella*.
- Avaliar o efeito do extrato de folhas na eclodibilidade dos ovos de *P. xylostella*.
- Determinar se a lectina isolada a partir das folhas de *S. terebinthifolia* (StELL) está envolvida no efeito larvicida do extrato de folhas.
- Estudar a toxicidade aguda ou crônica por ingestão do extrato de flores e do Inibidor de tripsina isolado das flores de *M. oleifera* (MoFTI) para *S. zeamais* adultos.
- Caracterizar o extrato de flores quanto à atividade deterrente alimentar para *S. zeamais* adultos.
- Determinar a fitotoxicidade do extrato de flores e de MoFTI para grãos de milho.

4. REFERÊNCIAS

AFOLABI, O. J. et al. Adulticidal and repellent activities of some botanical oils against malaria mosquito: *Anopheles gambiae* (Diptera: Culicidae). **Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 7, n. 1, p. 135–138, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.bjbas.2017.09.004>>.

AHMAD, M. DIAMONDBACK MOTH, *PLUTELLA XYLOSTELLA*: A REVIEW OF ITS BIOLOGY, ECOLOGY AND CONTROL. **J. Agric. Res.**, v. 43, n. 4, p. 450, 2005.

AKMAN, O.; COMAR, T. D.; HROZENCIK, D. Model selection for integrated pest management with stochasticity. **Journal of Theoretical Biology**, v. 442, p. 110–122, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2017.12.005>>.

AKTAR, W.; SENGUPTA, D.; CHOWDHURY, A. Impact of pesticides use in agriculture: Their benefits and hazards. **Interdisciplinary Toxicology**, v. 2, n. 1, p. 1–12, 2009.

AL-HUSNAN, L. A.; ALKAHTANI, M. D. F. Impact of Moringa aqueous extract on pathogenic bacteria and fungi in vitro. **Annals of Agricultural Science**, v. 61, p. 247–250, 2016.

AL QAHTANI, A. M.; AL-DHAFAR, Z. M.; RADY, M. H. Insecticidal and biochemical effect of some dried plants against *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera-Silvanidae). **The Journal of Basic & Applied Zoology**, v. 65, n. 1, p. 88–93, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jobaz.2012.10.008>>.

ALBERTASSE, P. D.; THOMAZ, L. D.; ANDRADE, M. A. Plantas medicinais e seus usos na comunidade da Barra do Jucu, Vila Velha, ES. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 12, n. 3, p. 250–260, 2010.

ALHAKMANI, F.; KUMAR, S.; KHAN, S. A. Estimation of total phenolic content, in-vitro antioxidant and anti-inflammatory activity of flowers of *Moringa oleifera*. **Asian Pac J Trop Biomed**, v. 3, n. 8, p. 623–627, 2013.

ANWAR, F. et al. *Moringa oleifera*: A Food Plant with Multiple Medicinal Uses. **PHYTOTHERAPY RESEARCH**, v. 25, p. 17–25, 2007.

ARORA, D. S.; ONSARE, J. Bioprospecting of *Moringa* (Moringaceae): Microbiological Perspective. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v.

1, n. 6, 2015.

ASMAWI, M. Z.; ABDUL, N.; KHAN, K. A review on promising phytochemical, nutritional and glycemic control studies on *Moringa oleifera* Lam. in tropical and sub-tropical regions. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v. 6, n. 10, p. 896–902, 2016.

AUTRAN, E. S. et al. Chemical composition, oviposition deterrent and larvicidal activities against *Aedes aegypti* of essential oils from *Piper marginatum* Jacq. (Piperaceae). **Bioresource Technology**, v. 100, n. 7, p. 2284–2288, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2008.10.055>>.

AZEVEDO, Í. M. et al. Wound healing of diabetic rats treated with *Moringa*. **Acta Cir Bras.**, v. 33, n. 9, p. 799–805, 2018.

BASS, C.; JONES, C. M. Pests and resistance : Resistance to pesticides in arthropod crop pests and disease vectors : mechanisms , models and tools. **Current Opinion in Insect Science**, v. 27, p. iv–vii, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cois.2018.04.009>>.

BORTOLI, S. A. De et al. Capacidade reprodutiva e preferência da traça-das-crucíferas para diferentes brassicáceas. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 2, p. 187–192, 2011.

BOSCOLO, O. H.; SENNA VALLE, L. Plantas de uso medicinal em Quissamã , Rio de Janeiro , Brasil. **IHERINGIA, Sér. Bot., Porto Alegre**, v. 63, n. 2, p. 263–277, 2008. Disponível em: <<http://ajol.info/index.php/jmbr/article/view/44540>>.

BRANCO, M. C. et al. Uso de inseticidas para o controle da traça-do-tomateiro e traça-das-crucíferas: um estudo de caso. **Horticultura Brasileira**, v. 19, n. 1, p. 60–63, 2007.

BRASIL, M. da A. P. e A. **Projeções do Agronegócio**. Biblioteca ed. [s.l: s.n.]

BRILHANTE, R. S. N. et al. Research advances on the multiple uses of *Moringa oleifera*: A sustainable alternative for socially neglected population. **Asian Pacific Journal of Tropical Medicine**, v. 10, n. 7, p. 621–630, 2017.

BRITO, D. De et al. Evaluation of antitumor activity and toxicity of *Schinus terebinthifolia* leaf extract and lectin (SteLL) in sarcoma 180-bearing mice. **Journal**

of **Ethnopharmacology**, v. 233, n. January, p. 148–157, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jep.2019.01.011>>.

CAMAROTI, J. R. S. L. et al. Sitophilus zeamais adults have survival and nutrition affected by Schinus terebinthifolius leaf extract and its lectin (Stell). **Industrial Crops and Products**, v. 116, n. October 2017, p. 81–89, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.02.065>>.

CAMPANHOLA, C.; BETTIOL, W. Panorama sobre o uso de agrotóxicos no Brasil. **Metodos alternativos de controle fitossanitario**, n. c, 2003.

CAPINERA, J. L. **Diamondback Moth, Plutella xylostella (Linnaeus) (Insecta: Lepidoptera: Plutellidae)**. January. Disponível em: <<http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/in/in27600.pdf>>.

CARDOSO, M. O. et al. Danos por Plutella xylostella em couve-folhas jovem afetados pela altura e pelo nitrogênio. **Embrapa Amazônia Ocidental: Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 16**, p. 19, 2012.

CARVALHO, F. P. Agriculture, pesticides, food security and food safety. **Environmental Science and Policy**, v. 9, n. 7–8, p. 685–692, 2006.

CASTELO BRANCO, M. **Inseticidas para o controle de traça-das-cruciferas: avaliação da eficiência, resistência e impacto sobre inimigos naturais**, 1998. .

CHACÓN-FUENTES ET AL. Insect Diversity, Community Composition and Damage Index on Wild and Cultivated Murtilla. **Ciencia e investigación agraria**, v. 43, n. 1, p. 6–6, 2016.

CHU, Y. I. The migration of diamondback moth. **The First International Workshop Diamondback Moth Management**, p. 77- 81., 1985. Disponível em: <<z:%5C7084.pdf>>.

COELHO, A. A. M.; PAULA, J. E. de; ESPÍNDOLA, L. S. Atividade Larvicida de Extratos Vegetais sobre Aedes aegypti (L.) (Diptera: Culicidae), em Condições de Laboratório. **BioAssay**, v. 4, n. 0, p. 1–6, 2013.

COLACITE, J. Triagem Fitoquímica, Análise Antimicrobiana e Citotóxica e dos Extratos das Plantas: Schinus terebinthifolia, Maytenus ilicifolia Reissek, Tabebuia avellaneda, Anadenanthera colubrina (Vell.) Brenan. **Saúde e Pesquisa**, v. 8, n. 3,

p. 509, 2016.

COLE, M. B. et al. The science of food security. **npj Science of Food**, n. March, p. 1–8, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1038/s41538-018-0021-9>>.

CONAB. **Comercialização Total de Frutas e Hortaliças**. Brasília: CONAB, 2019a.

CONAB. **Boletim Hortigranjeiro**. Brasília: CONAB, 2019b. v. 5

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira 2018/2019**. Brasília: CONAB, 2019c.

CORRÊA, J. C. R.; SALGADO, H. R. N. Atividade inseticida das plantas e aplicações: Revisão. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 13, n. 4, p. 500–506, 2011.

COSTA, C. O. D. et al. Avaliação da atividade antioxidante em amostras comerciais de *Schinus terebinthifolius* (aroeira vermelha). **Rev. Ciênc. Méd. Biol.**, v. 12, n. 3, p. 312–317, 2013.

COUTINHO, I. H. I. L. S. et al. Efeito do extrato hidroalcoólico de Aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) na cicatrização de anastomoses colônicas: estudo experimental em ratos. **Acta Cirurgica Brasileira**, v. 21, n. suppl 3, p. 49–54, 2007.

CREMA, A.; CASTELO BRANCO, M. Impacto da temperatura e fotoperíodo no desenvolvimento ovariano e oviposição de traça-das-crucíferas. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 2, p. 305–308, 2006.

DABA, M. Miracle Tree : A Review on Multi-purposes of *Moringa oleifera* and Its Earth Science & Climatic Change. **Journal of Earth Science & Climatic Change**, v. 7, n. 8, p. 7–8, 2016.

DAMALAS, C. A.; ELEFTHEROHORINOS, I. G. Pesticide exposure, safety issues, and risk assessment indicators. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 8, n. 5, p. 1402–1419, 2011.

DE LIMA, M. R. F. et al. Anti-bacterial activity of some Brazilian medicinal plants. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 105, n. 1–2, p. 137–147, 2006.

DE SANTANA, B. F.; VOEKS, R. A.; FUNCH, L. S. Ethnomedicinal survey of a maroon community in Brazil's Atlantic tropical forest. **Journal of**

Ethnopharmacology, v. 181, p. 37–49, 2016. Disponível em:
<<http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2016.01.014>>.

DE SOUZA, A. P.; VENDRAMIM, J. D. Atividade inseticida de extratos aquosos de meliáceas sobre a mosca-branca *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). **Neotropical Entomology**, v. 30, n. 1, p. 133–137, 2001.

DENA, H. Q. et al. Effectiveness of vegetable powders on adults of *Sitophilus zeamais* Motschulsky Coleoptera : Curculionidae. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, v. 8, n. 3, p. 721–726, 2017.

DEVINE, G. J.; FURLONG, M. J. Insecticide use: Contexts and ecological consequences. **Agriculture and Human Values**, v. 24, n. 3, p. 281–306, 2007.

DLAMINI, P.; ZACHARIADES, C.; DOWNS, C. T. The effect of frugivorous birds on seed dispersal and germination of the invasive Brazilian pepper tree (*Schinus terebinthifolius*) and Indian laurel (*Litsea glutinosa*). **South African Journal of Botany**, v. 114, p. 61–68, 2018. Disponível em:
<<https://doi.org/10.1016/j.sajb.2017.10.009>>.

DOS SANTOS, A. C. A. et al. Antifungal effect of *Schinus molle* L., Anacardiaceae, and *Schinus terebinthifolius* Raddi, Anacardiaceae, essential oils of Rio Grande do Sul | Efeito fungicida dos óleos essenciais de *Schinus molle* L. e *Schinus terebinthifolius* Raddi, Anacardiaceae, do ri. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 20, n. 2, p. 154–159, 2010.

DUARTE, M. D. R.; TOLEDO, M. D. G.; OLIVEIRA, R. L. B. de. DIAGNOSE MORFOANATÔMICA DE AROEIRA (*Schinus terebinthifolius* RADDI, ANACARDIACEAE). **Visão Acadêmica**, v. 7, n. 2, 2014.

EL-MASSRRY, K. F. et al. Chemical compositions and antioxidant/antimicrobial activities of various samples prepared from *Schinus terebinthifolius* leaves cultivated in Egypt. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, n. 12, p. 5265–5270, 2009.

ELBANNA, M. M. A. E.-B. H. A. H. ; R. F. A. B. ; G. A. N. and H. M. Impact of three extracts from wastes on fecundity, fertility, fraction protein and acid phosphatase pattern of the cotton leaf worm *Spodoptera littoralis*. **African J. Biol. Sci.**, v. 9, n. 1, p. 15–30, 2013.

ENGEL, M. S. Insect evolution. **CURBIO**, v. 25, n. 19, p. R868–R872, 2015.
Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2015.07.059>>.

FALCO ET AL. Mechanisms of sugarcane response to herbivory. **Genetics and Molecular Biology**, v. 24, n. 1–4, p. 113–122, 2001.

FAO. **World Food and Agriculture - statistical pocketbook**. [s.l.: s.n.]

FARONI, L. R. D.; SOUSA, A. H. Aspectos biológicos e taxonômicos dos principais insetos-praga de produtos armazenados. **Tecnologia de Armazenagem em sementes**, n. Abril 2016, p. 371–402, 2015.

FEDEL-MIYASATO, L. E. S. et al. Evaluation of anti-inflammatory, immunomodulatory, chemopreventive and wound healing potentials from *Schinus terebinthifolius* methanolic extract. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 24, n. 5, p. 565–575, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.bjp.2014.08.004>>.

FENNER, R. et al. Plantas utilizadas na medicina popular brasileira com potencial atividade antifúngica. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 42, n. 3, p. 369–394, 2006.

FERREIRA, P. M. P. et al. Moringa oleifera: bioactive compounds and nutritional potential. **Revista de Nutrição**, v. 21, n. 4, p. 431–437, ago. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-52732008000400007&lng=en&tlng=en>. Acesso em: 3 abr. 2019.

FILIPPONE, M. P. Bioinsumos : componentes claves de una agricultura sostenible
Bio-products : key components of sustainable agriculture. v. 38, p. 9–21, 2018.

FONSECA, M. C. M. et al. Potencial de óleos essenciais de plantas medicinais no controle de fitopatógenos. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 1, p. 45–50, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-05722015000100045&lang=pt>.

FUJIHARA ET AL., 2011. **Insetos De Importância Econômica** : [s.l.] EPAF 2011, 2011.

GALLO ET AL. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ., 2002.

- GIBBS, K. E.; MACKEY, R. L.; CURRIE, D. J. Human land use, agriculture, pesticides and losses of imperiled species. **Diversity and Distributions**, v. 15, n. 2, p. 242–253, 2009.
- GILBERT, B.; FAVORETO, R. Schinus terebinthifolius Raddi. **Revista Fitos**, v. 6, p. 43–56, 2011.
- GOMES, F. S. et al. Antimicrobial lectin from Schinus terebinthifolius leaf. **Journal of Applied Microbiology**, v. 114, n. 3, p. 672–679, 2013.
- GÓMEZ, A. V.; ANGULO, K. J. O. REVISIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS Y USOS DE LA PLANTA Moringa oleifera. v. 22, n. 2, p. 309–330, 2014.
- GOPALAKRISHNAN, L.; DORIYA, K.; SANTHOSH, D. Moringa oleifera : A review on nutritive importance and its medicinal application. **Food Science and Human Wellness**, v. 5, n. 2, p. 49–56, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.fshw.2016.04.001>>.
- HAGSTRUM, D. W.; SUBRAMANYAM, B. Entomology Information Sources. **American Entomologist**, v. 5, p. 174–183, 2009.
- HAN, G. D. et al. Repellency and attractancy of plant extracts against Plodia interpunctella and Sitophilus zeamais. **Journal of Stored Products Research**, v. 74, p. 33–35, 1 dez. 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022474X17302278>>. Acesso em: 19 mar. 2019.
- HASANSHAH, G. et al. **Biology and demography of the diamondback moth, Plutella xylostella (Lepidoptera: Plutellidae) on five cauliflower cultivars under laboratory conditions.** *Acta Entomologica Sinica*, 2014. . Disponível em: <<http://www.insect.org.cn/EN/volumn/current.shtml>>.
- HIAN, K. et al. Integrated pest management for yard-long bean (*Vigna unguiculata* subsp . *Sesquipedalis*) in Cambodia. **Crop Protection**, n. May, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.05.005>>.
- HOGENHOUT, S. A. et al. Insect Vector Interactions with Persistently Transmitted Viruses. **Annual Review of Phytopathology**, v. 46, n. 1, p. 327–359, 2008.
- HUIS, A. et al. **Future prospects for food and feed security.** [s.l.: s.n.].v. 171

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.

ISMAN, M. B. Industrial Crops & Products Bridging the gap : Moving botanical insecticides from the laboratory to the farm. **Industrial Crops & Products**, v. 110, n. July, p. 10–14, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.07.012>>.

ISMAN, M. B.; GRIENEISEN, M. L. Botanical insecticide research : many publications , limited useful data. **Trends in Plant Science**, v. 19, n. 3, p. 140–145, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.tplants.2013.11.005>>.

JURIC, I.; SALZBURGER, W.; BALMER, O. Spread and global population structure of the diamondback moth *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) and its larval parasitoids *Diadegma semiclausum* and *Diadegma fenestrata* (Hymenoptera: Ichneumonidae) based on mtDNA . **Bulletin of Entomological Research**, v. 107, n. 2, p. 155–164, 2017.

KIM, K. H.; KABIR, E.; JAHAN, S. A. Exposure to pesticides and the associated human health effects. **Science of the Total Environment**, v. 575, p. 525–535, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.009>>.

LENZI, M.; ORTH, A. I. Fenologia reprodutiva, morfologia e biologia floral de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae), em restinga da Ilha de Santa Catarina, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 17, n. 2, p. 67–89, 2004.

LIRA, S. C. De et al. Evaluation of the toxicity of essential oil from *Alpinia purpurata* in fl orescences to *Sitophilus zeamais* (maize weevil). **Crop Protection**, v. 71, p. 95–100, 2015.

LLEWELLYN, D. Does Global Agriculture Need Another Green Revolution ? **Engineering**, v. 4, n. 4, p. 449–451, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.eng.2018.07.017>>.

LORINI, I. et al. Principais Pragas e Métodos de Controle em Sementes durante o Armazenamento. **Informativo ABRATES**, v. 19, n. 1, p. 21–28, 2009.

LOSEY, J. E.; VAUGHAN, M. The Economic Value of Ecological Services Provided

by Insects. **BioScience**, v. 56, n. 4, p. 311, 2006.

MA, Z. F. et al. Evaluation of phytochemical and medicinal properties of Moringa (Moringa oleifera) as a potential functional food. **South African Journal of Botany**, 2 jan. 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0254629918315060>>. Acesso em: 19 mar. 2019.

MACADAM, C. R.; STOCKAN, J. A. More than just fish food: Ecosystem services provided by freshwater insects. **Ecological Entomology**, v. 40, n. S1, p. 113–123, 2015.

MACAMBIRA, G. M. et al. Caracterização nutricional das folhas de Moringa oleifera (MOL) para frangos de corte. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 70, n. 2, p. 570–578, 2018.

MACHADO, S. R.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. Estrutura e desenvolvimento de canais secretores em frutos de Schinus terebinthifolius Raddi (Anacardiaceae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 15, n. 2, p. 189–195, 2001.

MARANGONI, C.; MOURA, N. F.; GARCIA, F. R. M. Utilização de óleos essenciais e extratos de plantas no controle de insetos. **REVISTA DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS**, v. 6, n. 2, p. 95–112, 2012.

MARTÍN, C. et al. Potential applications of Moringa oleifera. A critical review. **Pastos y Forrajes**, v. 36, n. 2, p. 150–158, 2013.

MARTÍNEZ, J. J. del T.; HERRERA, A. C. Corn Flour Fortified with Moringa oleifera Leaves Powder : Alternative Against Hunger on Vulnerable Population Harina de maíz fortificada con polvo de Moringa oleifera : alternativa para la lucha contra el hambre en la población vulnerable. **Revista de Ciencias**, v. 20, n. 2, p. 77–86, 2016.

MEDEIROS, F. F. et al. Fontes proteicas alternativas oriundas da cadeia produtiva do biodiesel para alimentação de ruminantes. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 67, n. 2, p. 519–526, 2015.

MEDEIROS, K. C. P. et al. Effect of the activity of the Brazilian polyherbal formulation : Eucalyptus globulus Labill , Peltodon radicans Pohl and Schinus. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 17, n. 1, p. 23–28, 2007.

- MISHRA, G. et al. Traditional uses , phytochemistry and pharmacological properties of *Moringa oleifera* plant : An overview. **Garima Mishra et al Der Pharmacia Lettre**, v. 3, n. 2, p. 141–164, 2011.
- MOSHI, A. P.; MATOJU, I. The status of research on and application of biopesticides in Tanzania . Review. **Crop Protection**, v. 92, p. 16–28, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2016.10.008>>.
- MOSTAFALOU, S.; ABDOLLAHI, M. Pesticides: an update of human exposure and toxicity. **Archives of Toxicology**, v. 91, n. 2, p. 549–599, 2017.
- NEETHIRAJAN, S. et al. Detection techniques for stored-product insects in grain. **Food Control**, v. 18, n. 2, p. 157–162, 2007.
- NETHONONDA, P. D.; NOFEMELA, R. S.; MODISE, D. M. Development, Survival, Body Weight and Oviposition Rates of *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Plutellidae) When Reared on Seven Cabbage Cultivars . **African Entomology**, v. 24, n. 1, p. 162–169, 2016.
- NYAMWASA, I. et al. Soil insect crop pests and their integrated management in East Africa : A review. v. 106, n. November 2017, p. 163–176, 2018.
- OERKE, E. C. Crop losses to pests. **Journal of Agricultural Science**, v. 144, n. 1, p. 31–43, 2006a.
- OERKE, E. C. Crop losses to pests. **Journal of Agricultural Science**, v. 144, n. 1, p. 31–43, 2006b.
- OJO, J. A.; OMOLOYE, A. A. Development and Life History of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) on Cereal Crops . **Advances in Agriculture**, v. 2016, p. 1–8, 2016.
- OLIVEIRA, C. M. et al. Crop losses and the economic impact of insect pests on Brazilian agriculture. **Crop Protection**, v. 56, p. 50–54, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2013.10.022>>.
- OLIVEIRA, A. C. de et al. Resistance of Brazilian diamondback moth populations to insecticides. **Scientia Agricola**, v. 68, n. 2, p. 154–159, 2017.
- OLIVEIRA, M. De; HELENA, M. EFFECT OF THE *Schinus terebinthifolius* RADDI IN

THE PROCESS OF TISSULAR REPAIR. **Revista Odonto Ciência**, v. 21, n. 53, p. 245–252, 2006.

OLSON, M. E. Stem and root anatomical correlations with life form diversity , ecology , and systematics in Moringa (Moringaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, p. 315–348, 2001.

OLSON, M. E. Combining Data from DNA Sequences and Morphology for a Phylogeny of Moringaceae (Brassicales). **Systematic Botany**, v. 27, n. 1, p. 55–73, 2002.

OLSON, M. E. ONTOGENETIC ORIGINS OF FLORAL BILATERAL SYMMETRY IN MORINGACEAE (BRASSICALES). **American Journal of Botany**, v. 90, n. 1, p. 49–71, 2003.

OLSON, M. E. Moringa oleifera : un árbol multiusos para las zonas tropicales secas Moringa oleifera : a multipurpose tree for the dry tropics. **Revista Mexicana de Biodiversidad**, p. 1071–1082, 2011.

OLSON, M. E.; ALVARADO-CÁRDENAS, L. O. ¿Dónde cultivar el árbol milagro, Moringa oleifera, en México? Un análisis de su distribución potencial. **Revista Mexicana de Biodiversidad**, v. 87, p. 1089–1102, 2016.

OYEYINKA, A. T.; OYEYINKA, S. A. Moringa oleifera as a food fortificant : Recent trends and prospects. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 17, n. 2, p. 127–136, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jssas.2016.02.002>>.

PAKADE, V.; CUKROWSKA, E.; CHIMUKA, L. Comparison of antioxidant activity of Moringa oleifera and selected vegetables in South Africa. **South African Journal of Science**, v. 109, n. 3, p. 1–5, 2013.

PEDRO, F. C. et al. Utilização De Equipamentos De Proteção Individual E Agrotóxicos Por Produtores Rurais De Três Corações – Mg. **Revista Da Universidade Vale Do Rio Verde**, v. 16, n. 3, p. 1–8, 2018.

PEREIRA, P. R. V. da S.; ALMEIDA, L. M. de. Chaves para a identificação dos principais Coleoptera (Insecta) associados com produtos armazenados. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 18, n. 1, p. 271–283, 2001.

- PÉREZ, A. et al. Características y potencialidades de Moringa oleifera , Lamark . Una alternativa para la alimentación animal Characteristics and potential of Moringa oleifera , Lamark . An alternative for animal feeding. **Pastos y Forrajes**, v. 33, n. 4, p. 1–16, 2010.
- PHILIPS, C. R. et al. Natural History, Ecology, and Management of Diamondback Moth (Lepidoptera: Plutellidae), With Emphasis on the United States. **Journal of Integrated Pest Management**, v. 5, n. 3, p. 1–11, 2014.
- POLANIA, I. Z. De. RESEÑA DE LA ENTOMOLOGÍA ECONÓMICA Y MÉDICA ECONOMIC AND MEDICAL ENTOMOLOGY DURING THE LAST DECADE IN COLOMBIA : A REVIEW. **Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica**, v. 20, n. 1, p. 163–173, 2017.
- PONTUAL, E. V. et al. Trypsin inhibitor from Moringa oleifera flowers interferes with survival and development of Aedes aegypti larvae and kills bacteria inhabitant of larvae midgut. **Parasitology Researchogy Res**, v. 113, p. 727–733, 2014.
- POWER, A. G. Ecosystem services and agriculture: Tradeoffs and synergies. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 365, n. 1554, p. 2959–2971, 2010.
- PRABHU, K. et al. Larvicidal and repellent potential of Moringa oleifera against malarial vector, Anopheles stephensi Liston (Insecta: Diptera: Culicidae). **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v. 1, n. 2, p. 124–129, 2011. Disponible em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S2221-1691\(11\)60009-9](http://dx.doi.org/10.1016/S2221-1691(11)60009-9)>.
- PROCÓPIO, T. F. et al. Schinus terebinthifolius Leaf extract causes midgut damage, interfering with survival and development of Aedes aegypti larvae. **PLoS ONE**, v. 10, n. 5, 2015.
- RAM, U.; BYRNE, O. M. Insect pests and their management. **The lentil: botany, production and uses**, n. May, p. 282–305, 2009.
- RAPINSKI, M. et al. Ethnobotanical study of medicinal plants by population of Valley of Juruena Region, Legal Amazon, Mato Grosso, Brazil. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 173, p. 383–423, 2015. Disponible em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2015.07.025>>.

RIBEIRO, R. V. et al. Ethnobotanical study of medicinal plants used by Ribeirinhos in the North Araguaia microregion, Mato Grosso, Brazil. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 205, n. 1, p. 69–102, 2017. Disponível em: <<http://www.ajol.info/index.php/ajtcam/article/view/57223>>.

RICKETTS ET AL. Economic value of tropical forest to coffee production Can economic forces be harnessed for biodiversity conservation? **Pnas**, v. 101, n. 34, p. 12579–12582, 2004. Disponível em: <www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0405147101>.

RIGOTTO, R. M. et al. O verde da economia no campo : desafios à pesquisa e às políticas públicas para a promoção da saúde no avanço da modernização agrícola. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 16, n. 7, p. 1533–1542, 2012.

ROLOFF, A. et al. Moringa oleifera. In: **Enzyklopädie der Holzgewächse, Handbuch und Atlas der Dendrologie**. [s.l.: s.n.]p. 1–8.

SABARWAL, A.; KUMAR, K.; SINGH, R. P. Hazardous effects of chemical pesticides on human health—Cancer and other associated disorders. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 63, n. July, p. 103–114, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.etap.2018.08.018>>.

SÁNCHEZ-MACHADO, D. I. et al. Nutritional Quality of Edible Parts of Moringa oleifera. **Food Anal. Methods**, v. 3, p. 175–180, 2010.

SANTIAGO, G. P. et al. DE EXTRATOS DE PLANTAS DE Spodoptera frugiperda. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 3, p. 792–796, 2008.

SANTOS, A. C. Dos et al. Avaliação química mensal de três exemplares de Schinus terebinthifolius Raddi. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, p. 1011–1013, 2007. Disponível em: <<file:///C:/Users/user/Downloads/819-2982-2-PB.pdf>>.

SANTOS, J. P. Controle de pragas durante o armazenamento de milho. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, 2006.

SILVA, J. M.; SANTOS, J. R. Toxicologia de agrotóxicos em ambientes aquáticos. **Oecologia Brasiliensis**, v. 11, n. 04, p. 565–573, 2007.

SINGH, B.; KAUR, A. Control of insect pests in crop plants and stored food grains using plant saponins: A review. **LWT - Food Science and Technology**, v. 87, p. 93–

101, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2017.08.077>>.

SOUZA, M. et al. Serviços Ecológicos De Insetos E Outros Artrópodes Em Sistemas Agroflorestais. **Educamazônia - Educação, Sociedade e Meio Ambiente**, v. 20, n. 1, Jan- Jun, p. 22–35, 2018.

STENBERG, J. A. Opinion A Conceptual Framework for Integrated Pest Management. **Trends in Plant Science**, v. 22, n. 9, p. 759–769, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.tplants.2017.06.010>>.

STEVENSON, P. C.; ISMAN, M. B.; BELMAIN, S. R. Industrial Crops & Products Pesticidal plants in Africa : A global vision of new biological control products from local uses. **Industrial Crops & Products**, v. 110, n. March, p. 2–9, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.08.034>>.

TAGLIARII, M. S.; KNAAK, N.; FIUZA, M. Plantas inseticidas : interações e compostos Insecticide plants : interactions are composed Moléculas inseticidas derivadas de proteínas Inibidores de a-amilase. **Pesq. Agrop. Gaucha**, v. 10, p. 101–111, 2004.

TALEKAR, N. S.; SHELTON, A. M. BIOLOGY , ECOLOGY , AND MANAGEMENT OF THE. **Annu. Rev. Entom**, v. 38, n. 92, p. 275–301, 1993.

TAVARES, M. A. G. C.; VENDRAMIM, J. D. Bioatividade da erva-de-santa-maria, *Chenopodium ambrosioides* L., Sobre *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae). **Neotropical Entomology**, v. 34, n. 2, p. 319–323, 2005.

TEJA, N. et al. Evaluation of novel insecticides and their persistency against diamondback moth , *Plutella xylostella* Linn . v. 7, n. 3, p. 338–341, 2019.

TEWARY, D. K.; BHARDWAJ, A.; SHANKER, A. Pesticidal activities in five medicinal plants collected from mid hills of western Himalayas. **Industrial Crops and Products**, v. 22, n. 3, p. 241–247, 2005.

THULER, R. T.; BORTOLI, S. A. D. E.; BARBOSA, J. C. Eficácia de inseticidas químicos e produtos vegetais visando ao controle de *Plutella xylostella*. **Científica**, p. 166–174, 2007.

TILOKE, C. et al. *Moringa oleifera* and their phytonanoparticles: Potential antiproliferative agents against cancer. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 108, p.

457–466, 1 dez. 2018. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0753332218327884>>. Acesso em: 19 mar. 2019.

TORRES-CASTILLO, J. A. et al. Moringa oleifera: phytochemical detection, antioxidants, enzymes and antifungal properties. **International Journal of Experimental Botany**, v. 9457, p. 193–202, 2013.

ULIANA, M. P. et al. Composition and biological activity of Brazilian rose pepper (*Schinus terebinthifolius* Raddi) leaves. **Industrial Crops and Products**, v. 83, p. 235–240, 2016.

ULMER, B. et al. Diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.), feeding and oviposition preferences on glossy and waxy *Brassica rapa* (L.) lines. **Crop Protection**, v. 21, n. 4, p. 327–331, 2002.

UPADHYAY, R.K.; AHMAD, S. Control and management of stored grain insect in farmer stores and public ware houses. **Pestology**, v. 7, n. 5, p. 527–549, 2011.

USDA. **World Agricultural Production Circular Series May 2019**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>>.

VELÁZQUEZ-ZAVALA, M. et al. Moringa (*Moringa oleifera* Lam.): potential uses in agriculture, industry and medicine. **Revista Chapingo Serie Horticultura**, v. 22, n. Apa 6, p. 95–116, 2016.

VIEIRA, D. R. P. et al. Plant species used in dental diseases: Ethnopharmacology aspects and antimicrobial activity evaluation. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 155, n. 3, p. 1441–1449, 2014.

VIEIRA, G. H. F. et al. ANTIBACTERIAL EFFECT (in vitro) OF *Moringa oleifera* AND *Annona muricata* AGAINST GRAM POSITIVE AND GRAM NEGATIVE BACTERIA. **Rev. Inst. Med. Trop. Sao Paulo**, v. 52, n. 3, p. 129–132, 2010.

WAR, A. R. et al. Mechanisms of plant defense against insect herbivores. **Plant Signaling and Behavior**, v. 7, n. 10, 2012.

WILSON, C.; TISDELL, C. Why farmers continue to use pesticides despite environmental, health and sustainability costs. **Ecological Economics**, v. 39, n. 3, p. 449–462, 2001.

ZALUCKI, M. P. et al. Estimating the Economic Cost of One of the World's Major Insect Pests, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae): Just How Long Is a Piece of String? **Journal of Economic Entomology**, v. 105, n. 4, p. 1115–1129, 2012.

ZHANG, S. et al. Susceptibility of field populations of the diamondback moth, *Plutella xylostella*, to a selection of insecticides in Central China. **YPEST**, v. 132, p. 38–46, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.pestbp.2016.01.007>>.

ZHANG, Y. N. et al. Insecticidal activities and biochemical properties of *Pinellia ternata* extracts against the beet armyworm *Spodoptera exigua*. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 20, n. 2, p. 469–476, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.aspen.2017.03.003>>.

ZOU ET AL., 2011. Journal of Resources and Ecology 1 Insect diversity. **Journal of Resources and Ecology**, v. 2, n. 4, p. 380–384, 2011. Disponível em: <www.jorae.cn>.

ZUCARELI, C. et al. Qualidade fisiológica de sementes de feijão carioca armazenadas em diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 8, p. 803–809, 2015.

1 CAPITULO 1. “**Extrato de folhas de *Schinus terebinthifolia* é um agente larvicida,**
2 **pupicida e deterrente de oviposição contra *Plutella xylostella*”**

- 3 • *Resultados publicados no South African Journal of Botany: “Schinus terebinthifolia*
4 *leaf extract is a larvicidal, pupicidal, and oviposition deterring agent against*
5 *Plutella xylostella”*

6
7 Pedro Ricardo da Costa Silva,^{a,1} João Ricardo Sá

8 Leitão Camaroti,^{b,1} Welton Aaron de Almeida,^{a,b} Elaine Cristina Batista Ferreira,^c
9 Patrícia Maria Guedes Paiva,^b Reginaldo Barros,^c Thiago Henrique Napoleão^b,
10 Emmanuel Viana Pontual^{a*}

11
12 ^a*Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal, Universidade Federal Rural de*
13 *Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil.*

14 ^b*Departamento de Bioquímica, Centro de Biociências, Universidade Federal de Pernambuco,*
15 *Recife, Pernambuco, Brasil.*

16 ^c*Departamento de Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife,*
17 *Pernambuco, Brasil.*

18
19 ¹Esses autores contribuíram igualmente com esse estudo

20
21 *Autor para correspondência: E-mail: emmanuelpontual@yahoo.com.br

22
23 **Resumo**

24 A *Plutella xylostella* é uma das principais pragas de brássicas em todo o mundo, e a
25 principal estratégia para controlar essa praga é o uso de inseticidas. No entanto, o uso
26 indiscriminado de inseticidas está associado a problemas ambientais e seleção de
27 populações de insetos resistentes. Portanto, compostos naturais são necessários para
28 controlar *P. xylostella*. Neste trabalho, avaliamos os efeitos inseticidas do extrato de
29 folhas de *Schinus terebinthifolia* e de uma lectina (SteLL) isolada contra esse inseto.
30 O extrato não afetou a eclodibilidade dos ovos, mas causou mortalidade nas larvas
31 [LC50: 144,9 e 117,4 mg / mL às 96 e 144 h, respectivamente]. O teste de log-rank
32 indicou uma tendência de redução nos tempos médios de sobrevivência após os
33 tratamentos. A porcentagem de indivíduos que morreram no estágio larval ou pupal
34 variou entre 32,5% e 90% nos grupos de tratamento (20–150 mg / mL) e 12,5% no

35 grupo controle (NaCl 0,15 M). O tratamento das larvas com o extrato (100 mg / mL)
36 reduziu a fertilidade do adulto; além disso, os ovos apresentaram viabilidade
37 diminuída. As fêmeas depositaram seus ovos preferencialmente nos locais de
38 oviposição tratados com NaCl 0,15 M (controle) quando comparados aos locais
39 tratados com o extrato a 20 e 50 mg / mL, com índices de deterrencia de 68,02% e
40 88,02% registrados às 48 h, respectivamente. SteLL (0,2 mg / mL) não foi tóxico para
41 as larvas; portanto, não é responsável pelo efeito inseticida do extrato. O extrato foliar
42 de *S. terebinthifolia* é um novo agente inseticida contra *P. xylostella*, pois mata os
43 insetos imaturos e tem um forte efeito deterrente de oviposição.

44

45 **Palavras-chave:** Inseticida natural, aroeira-vermelha, praga agrícola, traça-das-
46 brássicas.

47

48 1. Introdução

49 *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), popularmente conhecida
50 como *diamondback moth* ou *cabbage moth* (mariposa da couve) em Inglês e ainda
51 como “traça-das-brássicas” em português, é um inseto olifago considerado a
52 principal praga das brássicas em todo mundo (Zalucki et al., 2012; Furlong et al.,
53 2013; Shen et al., 2017). A habilidade da larva de se alimentar vorazmente desde
54 a eclosão, curto ciclo de vida e alto potencial reprodutivo, contribui com os surtos
55 desta praga, que pode causar 100% de perda na produção em plantações não
56 protegidas (Takelar and Shelton, 1993; Castelo-Branco e Gatehouse, 2001; Ulmer et
57 al., 2002; Torres et al., 2006; Zhou et al., 2011).

58 O cultivo de brássicas requer o uso de uma grande quantidade de inseticidas
59 durante toda a estação de crescimento, principalmente nos trópicos e subtropicais,
60 que enfrentam grandes problemas devido a *P. xylostella* (Ribeiro et al., 2017). O
61 custo total para prevenção e controle de *P. xylostella*, mundialmente, tem sido
62 estimado em 5 bilhões de dólares por ano (Zalucki et al., 2012; Furlong et al., 2013).
63 Somado ao impacto econômico, o uso indiscriminado de inseticidas sintéticos para
64 controle de pragas agrícolas está associado a vários problemas dentre os quais a
65 contaminação dos produtos (comprometendo a saúde dos manipuladores),
66 toxicidade ambiental, e seleção de organismos resistentes (Camaroti et al., 2017).

67 *P. xylostella* possui uma elevada capacidade de desenvolver resistência, e
68 populações resistentes a cerca de 95 inseticidas, incluindo inseticidas sintéticos,
69 toxinas de *Bacillus thuringiensis*, e Spinosade, foram reportadas (Arthropod
70 Pesticide Resistance Database, 2019). No Brasil, foi reportada ainda a resistência
71 de *P. xylostella* a Piretroides, Avermectinas, Indoxacarb, Benzoilureias e Diamidas
72 (Ribeiro et al., 2017; Santos et al., 2011).

73 O controle de insetos utilizando compostos derivados de plantas representa
74 uma importante alternativa no manejo integrado de pragas. Plantas produzem a
75 extensa variedade de compostos bioativos com propriedades inseticidas, como os
76 metabolitos secundários e proteínas (lectinas e inibidores de protease) capazes de
77 interferir na nutrição, desenvolvimento, reprodução e sobrevivência (Lingathurai et
78 al., 2011; Gao et al., 2011; Poonsri et al., 2015; Wei et al., 2015; Camaroti et al.,
79 2017; Sangha et al., 2017).

80 *Schinus terebinthifolia* Raddi (Anacardiaceae), popularmente conhecida como
81 aroeira-vermelha, é bastante conhecida por suas propriedades medicinais (Fedel-Miyasato
82 et al., 2014; Costa et al., 2015). Procópio et al. (2015) reportaram a atividade
83 larvicida do extrato salino de folhas de *S. terebinthifolia* contra *Aedes aegypti*, que
84 está associada ao dano drástico causado ao epitélio do intestino da larva. Os autores
85 atribuíram essa atividade inseticida a presença de ácido cinâmico e a flavonoides.
86 Este extrato contém ainda uma lectina chamada SteLL, que apresentou atividades
87 antimicrobiana (Gomes et al., 2013) e antitumoral (Ramos et al., 2019) mas que não
88 estava envolvida no efeito larvicida mencionado acima (Procópio et al., 2015).

89 Nesse estudo, propomos avaliar a atividade inseticida do extrato salino de
90 folhas de *S. terebinthifolia* nos seguintes parâmetros: eclodibilidade dos ovos,
91 sobrevivência e desenvolvimento larval e comportamento de oviposição. Além disso,
92 investigamos se SteLL é um princípio ativo da ação inseticida do extrato de folhas
93 contra larvas de *P. xylostella*.

94

95 **2. Material e métodos**

96 *2.1. Material vegetal*

97 Folhas de *S. terebinthifolia* foram coletadas no campus da Universidade Federal
98 Rural de Pernambuco (8°02'55.6" S 34°56'48.3" W) Recife, Brasil, foram postar para
99 secar por 3-5 dias a 28 °C. Em seguida o material foi transformado em pó utilizando
100 um moinho e armazenado a -20 °C. As folhas foram coletadas com autorização
101 (36301) do *Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade* (ICMBio) do
102 Ministério do Meio Ambiente (MMA BRASIL) e registrado (AC551B2) no *Sistema*
103 *Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional*
104 *Associado* (SisGen). Um voucher (73,431) foi arquivado no herbário do *Instituto*
105 *Agrônomo de Pernambuco* (IPA), Recife, Brasil.

106 2.2. Insetos

107 Ovos, larvas e adultos de *P. xylostella* foram obtidos de colônias mantidas
108 em folhas de couve orgânica (*Brassica oleracea* var. *acephala*) no *Laboratório de*
109 *Biologia de Insetos* do *Departamento de Agronomia* da *Universidade Federal Rural de*
110 *Pernambuco*. As colônias foram mantidas sobre condições controladas (25 °C, 70%
111 humidade relativa, 12D:12N fotoperíodo), de acordo com Carvalho et al. (2010). O
112 uso dos insetos foi registrado (AC551B2) no SisGen.

113

114 2.3. Extrato de folhas de *Schinus terebinthifolia*

115 O extrato de folhas de *S. terebinthifolia* foi preparado por homogeneização de 10g
116 de pó de folhas em 100 mL de NaCl 0.15 M por 16 h a 28 °C utilizando agitador magnético.
117 Logo em seguida, a mistura foi filtrada e centrifugada (3,000 × g, 15 min, e 4 °C), e dialisada
118 contra água destilada por 4 h (Procópio et al., 2015). O extrato de folhas foi então liofilizado
119 a -45 °C e vácuo de 300 µm Hg abaixo da pressão atmosférica e armazenado a -20 °C.

120

121 2.4. Isolamento de SteLL

122 SteLL foi isolada do extrato de folhas de acordo com o método descrito por
123 Gomes et al. (2013). O extrato foi carregado em coluna (7.5 × 1.5 cm) de quitina (Sigma-
124 Aldrich, MO, USA) previamente equilibrada com uma solução salina em um fluxo de 20
125 mL/h. A coluna foi lavada com NaCl 0.15 M, e SteLL foi eluída com ácido acético 1 M.
126 Frações de 2 mL foram coletadas, e a eluição de proteínas foi monitorada em uma
127 absorvância de 280 nm. A lectina foi dialisada contra água destilada (6 h, com duas trocas

128 de água) para eliminar o eluente. A concentração de SteLL foi estimada usando o método
129 descrito por Lowry et al. (1951). Albumina sérica (31.25–500 µg/mL) foi usada como curva
130 padrão. a habilidade de se ligar a carboidratos da lectina isolada foi monitorada através de
131 ensaio de atividade hemaglutinante (AH) (Procópio et al., 2017) e eritrócitos de coelho
132 tratados com glutaraldeído (Bing et al., 1967). Os eritrócitos foram coletados usando um
133 método aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da *Universidade Federal de*
134 *Pernambuco* (processo 23076.033782/2015-70). AH específica foi calculada a partir da
135 razão entre a AH e concentração de proteínas (mg/mL).

136

137 *2.5. Efeito do extrato na eclodibilidade dos ovos*

138 Para avaliar o efeito do extrato na eclodibilidade dos ovos de *P. xylostella*, foi
139 usado o método de imersão descrito por Tabashnik and Cushing (1987). Discos de folhas
140 de couve (5 cm de diâmetro) contendo 10 ovos (depositados até 10 h antes do início do
141 teste) foram imersos e soluções do extrato (10, 30, e 50 mg/mL) ou NaCl 0.15 M (controle)
142 por 30 seg. depois de secos a 28 °C por 40 min, os discos foram transferidos para placas
143 de (90 × 15 mm), e os ovos foram monitorados diariamente por 4 dias para registrar a
144 eclodibilidade. As larvas eclodidas foram removidas das placas no final de cada avaliação
145 para prevenir o canibalismo. Três experimentos independentes foram realizados em
146 quadruplicata. Os ovos que não eclodiram até o fim do experimento foram observados
147 usando um estereomicroscópio Leica KL300 (Leica, Wetzlar, Germany) para avaliar a
148 integridade dos embriões.

149

150 *2.6. Avaliação da toxicidade por ingestão*

151 O método de imersão também foi utilizado para avaliar a toxicidade por ingestão
152 do extrato e de SteLL para as larvas. (Lingathurai et al., 2011). Discos de folhas frescas
153 de couve (3 cm diâmetro) foram perfuradas com agulha e imersas em 5 mL de diferentes
154 soluções do extrato (20, 50, 100, e 150 mg/mL), SteLL (0.2 mg/mL), ou 0.15 M NaCl
155 (controle) por 30 s. após imersão, os discos foram deixados para secar a 28 °C por 40
156 min e transferidos para placas de petri (90 × 15 mm). Grupos de 10 larvas do primeiro
157 instar foram transferidas da colônia para cada placa. Os discos tratados foram
158 substituídos diariamente, e a mortalidade das larvas foi monitorada até que todas as

159 larvas sobreviventes atingissem o estágio de pupa. A viabilidade larval foi registrada em
160 função da porcentagem de larvas que atingiram o estágio pupal. A viabilidade pupal foi
161 determinada, correspondendo a porcentagem de larvas que sobreviveram e atingiram o
162 estágio adulto. Três experimentos independentes foram realizados em quadruplicatas.

163

164 *2.7. Avaliação da capacidade reprodutiva*

165 Os adultos obtidos no fim do ensaio anterior foram separados, e 4 casais (de
166 cada tratamento) foram mantidos em gaiolas separadas (14 × 14 × 15 cm) contendo
167 discos de folha de couve (5 cm de diâmetro). Determinação do sexo foi realizada
168 por checagem visual da genitália externa. O tratamento com 150 mg/mL do extrato
169 não foi avaliado por causa da baixa taxa de emergência de adultos devido a
170 alta mortalidade das larvas e pupas. Após 48 h, os discos foram removidos para
171 contagem dos ovos e então, foram transferidos para placas de petri (90 × 15 mm)
172 para acessar a eclodibilidade durante 96h. Três experimentos independentes foram
173 realizados em quadruplicata.

174

175 *2.8. Avaliação do efeito de deterrência de oviposição*

176 Para avaliar se o extrato exerce efeito de deterrência de oviposição, foi usado um
177 teste de única-escolha no qual 16 casais adultos foram postos em 8 gaiolas de plástico
178 (14 × 11 × 5 cm), assim cada gaiola possuía 2 casais. Dois discos de folhas de couve (5
179 cm de diâmetro) foram imersas em 5 mL do extrato (20 ou 50 mg/mL) ou NaCl 0.15 M
180 (controle) por 30 s. Após imersão, os discos foram secos (28 °C) por 40 min, e um disco
181 tratado com o extrato e outro disco com controle foi adicionado em cada gaiola. A posição
182 dos discos foi alternada em cada gaiola para cancelar qualquer tendência associada a
183 preferência espacial. Após 24h e 28h, os discos foram removidos para contagem dos
184 ovos depositados. O índice de deterrência de oviposição (ODI) foi calculado da seguinte
185 forma: $ODI (\%) = [1 - (Et/Ec) \times 100]$, onde Et corresponde ao número de ovos nos discos
186 tratados e Ec ao número de ovos depositados no disco controle. Três experimentos
187 independentes foram realizados em quadruplicata.

188

189 *2.9. Análise estatística*

190 Os dados de sobrevivência foram analisados usando teste de sobrevivência de
191 log-rank ($p < 0.05$), e os valores de LC_{50} (limite de confiança de 95%), foram determinados
192 para 96 e 144 horas depois do início do ensaio usando análise de probit no MedCalc
193 version 17.9.7 (MedCalc Software bvba, Belgium). Este programa também foi usado para
194 gerar as curvas Kaplan–Meier e calcular o tempo médio de sobrevivência. nos outros
195 ensaios, diferenças significativas foram avaliadas por ANOVA (one-way) seguido de
196 Teste de Tukey usando GraphPad Prism (GraphPad Software, Inc., San Diego, CA,
197 USA).

198
199

200 **3. Resultados e Discussão**

201 O extrato salino das folhas de *S. terebinthifolia* foi objeto de estudos anteriores
202 que se concentraram na busca de novos agentes inseticidas e na sua toxicidade foi
203 demonstrada para larvas de *A. aegypti* (Procópio et al., 2015) e adultos de *Sitophilus*
204 *zeamais* (Camaroti et al., 2018). No presente estudo, este extrato foi testado quanto a seus
205 efeitos contra o inseto-praga *P. xylostella*.

206 A amostra de extrato utilizada no presente estudo foi a mesma utilizada por
207 Camaroti et al. (2018) para avaliar sua atividade inseticida contra *S. zeamais*. Esses
208 autores relataram a presença de taninos hidrolisáveis (incluindo ácido gálico a 0,559 g%)
209 e flavonóides, e o extrato não continha taninos condensados, terpenos, esteróides e
210 derivados cinâmicos. O ácido gálico e os flavonóides também foram relatados como
211 agentes inseticidas contra *Acanthoscelides obtectus* (Regnault-Roger et al., 2004). Além
212 disso, o ácido gálico tem efeitos inseticidas contra *Helicoverpa armigera* e *Spodoptera litura*
213 (Singh et al., 2014).

214 Os efeitos do extrato da folha na eclodibilidade dos ovos são mostrados na
215 Figura 1A. Foi observado um atraso na eclosão nas primeiras 24 horas em todos os
216 grupos de tratamento com extrato. No entanto, não foi observado efeito letal nos
217 ovos, pois, após 96 horas de tratamento, todas as larvas eclodiram em todos os
218 tratamentos. O extrato foi capaz de matar larvas de *P. xylostella* que ingeriram as
219 folhas de couve. O teste de sobrevivência de log-rank indicou uma tendência
220 significativa de redução nos tempos médios de sobrevivência (Tabela 1) nos grupos de
221 tratamento com extrato (50 a 150 mg / mL) quando comparado ao controle ($\chi^2 =$
222 198.1074; df: 4; $p = 0.0001$). As curvas de Kaplan-Meier são mostradas na Figura 1B.

223 Os valores de LC₅₀ foram 144,9 [127,3-170,6] e 117,4 [88,7-146,2] mg / mL para 96 e 144
224 h, respectivamente (Tabela 2).

225 O extrato foliar também foi capaz de interromper o desenvolvimento das larvas
226 de *P. xylostella*, porque foi observada uma diminuição no número de larvas que se
227 tornaram pupas (viabilidade larval) de maneira dose-dependente (Tabela 3). Juntos,
228 os dados indicam a eficiência do extrato foliar como alternativa para o manejo de *P.*
229 *xylostella*, porque a fase larval causa maior dano às brassicas (Castelo-Branco e
230 Gatehouse, 2001). Boiça Junior et al. (2005) também encontraram resultados
231 semelhantes usando extratos aquosos de plantas contra *P. xylostella*: eles relataram
232 mortalidade total ou quase total de larvas tratadas com extratos de *Enterolobium*
233 *contortisiliquum*, *Nicotiana tabacum*, *Sapindus saponaria* (frutos), *Trichilia pallida*
234 (galhos e folhas), *Azadirachta indica*, *Symphytum officinale*, *Bougainvillea glabra*,
235 *Achillea millefolium* (folhas), e *Chenopodium ambrosioides* (folhas, galhos e frutos).

236 No final do ensaio de toxicidade, as larvas que sobreviveram ao tratamento
237 foram mantidas e acompanhadas durante a fase pupal. A mortalidade pupal e
238 deformação do casulo, que levaram à morte ou resultaram em adultos com asas
239 defeituosas, foram registradas. Esses resultados mostram que o extrato foliar
240 apresenta efeitos deletérios que prejudicam a metamorfose de *P. xylostella*. A
241 viabilidade pupal variou entre 90% e 50% nos grupos de tratamento com extrato (20–
242 150 mg / mL), e os valores foram significativamente ($p < 0,05$) inferiores aos
243 encontrados no controle (Tabela 3). Quando analisado o número total de indivíduos
244 mortos, o extrato foliar causou a morte de 90% dos indivíduos nos estágios larval ou
245 pupal na maior concentração do extrato (Tabela 3). De Jesus et al. (2011) também
246 relataram deformidades em pupas de *P. xylostella* tratadas com extratos aquosos de
247 *Azadirachta indica*, *Sapindus saponaria*, *Dimorphandra mollis* e *Stryphnodendron*
248 *adstringens*. Procópio et al. (2015) relataram uma diminuição significativa no
249 surgimento de adultos de *A. aegypti* derivados de larvas tratadas com extrato salino
250 de folhas de *S. terebinthifolia*, obtidas com o mesmo método utilizado no presente
251 estudo.

252 Os inseticidas derivados de plantas, além da ação letal, podem exibir efeitos
253 antimetabólicos com repercussões em vários aspectos da fisiologia e
254 desenvolvimento, reduzindo a aptidão reprodutiva de adultos expostos ao agente
255 inseticida na fase larval (Napoleão et al., 2019). Para avaliar os efeitos da ingestão do

256 extrato de folhas por *P. xylostella* na reprodução dos adultos, adultos derivados de
257 larvas que sobreviveram aos tratamentos foram separados formando-se casais que
258 foram mantidos em gaiolas contendo discos de folhas de couve. Após 48 h, foi contado
259 o número de ovos postos (Tabela 4). Foi observada uma diminuição de 71% no
260 número de ovos postos por fêmea após o tratamento com extrato de 100 mg / mL,
261 enquanto que nenhuma redução significativa foi detectada nos grupos expostos ao
262 extrato de 2% e 5%. Além disso, foi detectada uma redução significativa na viabilidade
263 dos ovos postos pelos insetos expostos ao extrato de 50 mg / mL (80,95%) e 100 mg
264 / mL (49,30%) quando comparado ao controle (93,15%).

265 As fêmeas de *P. xylostella* depositaram seus ovos preferencialmente nos
266 discos de controle quando comparadas com os discos tratados com o extrato a 20
267 ou 50 mg / mL (Figura 1C), indicando um efeito deterrente da oviposição. Os valores
268 de ODI_{24h} foram de 63,42% e 77% para o extrato a 20 e 50 mg / mL, respectivamente;
269 e os valores de ODI_{48h} foram de 68,02% e 88,02% para o extrato a 20 e 50 mg /
270 mL, respectivamente. Semelhante aos nossos resultados, Medeiros et al. (2005)
271 relataram que extratos aquosos de partes aéreas de várias plantas (*Achillea*
272 *millefolium*, *Azadirachta indica*, *Bidens pilosa*, *Bougainvillea glabra*, *Chenopodium*
273 *ambrosioides*, *Datura suaveolens*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Mentha crisper*,
274 *Nicotiana tabacum*, *Piper nigrum*, *Plumbago capensis*, *Pothomorphe umbellata*,
275 *Sapindus saponaria*, *Solanum cernuum*, *Symphytum officinale*, *Trichilia catigua*, e
276 *Trichilia pallida*) apresentou efeito deterrente de oviposição em fêmeas de *P.*
277 *xylostella*. Extratos aquosos de *Melia azedarach* e *Aspidosperma pyrifolium* também
278 tiveram efeitos deterrentes sobre *P. xylostella* (Torres et al., 2006).

279 Para avaliar se SteLL estaria envolvida no efeito inseticida do extrato de folhas, a
280 lectina (0,2 mg / mL) foi testada quanto à atividade larvicida. A amostra de lectina
281 apresentou uma AH específica de 16.384, correspondendo a uma preparação 64 vezes
282 mais pura que o extrato (AH específica de 256). No entanto, nenhuma toxicidade por
283 ingestão foi detectada para SteLL. Esse achado é semelhante ao relatado para larvas de
284 *A. aegypti*, para as quais a SteLL também não foi tóxica (Procópio et al., 2015). Para *S.*
285 *zeamais*, SteLL induziu a mortalidade de adultos, mas em um nível inferior ao extrato de
286 folhas (Camaroti et al., 2018). Estes resultados indicam que a SteLL não tem um papel
287 importante nos efeitos inseticidas das folhas de *S. terebinthifolia*.

288

289 4. Conclusão

290 O extrato salino das folhas de *S. terebinthifolia* representa um novo agente
291 inseticida contra *P. xylostella*, pois mata as larvas e pupas e prejudica a capacidade
292 reprodutiva dos adultos emergidos. Além disso, o extrato é um deterrente de
293 oviposição. Sua atividade inseticida pode ser devida à ação do ácido gálico e dos
294 flavonóides, pois a lectina presente no extrato não apresentou atividade inseticida
295 quando isolada.

296

297 Agradecimentos

298 Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico
299 e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas de pesquisa (408789 / 2016-6) e bolsa (PMGP
300 e THN), pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
301 (CAPES, Código Financeiro 001) e a Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia
302 do Estado de Pernambuco (FACEPE) pelo apoio financeiro (APQ-0108-2.08 / 14;
303 APQ-0661-2.08 / 15). O JRSLC gostaria de agradecer à CAPES pela bolsa de pós-
304 graduação.

305

306

307 Referências

308

309 Arthropod Pesticide, Resistance Database (APRD). Michigan State
310 University <http://www.pesticideresistance.org/display.php?page=species&arId=571>
311 [acesso 25 Março 2019]

312 Bing, D.H., Weyand, J.G.M., Stavinsky, A.B, 1967. Hemagglutination with aldehyde
313 fixed erythrocytes for assay of antigens and antibodies. Proceedings of the Society
314 for Experimental Biology and Medicine 124, 1166-1170.

315 Boiça Júnior, A.L., Medeiros, C.A.M., Torres, A.L., Chagas Filho, N.R, 2005. Effect of
316 plant aqueous extracts on the development of *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera:
317 Plutellidae), on collard greens. Arquivos do Instituto Biológico 72, 45-50.

- 318 Camaroti, J.R.S.L., Almeida, W.A., Belmonte, B.R., Oliveira, A.P.S., Lima, T.A.,
319 Ferreira, M.R.A., Paiva, P.M.G., Soares, L.A., Pontual, E.V., Napoleão TH, 2018.
320 *Sitophilus zeamais* adults have survival and nutrition affected by *Schinus*
321 *terebinthifolius* leaf extract and its lectin (SteLL). *Industrial Crops and Products* 116,
322 81-89.
- 323 Camaroti, J.R.S.L., Oliveira, A.P.S., Paiva, P.M.G., Pontual, E.V., Napoleão, T.H,
324 2017. Phytoinsecticides for controlling pests and mosquito vectors of diseases, in:
325 Green, V. (Ed.), *Biocontrol Agents: Types, Applications and Research Insights*,
326 Nova Science Publishers Inc., New York, pp. 147-188.
- 327 Carvalho, J.S., Bortoli, S.A., Thuler, R.T., Goulart, R.M., Volpe, H.X.L, 2010.
328 Efeito de sinigrina aplicada em folhas de brássicas sobre características
329 biológicas de *Plutella xylostella* (L.) (Lepdoptera: Plutellidae). *Acta Scientiarum.*
330 *Agronomy* 32, 15-20.
- 331 Castelo-Banco, M., Gatehouse, A.G., 2001. A survey of insecticide susceptibility in
332 *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Yponomeutidae) in the Federal District, Brazil.
333 *Neotropical Entomology* 30, 327-332.
- 334 Costa, C.O.D., Ribeiro, P.R., Loureiro, M.B., Simões, R.C., Castro, R.D.,
335 Fernandez, L.G., 2015. Phytochemical screening, antioxidant and antibacterial
336 activities of extracts prepared from different tissues of *Schinus terebinthifolius* Raddi
337 that occurs in the coast of Bahia, Brazil. *Pharmacognosy Magazine* 1, 607–614.
- 338 De Jesus, F.G., Paiva, L.A., Gonçalves, V.C., Marques, M.A., Boiça-Junior, A.L.,
339 2011. Effect of insecticidal plants on the biology and behavior of *Plutella xylostella*
340 (Lepidoptera: Plutellidae). *Arquivos do Instituto Biológico* 78, 279-285.
- 341 Fedel-Miyasato, L.E.S., Kassuya, C.A.L., Auharek, S.A., Formagio, A.S.N., Cardoso,
342 C.A.L., Mauro, M.O., Cunha-Laura, A.L., Monreal, A.C.D., Vieira, M.C., Oliveira
343 RJ, 2014. Evaluation of anti-inflammatory, immunomodulatory, Chemopreventive
344 and wound healing potentials from *Schinus terebinthifolius* methanolic extract.
345 *Revista Brasileira de Farmacognosia* 24, 565-575.
- 346 Furlong, M.J., Wright, D.J., Dosedall, L.M., 2013. Diamondback moth ecology and
347 management: problems, progress, and prospects. *Annual Review in Entomology* 58,
348 517-541.

- 349 Gao, G., Lu, Z., Tao, S., Zhang, S., Wang, F., 2011. Triterpenoid saponins with
350 antifeedant activities from stem bark of *Catunaregam spinosa* (Rubiaceae) against
351 *Plutella xylostella* (Plutellidae). *Carbohydrate Research* 346, 2200-2205.
- 352 Gomes, F.S., Procópio, T.F., Napoleão, T.H., Coelho, L.C.B.B., Paiva, PMG,
353 2013. Antimicrobial lectin from *Schinus terebinthifolius* leaf. *Journal of Applied*
354 *Microbiology* 114, 672-679.
- 355 Lingathurai, S., Vendan, S.E., Paulraj, M.G., Ignacimuthu, S., 2011. Antifeedant and
356 larvicidal activities of *Acalypha fruticosa* Forssk. (Euphorbiaceae) against *Plutella*
357 *xylostella* L. (Lepidoptera: Yponomeutidae) larvae. *Journal of King Saud University -*
358 *Science* 23, 11-16.
- 359 Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L., Randall, R.J., 1951. Protein measurement
360 with the Folin phenol reagent. *The Journal of Biological Chemistry* 193, 265-275.
- 361 Medeiros, C.A.M., Boiça-Júnior, A.L., Torres, A.L., 2005. Efeito de extratos
362 aquosos de plantas na oviposição da traça-das-crucíferas, em couve. *Bragantia* 64,
363 227-232.
- 364 Napoleão, T.H., Albuquerque, L.P., Santos, N.D.L., Nova, I.C.V., Lima, T.A., Paiva,
365 P.M.G., Pontual, E.V., 2019. Insect midgut structures and molecules as targets of
366 plant-derived protease inhibitors and lectins. *Pest Management Science* 75, 1212-
367 1222.
- 368 Poonsri, W., Koul, O., Chitchirachan, P., Bullangpoti, V., 2015. Insecticidal alkanes
369 from *Bauhinia scandens* var. *horsfieldii* against *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera:
370 Plutellidae). *Industrial Crops and Products* 65, 170-174.
- 371 Procópio, T.F., Fernandes, K.M., Pontual, E.V., Ximenes, R.M., Oliveira, A.R.C.,
372 Souza, C.S., Melo, A.M.M.A., Navarro, D.M.A.F., Paiva, P.M.G., Martins, G.F.,
373 Napoleão, T.H., 2015. *Schinus terebinthifolius* leaf extract causes midgut
374 damage, interfering with survival and development of *Aedes aegypti* larvae. *PLoS*
375 *One* 10, e0126612.
- 376 Procópio, T.F., Patriota, L.L.S., Moura, M.C., Silva, P.M., Oliveira, A.P.S.,
377 Nascimento, L.V.N., Lima, T.A., Soares, T., Silva, T.D., Coelho, L.C.B.B., Pitta,
378 M.G.R., Rêgo, M.J.B.M., Figueiredo, R.C.B.Q., Paiva, P.M.G., Napoleão, T.H.,
379 2017. CasuL: A new lectin isolated from *Calliandra surinamensis* leaf pinnulae with

- 380 cytotoxicity to cancer cells, antimicrobial activity and antibiofilm effect. International
381 Journal of Biological Macromolecules 98, 419-429.
- 382 Ramos, D.B.M., Araújo, M.T.M.F., Araújo, T.C.L., Neto, O.G.S., Silva, M.G., Silva,
383 Y.A., Torres, D.J.L., Patriota, L.L.S., Melo, C.M.L., Lorena, V.M.B., Paiva, P.M.G.,
384 Mendes, R.L., Napoleão, T.H., 2019. Evaluation of antitumor activity and toxicity
385 of *Schinus terebinthifolia* leaf extract and lectin (SteLL) in sarcoma 180-bearing mice.
- 386 Regnault-Roger, C., Ribodeau, M., Hamraoui, A., Bareau, I., Blanchard, P., Gil-
387 Munoz, M.A., Barberan, F.T., 2004. Polyphenolic compounds of Mediterranean
388 Lamiaceae and investigation of orientational effects on *Acanthoscelides obtectus*
389 (Say). Journal of Stored Products Research 40, 395-408.
- 390 Ribeiro, L.M.S., Siqueira, H.A.A., Teixeira, V.W., Ferreira, H.N., Silva, W.M., Silva,
391 J.E., Teixeira, A.C., 2017. Field resistance of Brazilian *Plutella xylostella* to diamides
392 is not metabolism-mediated. Crop Protection 93, 82-88.
- 393 Sangha, J.S., Astatkie, T., Cutler, G.C., 2017. Ovicidal, larvicidal, and behavioral
394 effects of some plant essential oils on diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae).
395 The Canadian Entomologist 149, 639-648.
- 396 Santos, V.C., Siqueira, H.A.A., Silva, J.E., Farias, M.J.D.C., 2011. Insecticide
397 resistance in populations of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.)
398 (Lepidoptera: Plutellidae), from the state of Pernambuco, Brazil. Neotropical
399 Entomology 40, 264-270.
- 400 Shen, J., Dongyang, L., Zhang, S., Zhu, X., Wan, H., Jianhong, L., 2017. Fitness and
401 inheritance of metaflumizone resistance in *Plutella xylostella*. Pesticide Biochemistry
402 and Physiology 139, 53-59.
- 403 Singh, H., Dixit, S., Verma, P.C., Singh, P.K., 2014. Evaluation of total phenolic
404 compounds and insecticidal and antioxidant activities of tomato hairy root extract.
405 Journal of Agricultural and Food Chemistry 62, 2588-2594.
- 406 Tabashnik, B.E., Cushing, N.L., 1987. Leaf residue vs topical bioassays for
407 assessing insecticide resistance in the diamondback moth, *Plutella xylostella* L. FAO
408 Plant Protection Bulletins 35, 11-14.

- 409 Takelar, N.S., Shelton, A.M., 1993. Biology, ecology and management of the
410 diamondback moth. Annual Review in Entomology 38, 275-301.
- 411 Torres, A.L., Boiça Júnior, A.L., Medeiros, C.A.M., Barros, R., 2006. Efeito de extratos
412 aquosos de *Azadirachta indica*, *Melia azedarach* e *Aspidosperma pyriformium* no
413 desenvolvimento de oviposição de *Plutella xylostella*. Bragantia 65, 447-457.
- 414 Ulmer, B., Gillot, C., Woods, D., Erlandson, M., 2002. Diamondback moth, *Plutella*
415 *xylostella* feeding and oviposition preference on glossy and waxy *Brassica rapa* (L.)
416 lines. Crop Protection 21, 327-331.
- 417 Wei, H., Liu, J., Li, B., Zhan, Z.X., Chen, Y.X., Tian, H.J., 2015. The toxicity and
418 physiological effect of essential oil from *Chenopodium ambrosioides* against the
419 diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). Crop Protection 76,
420 68-74.
- 421 Zalucki, M.P., Shabbir, A., Silva, R., Adamson, D., Liu, S.S., Furlong, M.J., 2012.
422 Estimating the economic cost of one of the world's major insect pests, *Plutella*
423 *xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae): just how long is a piece of string? Journal
424 of Economic Entomology 105, 1115-1129.
- 425 Zhou, L., Huang, J., Xu, H., Zhou, L.J., Huang, J.G., Xu, H.H., 2011. Inseticide
426 resistance of *Plutella xylostella* from field Pearl river delta. Journal of the South
427 China Agricultural University 32, 45-48.
- 428
- 429
- 430
- 431
- 432
- 433
- 434
- 435
- 436
- 437

438 **Tabelas e Figuras**

439 **Tabela 1.** Tempo médio de sobrevivência nos tratamentos com extrato de folhas (20
440 a 150 mg / mL) e solução controle (NaCl 0,15 M).

Tratamento	Tempo de Sobrevivência (dias)	CI 95%*	Mediana
Controle	7.866 ± 0,0494 ^a	7,769–7,963	---
Extrato de folhas (mg/mL)			---
20	7,458 ± 0,0848 ^b	7,292–7,624	---
50	6,979 ± 0,112 ^c	6,759–7,198	8,000
100	6,857 ± 0,116 ^c	6,629–7,085	8,000
150	6,162 ± 0,122 ^d	5,923–6,401	7,000

441

442 * intervalo de confiança de 95%. O teste de sobrevivência de log-rank indicou uma tendência
443 significativa de redução nos tempos médios de sobrevivência quando comparado ao controle ($\chi^2 =$
444 198.1074; df: 4; $p = 0,0001$). Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os
445 tratamentos de acordo com a ANOVA, seguidos pelo teste de Tukey.

446

447

448

449 **Tabela 2.** Toxicidade por ingestão do extrato de folha de *S. terebinthifolia* contra
 450 larvas de *P. xylostella*

451

452	Tempo de tratamento (h)	Concentração letal (mg/mL) ^a		
		453 LC20	LC50	LC99
454				
455	96	58,5 [42,8–71,7]	144,9 [127,0–170,6]	383,8 [323,4–481,7]
456	144	37,4 [8,6–66,1]	117,4 [88,7–146,2]	3 38,7 [308,7–368,8]
457				

458 ^a Concentrações letais do extrato de folhas necessárias para matar 20% (CL20), 50% (CL50) e 99%
 459 (LC99) das larvas de *P. xylostella* em 96 h e 144 h calculadas por regressão probit. Os valores entre
 460 colchetes correspondem a intervalos de confiança de 95%.

461

462 **Tabela 3.** Efeitos do extrato de folhas de *S. terebinthifolia* na viabilidade de larvas e
 463 pupas de *P. xylostella*.

464

465	Tratamento	Viabilidade larval (%) *	Viabilidade pupal (%) **	Mortalidade total (%) ***
466	Controle	95 ± 4,0 ^a	92,1 ± 4,0 ^A	12,5
467	Extrato de folhas			
468	(mg/mL)			
	20	75 ± 4,0 ^b	90 ± 5,0 ^{AB}	32,5
	50	60 ± 0,0 ^b	80 ± 6,0 ^B	50,0
	100	53 ± 3,0 ^c	52,38 ± 7,0 ^C	72,5
	150	20 ± 0,0 ^d	50 ± 0,0 ^C	90,0

469

470 * Porcentagem de larvas que atingiram o estágio pupal. ** Porcentagem de larvas que atingiram a
 471 fase adulta. *** A mortalidade total foi calculada como a soma da porcentagem de indivíduos que
 472 morreram nos estágios larval ou pupal. Letras maiúsculas ou minúsculas diferentes indicam
 473 diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos de acordo com a ANOVA, seguidos pelo teste
 474 de Tukey.

475

476 **Tabela 4.** Efeitos da ingestão de extrato de folhas de *S. terebinthifolia* por larvas de
 477 *P. xylostella* na fertilidade de adultos.

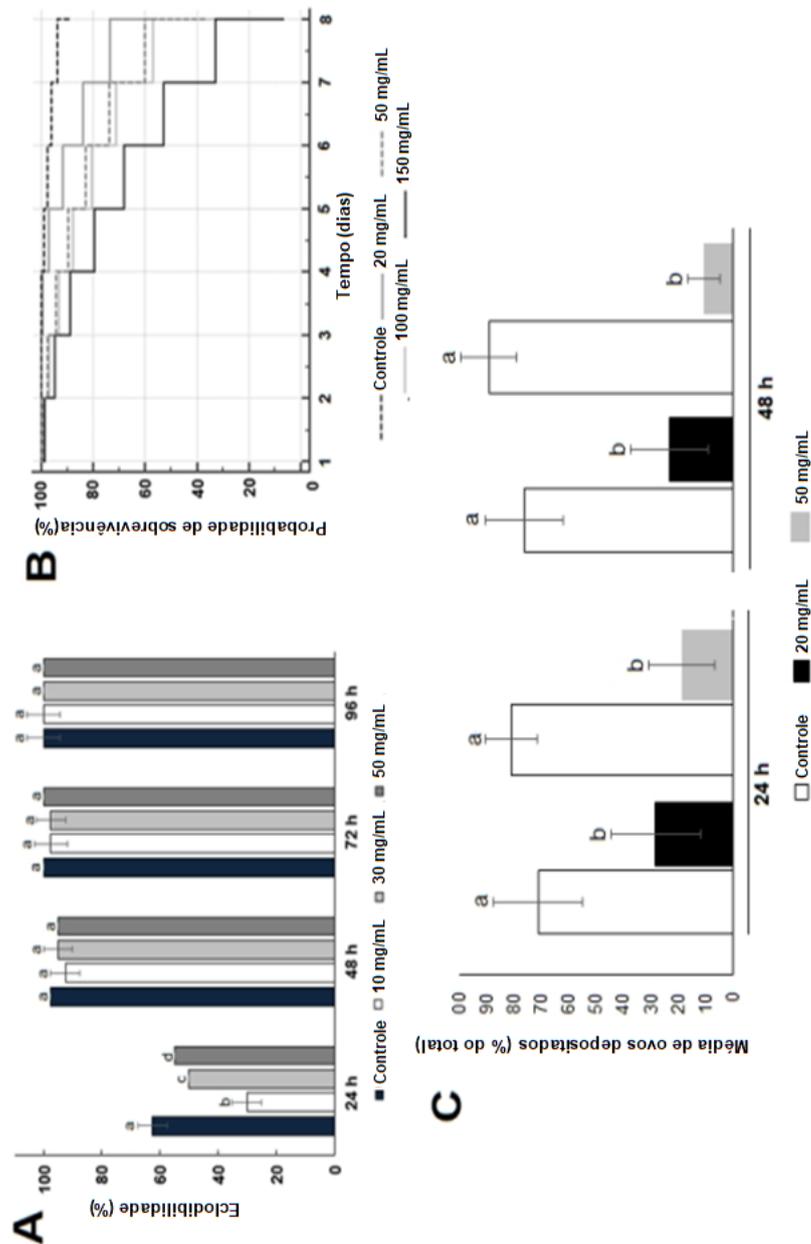
478

Tratamento	Ovos depositados por fêmea	Ovos viáveis (%)**
Controle	37,5 ± 3,6 ^a	93,15 ± 1,97 ^A
Extrato de folhas (mg/mL)		
20	36,75 ± 3,5 ^a	91,26 ± 2,49 ^A
50	34,25 ± 2,7 ^a	80,95 ± 1,49 ^B
100	10,75 ± 1,3 ^b	49,30 ± 4,96 ^C

479

480 O número de casais em cada tratamento foi quatro. O tratamento com 15% do extrato não foi avaliado
 481 porque o número de adultos emergidos não foi suficiente para realizar o ensaio.** Porcentagem de
 482 ovos viáveis postos pelas fêmeas em cada tratamento. Letras maiúsculas ou minúsculas diferentes
 483 indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos de acordo com a ANOVA, seguidos
 484 pelo teste de Tukey.

485 **Figura 1.** Atividade inseticida do extrato da folha de *Schinus terebinthifolia* contra
 486 *Plutella xylostella*. (A) Efeitos do extrato (10 a 50 mg / mL) na eclodibilidade dos
 487 ovos. (B) curvas de Kaplan – Meier dos tratamentos controle e extrato (20 a 150 mg
 488 / mL). O teste log-rank de sobrevivência indicou uma tendência significativa de
 489 redução nos tempos médios de sobrevivência nos tratamentos com extrato de folhas
 490 quando comparado ao controle. (C) Efeito deterrente de oviposição do extrato em
 491 20 mg / mL (barras pretas) ou 50 mg / mL (barras cinza) em fêmeas de *P. xylostella*.
 492 Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos.
 493



1 **CAPITULO 2. Efeito do extrato e inibidor de tripsina de flores de *Moringa oleifera***
2 **na sobrevivência e nutrição de *Sitophilus zeamais* adultos**

3 Pedro Ricardo da Costa Silva^a, Caroline Gomes Pereira^a, Welton Aaron de Almeida^a,
4 Isabella Coimbra Vila Nova^c, Lidiane Pereira de Albuquerque^b, Luana Cassandra
5 Breitenbach Barroso Coelho^c, Patrícia Maria Guedes Paiva^c, Jeine Emanuele Santos
6 da Silva^a, Thiago Henrique Napoleão^c, Emmanuel Viana Pontual^a

7 ^a*Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal, Universidade Federal Rural de*
8 *Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil*

9 ^b*Departamento de Bioquímica e Farmacologia, Universidade Federal do Piauí, Teresina,*
10 *Piauí, Brasil*

11 ^c*Departamento de Bioquímica, Centro de biociências, Universidade Federal de*
12 *Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil*

13

14 **1. RESUMO**

15 O Brasil é o terceiro maior produtor e exportador de milho no mundo. Nos armazéns,
16 onde é estocado, o milho fica suscetível ao ataque de pragas, dentre as quais,
17 *Sitophilus zeamais* é a principal. Este trabalho avaliou o efeito da ingestão do extrato
18 e inibidor de tripsina (MoFTI) de flores de *Moringa oleifera* sobre *S. zeamais* adultos.
19 A dieta tratada com o extrato (0,5 a 6 mg/g) ou MoFTI (3%) foi rejeitada pelos insetos
20 com índices de deterrência variando de moderado a alto. As taxas de ganho de
21 biomassa e crescimento relativo foram negativas, sugerindo um efeito antinutricional.
22 A eficiência na conversão do alimento ingerido variou de -37,5% a -71,6%, indicando
23 que a quantidade de alimento metabolizado foi insuficiente para contrabalançar os
24 prejuízos causados pela ingestão das amostras. O extrato não interferiu na
25 sobrevivência, entretanto, MoFTI matou 51,25 ± 4,79% dos insetos após 21 dias de
26 tratamento. Adicionalmente, o extrato e MoFTI não interferiram na taxa de germinação
27 de sementes de milho e crescimento das plântulas. Em conclusão, o extrato e MoFTI
28 são tóxicos para *S. zeamais*, mas não para sementes de milho, o que é vantajoso
29 caso essas preparações sejam empregadas para proteção de grãos armazenados.

30 **Palavras-Chave:** Moringa, gorgulho do milho, inibidores de protease, grãos
31 estocados

32 2. INTRODUÇÃO

33 Na safra 2017/2018, o Brasil produziu o equivalente a 82,0 milhões de
34 toneladas de milho (*Zea mays*), atingindo série recorde (CONAB, 2019) e se
35 consolidando como o terceiro maior produtor e exportador dessa cultura
36 mundialmente (BRASIL, 2018). Ele é produzido em duas safras anuais e o grão é o
37 fator crítico das perdas nas colheitas por estar sujeito a ataque de pragas durante o
38 período que permanece armazenado (PICANÇO et al., 2003).

39 *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae), o gorgulho do milho, é
40 uma praga-chave das culturas de milho capaz de atacá-lo em campo ou nos estoques,
41 ainda que em profundidade e independente da integridade do grão, uma vez que é
42 uma praga primária (GALLO ET AL., 2002). Juntamente com outras pragas de
43 produtos armazenados, *S. zeamais* causa uma perda estimada em 30 a 40% da
44 produção anual de milho na América Latina (DENA et al., 2017). Os grãos danificados
45 apresentam reduzida massa e valor nutricional, baixa percentagem de germinação e
46 baixo valor de mercado (TEFERA et al., 2011). Além do milho, *S. zeamais* é capaz de
47 atacar alimentos processados como bolachas, biscoitos e macarrão.

48 A ocorrência de populações de *S. zeamais* resistentes a inseticidas
49 organofosforados (PEREIRA et al., 2009), piretróides (CORRÊA et al., 2011) e a
50 fosfinas (PIMENTEL et al., 2009) disponíveis no mercado para seu controle foi
51 relatada. Nesse sentido, a busca por métodos alternativos de controle tem sido alvo
52 de pesquisas para sanar os efeitos negativos da utilização massiva de inseticidas
53 químicos, os quais além de selecionar indivíduos resistentes, trazem injúrias para a
54 saúde humana, ambiente e recursos naturais. A utilização de produtos naturais com
55 efeito inseticida tem despertado o interesse devido ao maior grau de
56 biodegradabilidade e, em geral, menor toxicidade para organismos não alvo. Em
57 especial, os extratos vegetais têm chamado atenção por serem amostras de
58 composição complexa, cuja ação inseticida geralmente envolve mais de um
59 mecanismo de ação, minimizando ou retardando o surgimento de resistência. Os
60 produtos naturais podem apresentar efeito repelente, quimioesterilizante, fagoinibidor
61 e inseticida (GUIMARÃES et al., 2015).

62 As plantas possuem um arsenal de substâncias produzidas diretamente como
63 resposta ao ataque de pragas, ou ainda cuja síntese pode ser modulada por eventos
64 como este. É o caso da síntese de inibidores de proteases incluindo a tripsina, enzima

65 amplamente produzida pelos insetos (DIAS et al., 2017; SOUZA et al., 2019). Os
66 inibidores de tripsina podem causar efeitos deletérios severos em insetos, incluindo
67 prejuízos ao processo de digestão, redução da biodisponibilidade de aminoácidos e
68 dificuldade na absorção de nutrientes, usualmente resultando em morte por inanição
69 (RAMOS et al., 2009). O inibidor de tripsina (MoFTI, do inglês *Moringa oleifera* flower
70 *trypsin inhibitor*) isolado das flores de *M. oleifera*, uma planta pantropical com ampla
71 utilização biotecnológica, é tóxico para larvas de *Aedes aegypti* por causar
72 mortalidade ou atraso no desenvolvimento (PONTUAL et al., 2014).

73 Com base nos relatos prévios de atividade inseticida em preparações de flores
74 de *M. oleifera*, este trabalho teve como hipótese que a ingestão do extrato de flores e
75 de MoFTI podem prejudicar a sobrevivência, a nutrição e o crescimento de *S. zeamais*
76 adultos. Aqui são descritos os resultados da investigação do extrato e MoFTI como
77 agentes para controle de populações de *S. zeamais*. Adicionalmente, a avaliação da
78 toxicidade dessas preparações para sementes de milho é também relatada.

79

80 **3. METODOLOGIA**

81

82 **3.1 Material vegetal: obtenção do extrato de flores e purificação de MoFTI**

83 *M. oleifera* é conhecida como “acácia branca”, “marungo”, “muringa” ou
84 “moringuiero” em português, “árbol del ben”, “morango” ou “moringa” em espanhol e
85 “horseradish tree” em inglês. O nome da espécie foi confirmado utilizando o website
86 <http://www.theplantlist.org> em 23 de janeiro de 2019. Flores de *M. oleifera* foram
87 coletadas no Campus da Universidade Federal de Pernambuco (8°02'57.9"S
88 34°56'47.8"O), Recife, Pernambuco, Brasil. O acesso ao material vegetal foi registrado
89 no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento
90 Tradicional Associado (SisGen) sob o número AF99882. Uma exsicata (número
91 73.345) encontra-se depositada no Herbário Dárdano de Andrade Lima do Instituto
92 Agrônômico de Pernambuco (IPA), Recife, Pernambuco Brasil.

93 Flores frescas (50 g) de *M. oleifera* foram homogeneizadas com água destilada
94 (100 mL) por 5 min, utilizando liquidificador. A mistura foi filtrada em gaze e
95 centrifugada (3.000 x g; 15 min) e o sobrenadante límpido correspondeu ao extrato de
96 flores. Em seguida o extrato foi liofilizado e ressuspenso em tampão Tris-HCl 0,1 M,

97 pH 8,0 ou em água destilada para se obter soluções estoque de concentração 4,0%
98 (peso seco/volume, m/v) que foram utilizadas para o isolamento de MoFTI e os
99 ensaios de atividade biológica, respectivamente.

100 MoFTI foi purificado por cromatografia de afinidade em coluna Tripsina-Agarose
101 utilizando o protocolo previamente estabelecido por Pontual et al. (2014). 67 mg do
102 extrato de flores foram aplicados na coluna que foi lavada com tampão Tris-HCl 0,1
103 M, pH 8,0 para remoção do material não adsorvido. A presença de proteínas nas
104 frações coletadas foi acompanhada pela medida da absorbância a 280 nm em
105 espectrofotômetro. Foram consideradas livres de proteínas aquelas frações com
106 absorbância menor que 0,02. Após eluído com KCl-HCl 0,1M, pH 2,0, MoFTI foi
107 dialisado contra água destilada (1mL de inibidor: 1 L de água, durante 6 h) e destinado
108 à determinação da concentração de proteínas e da atividade inibidora de tripsina, bem
109 como à avaliação dos efeitos sobre *S. zeamais* e sementes de milho.

110 A quantificação de proteínas nas soluções foi realizada de acordo com Lowry
111 et al. (1951) utilizando uma curva de albumina do soro fetal bovino (31,25 a 500 µg/mL)
112 como padrão. A atividade inibidora de tripsina no extrato de flores e de MoFTI foi
113 determinada em placa de microtitulação de acordo com Pontual et al. (2012),
114 utilizando N- α -benzoil-DL-arginina-p-nitroanilida (BApNA) como substrato. Uma
115 unidade de atividade inibidora de tripsina (U) correspondeu à quantidade de amostra
116 que causa uma redução de 0,01 na absorbância em relação ao controle contendo
117 apenas tripsina e BApNA (100% de hidrólise). Os valores de atividade específica
118 (U/mg) foram determinados pela razão entre a atividade inibidora de tripsina (U) e a
119 quantidade total de proteínas no teste (mg).

120

121 **3.2 Efeito do extrato de flores e MoFTI sobre *S. zeamais* adultos**

122 Colônias de *S. zeamais* adultos foram mantidas no Laboratório de Biofísica
123 Teórica e Computacional do Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal da
124 UFRPE, na temperatura de $28 \pm 2^\circ$ C, em recipientes de vidro fechados com tecido
125 fino do tipo TNT para permitir a aeração. A dieta alimentar consistiu em grãos de milho
126 selecionados quanto ao tamanho e integridade, e substituídos a cada 5 meses
127 aproximadamente. Para o ensaio de toxicidade por ingestão, discos de farinha foram
128 preparados de acordo com o método de Liu et al. (2007). Para cada bioensaio, uma
129 alíquota da solução-estoque (extrato de flores ou MoFTI) foi adicionada a 2,0 g de

130 farinha de trigo e o volume foi completado para 5 ml utilizando água destilada. No
 131 tratamento controle, apenas água destilada foi utilizada. A mistura foi homogeneizada
 132 para obter uma suspensão e, em seguida, alíquotas de 200 µL foram dispostas em
 133 placa de Petri para formar discos (dieta artificial) que foram postos para secar a 28° C
 134 por 16 h. Ao final, 20 insetos foram transferidos para cada placa. Os bioensaios foram
 135 realizados em quadruplicata e conduzidos no escuro a 28 ± 2° C. Para cada ensaio,
 136 os discos de farinha e o grupo de vinte indivíduos foram pesados antes do início e
 137 após sete dias. Em seguida, foi registrada a taxa de mortalidade. Os seguintes índices
 138 nutricionais foram calculados:

139

140 a) Taxa de ganho relativo de biomassa (TGB, indica em quantas vezes o valor
 141 da biomassa inicial dos insetos aumentou por dia):

$$142 \quad TGB = \frac{\text{(mg de biomassa adquirida)}}{\text{(mg de biomassa de insetos inicial x dias)}}$$

143

144 b) Taxa de consumo relativo (TCR, indica a quantidade diária de alimento que
 145 foi ingerida por miligrama de biomassa do inseto):

$$146 \quad TCR = \frac{\text{(mg de biomassa ingerida)}}{\text{(mg de biomassa de insetos inicial x dias)}}$$

147

148 c) Eficiência de conversão do alimento ingerido (ECAI (%), indica o quanto de
 149 massa ingerida foi convertido em biomassa dos insetos):

$$150 \quad ECAI = \frac{\text{(biomassa adquirida)}}{\text{/ (massa de alimento ingerida) x 100}}$$

151

152 O índice de deterrência alimentar foi determinado através da equação: IDA =
 153 [100 x (C-T)]/C, onde C corresponde à massa ingerida no controle e T à massa
 154 ingerida no teste. Com base nos valores de IDA, os tratamentos foram classificados
 155 em não deterrentes (IDA < 20%), deterrente fraco (20% ≤ IDA < 50%), deterrente
 156 moderado (50% ≤ IDA < 70%), ou deterrente forte (IDA ≥ 70%) (ISMAN et al., 1990;
 157 LIU et al., 2007).

158

159 **3.3 Efeito do extrato de flores e MoFTI sobre sementes de milho**

160 A fitotoxicidade do extrato de flores e de MoFTI foi avaliada utilizando grãos de
161 milho (*Zea mays*) seguindo a metodologia descrita por Freitas et al., (2016), com
162 modificações. Água mineral foi usada como controle negativo e uma solução de
163 dicromato de potássio (1%, m/v) como controle positivo. Cada ensaio, realizado em
164 duplicata, correspondeu a 20 sementes dispostas em papel Germitest, embebido com
165 4 ml do extrato de flores, MoFTI ou controles positivo e negativo. O experimento foi
166 incubado por 72 horas a $20 \pm 2^\circ$ C. Após esse período, o número de sementes
167 germinadas em cada placa, bem como o comprimento das radículas foram
168 registrados. Os ensaios foram considerados válidos quando a germinação foi igual ou
169 maior que 90% no controle negativo. O índice de crescimento relativo (ICR) e o índice
170 de germinação (IG) foram calculados de acordo com as equações: $IG = (SGT/SGC) \times$
171 100 e $ICR = (CRT/CRC) \times 100$; onde: SGT é o número de sementes germinadas nas
172 amostras teste e SGC o número de sementes germinadas no controle; CRT é o
173 comprimento da radícula no tratamento teste; CRC é o comprimento da radícula no
174 controle negativo.

175

176 **3.4 Análise estatística**

177 Os dados foram expressos em médias entre as replicatas \pm desvio padrão
178 calculados usando o programa GraphPad Prism 4.0 para Windows (GraphPad
179 software, San Diego, Califórnia, EUA). Diferenças significativas foram determinadas
180 utilizando o teste de Tukey ($p < 0,05$).

181

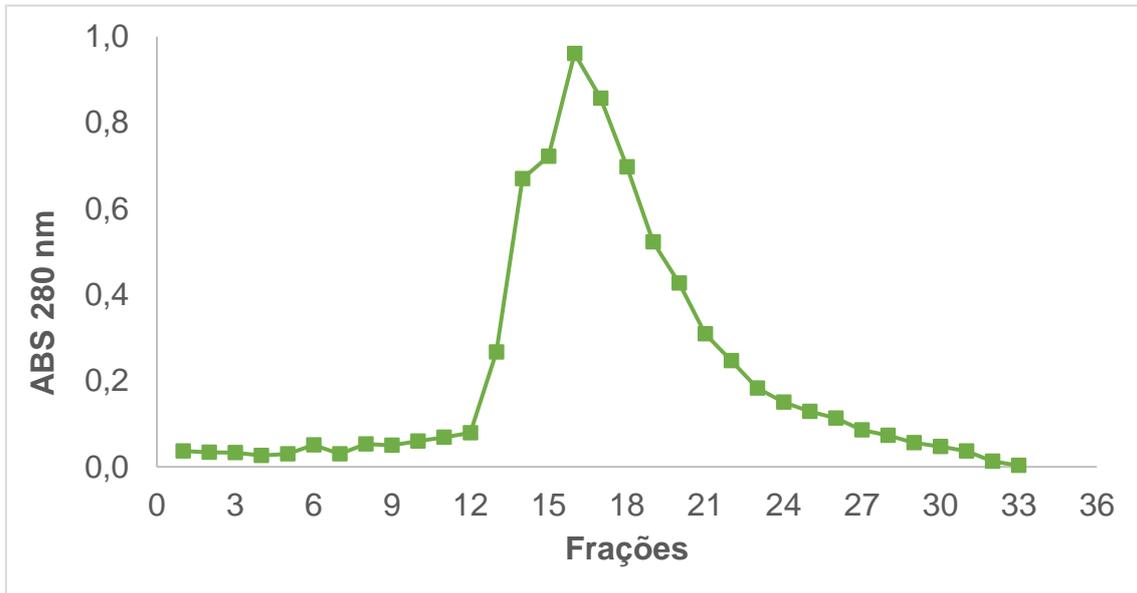
182 **4. Resultados e Discussão**

183 O extrato de flores foi capaz de inibir a hidrólise do BApNA pela tripsina com
184 atividade de 12 U/mg. Esse resultado confirma a presença de MoFTI no extrato, o que
185 está de acordo com os dados previamente publicados por Pontual (2012, 2014). A
186 cromatografia do extrato em coluna Tripsina-Agarose (Figura 1) resultou na
187 recuperação de MoFTI com atividade de 63 U/mg.

188

189

190 **Figura 1.** Isolamento do inibidor de tripsina de flores de *M. oleifera* (MoFTI) através
 191 de cromatografia de afinidade em coluna Tripsina-Agarose. A figura mostra a etapa
 192 de eluição com KCl-HCl 0,1 M, pH 2,0 (33 mL). Frações de 1 mL foram coletadas a
 193 um fluxo de 1 mL a cada 6 min.



195

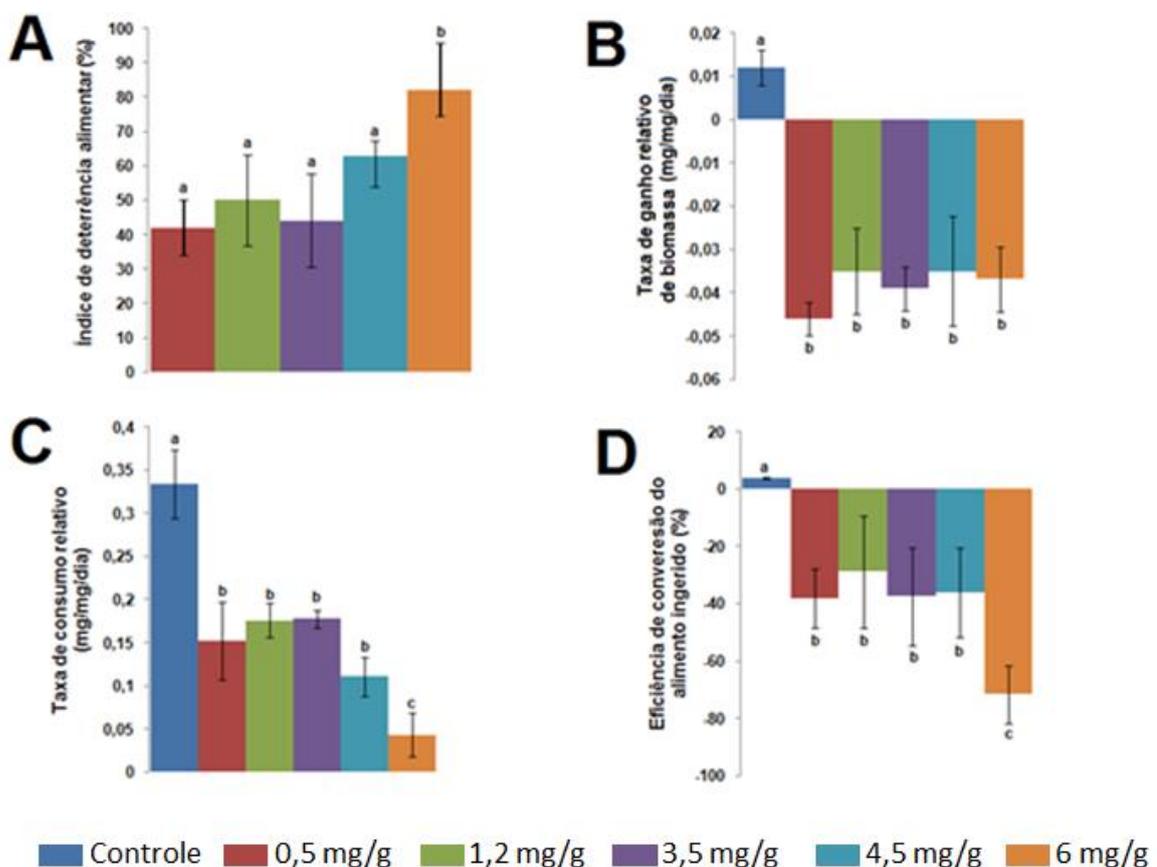
196 Quando o extrato de flores foi incorporado à dieta artificial nas concentrações de
 197 0,5 a 6,0 mg/g, não foi detectada alteração significativa na sobrevivência dos adultos
 198 de *S. zeamais*. Contudo, o extrato apresentou efeito deterrente moderado nas
 199 concentrações de 0,5 a 4,5 mg/g e forte na concentração de 6,0 mg/g (Figura 2A). Um
 200 sistema sensorial gustativo típico de um inseto consiste em receptores específicos
 201 para deterrência ou para atração. As substâncias fago-inibidoras agem estimulando
 202 determinados receptores promovendo a deterrência ou, ainda, bloqueando e
 203 interferindo na percepção do sabor pelos receptores de atração (ISMAN, 2002). Dessa
 204 forma, os extratos vegetais podem desencadear esse efeito fago-inibidor e isto está
 205 geralmente associado ao ganho ou perda de peso do inseto (GUIMARÃES et al.,
 206 2015).

207 Apesar de não ter resultado na mortalidade dos insetos durante o período
 208 analisado, a ingestão dos discos contendo o extrato induziu distúrbios nutricionais de
 209 maneira dose-dependente. Os valores de TGB foram negativos (Figura 2B), indicando
 210 que houve perda de biomassa pelos insetos. Os valores de TCR foram menores que
 211 no controle (Figura 2C), provavelmente devido ao efeito deterrente do extrato. O fato
 212 dos valores de TCR não terem sido negativos indica que o efeito deterrente ocorreu

213 provavelmente pós-ingestão, uma vez que os insetos ainda se alimentaram da dieta.
 214 A ECAI variou de -37,5% a -71,6% (Figura 2D) nos tratamentos com o extrato sugere
 215 que mesmo que os insetos tenham ingerido alguma quantidade de alimento, esta não
 216 foi eficientemente metabolizada, sendo insuficiente para contrabalançar os prejuízos
 217 causados.

218

219 **Figura 2** - Efeito do extrato de flores de *M. oleifera* (0,5 a 6,0 mg/g) sobre o
 220 comportamento alimentar (A) e parâmetros nutricionais (B, C e D) de adultos de *S.*
 221 *zeamais*.



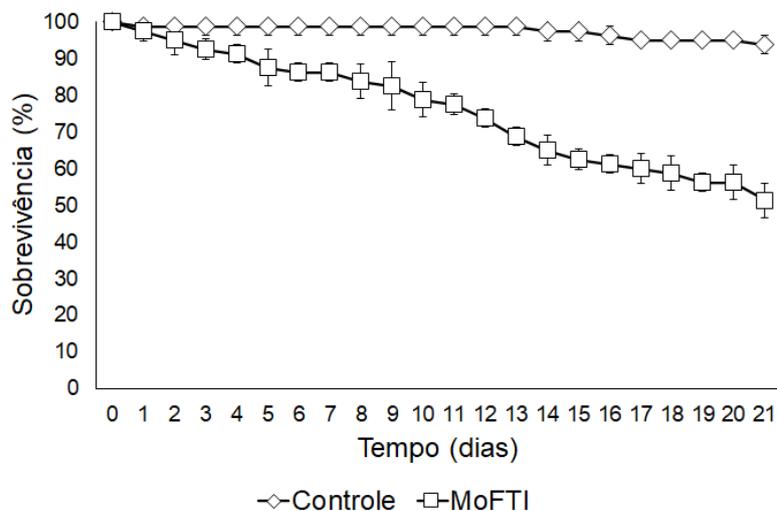
222

223 Letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos utilizando o teste de Tukey ($p <$
 224 0,05).

225 O efeito antinutricional do extrato juntamente com o conhecimento prévio que
 226 este contém um inibidor de tripsina levantou a hipótese de que MoFTI pode ser um
 227 dos princípios envolvidos na toxicidade por ingestão do extrato para *S. zeamais*.
 228 Nesse sentido, foi realizado um bioensaio, nas mesmas condições reportadas para os
 229 ensaios com o extrato de flores, onde os insetos foram alimentados com MoFTI a 3
 230 mg/g.

231 Após 7 dias de tratamento, foi observado que MoFTI reduziu discreta, porém
 232 significativamente a sobrevivência dos insetos, resultando em uma taxa de
 233 mortalidade de $13,75 \pm 2,5\%$ (figura 3). Por outro lado, após 21 dias do início do
 234 tratamento, MoFTI foi capaz de reduzir a sobrevivência dos insetos em
 235 aproximadamente $50 \pm 4,79\%$, revelando um efeito inseticida crônico. Inibidores de
 236 protease são bastante eficientes contra insetos mastigadores, como o *S. zeamais*,
 237 uma vez que o mecanismo de ação desses compostos influencia na digestão
 238 proteolítica dos nutrientes. Quando alimentados com dietas artificiais contendo esses
 239 inibidores, os insetos podem apresentar inibição da digestão proteolítica, o que
 240 conseqüentemente interfere na biodisponibilidade de aminoácidos essenciais
 241 necessários para o crescimento, desenvolvimento e ainda reprodução e pode levar o
 242 inseto à morte por inanição (RAMOS et al., 2009; DE OLIVEIRA; MARANGONI;
 243 MACEDO, 2014).

Figura 3 – Sobrevivência de *S. zeamais* tratados com MoFTi (3,0 mg/g)

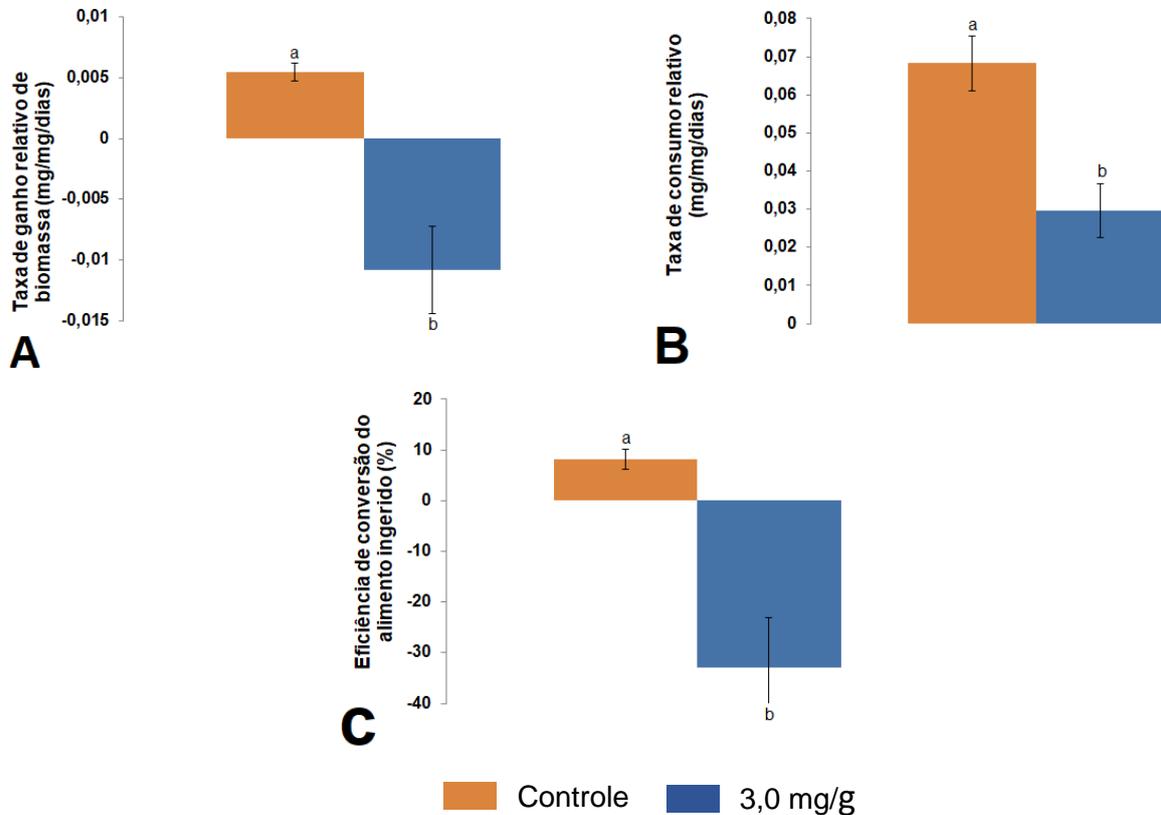


244

245 Em adição ao efeito na sobrevivência, foi detectado que a ingestão de MoFTI
 246 pelos adultos de *S. zeamais* acarreta na alteração de importantes parâmetros
 247 nutricionais. Semelhantemente ao que foi observado nos tratamentos com o extrato,
 248 os valores de TGB foram negativos para insetos tratados com MoFTI (figura 4A),
 249 indicando perda de biomassa. Os valores de TCR foram menores que no controle
 250 (Figura 4B) e a ECAI foi de -32,95% (Figura 4C). MoFTI atuou ainda como agente
 251 deterrente de alimentação, apresentando um efeito moderado (55,96%).

252

253 **Figura 4** - Efeito do inibidor de tripsina de flores de *M. oleifera* sobre os parâmetros
 254 nutricionais (A, B e C) de *S. zeamais* adultos.



255

256 Letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos utilizando o teste de Tukey ($p <$
 257 0,05).

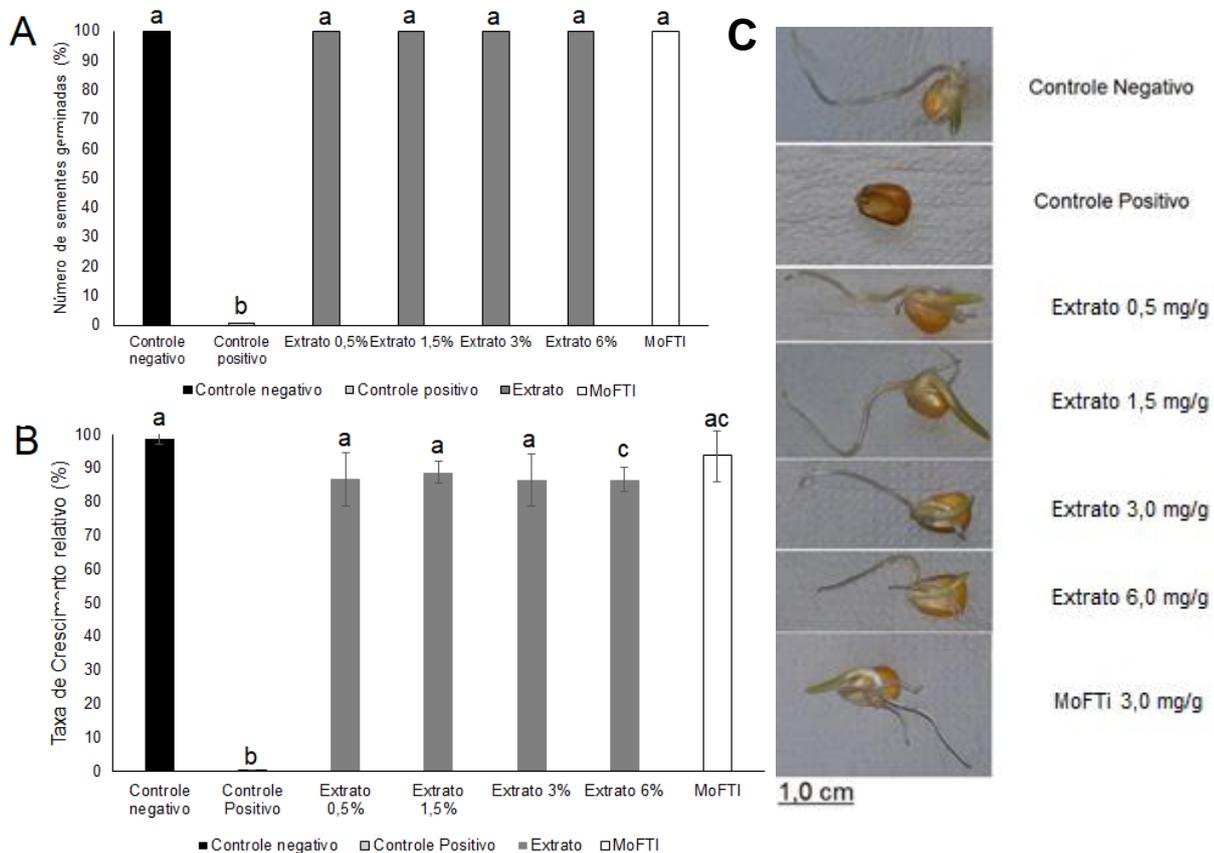
258 De fato, os Inibidores de tripsina têm sido investigados como agentes para
 259 controle de pragas agrícolas em todo mundo (SAMIKSHA et al., 2019) e os resultados
 260 descritos neste trabalho revelam que o extrato de flores de *M. oleifera* e MoFTI
 261 representam interessantes possibilidades para este fim. Contudo, qualquer produto
 262 utilizado como estratégia integrada de controle deve ser seguro para os grãos
 263 armazenados de modo a não prejudicar os parâmetros nutricionais ou econômicos
 264 (redução de peso e poder germinativo) do produto. Assim, o efeito do extrato e de
 265 MoFTI sobre a germinação e crescimento de grãos de milho foi investigado.

266 O extrato de flores de *M. oleifera* nas concentrações 6 a 0,5 mg/g e MoFTI 3
 267 mg/g, as quais correspondem às concentrações utilizadas nos ensaios com *S.*
 268 *zeamais* e expressas em mg/g, não foram tóxicos para os grãos de milho (Figuras 5
 269 A e C). Não houve diferença significativa entre as taxas de germinação determinadas
 270 para o controle e para os tratamentos com o extrato e MoFTI. A ausência de

271 germinação no controle positivo garante que as condições utilizadas no teste foram
 272 próprias para esse tipo de investigação. A taxa de crescimento relativo das radículas
 273 também não foi significativamente afetada pelo extrato ou por MoFTI (Figura 5B) em
 274 relação ao controle negativo. Esses dados sugerem que o extrato e MoFTI, nas
 275 concentrações utilizadas neste trabalho, são seguras para os grãos de milho.

276

277 **Figura 5:** Número de sementes de milho germinadas nos tratamentos com extrato de
 278 flores ou MoFTI – A; Taxa de crescimento relativo das sementes de milho tratadas
 279 com extrato de flores ou MoFTI – B; Grãos de milho nos diferentes tratamentos – C.



280 Letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos utilizando o teste T de Student
 281 ($p < 0,05$).

282

283

284

285

286 5. CONCLUSÃO

287 O extrato de flores de *M. oleifera* e o inibidor de tripsina MoFTI apresentaram
288 efeito deterrente de alimentação e induziram distúrbios nutricionais, prejudicando a
289 eficiência de conversão do alimento ingerido pelos insetos. Além disso, MoFTI causou
290 a morte dos *S. zeamais* adultos, provavelmente decorrente da sua má nutrição.
291 Adicionalmente, o extrato e MoFTI não foram tóxicos para sementes de milho, o que
292 é vantajoso caso essas preparações sejam empregadas para proteção de grãos
293 armazenados.

294

295 6. REFERENCIAS

296 AZEEZ, A. et al. Enhanced expression of serine proteases during floral senescence in
297 *Gladiolus*. v. 68, p. 1352–1357, 2007.

298 BRASIL, M. da A. P. e A. **Projeções do Agronegócio**. Biblioteca ed. [s.l: s.n.]

299 CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira 2018/2019**. Brasília: CONAB, 2019.

300 CORRÊA, A. S. et al. Insecticide resistance, mixture potentiation and fitness in
301 populations of the maize weevil (*Sitophilus zeamais*). **Crop Protection**, v. 30, n. 12, p.
302 1655–1666, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2011.08.022>>.

303 DE OLIVEIRA, C. F. R.; MARANGONI, S.; MACEDO, M. L. R. The trypsin inhibitor
304 from *Entada acaciifolia* seeds affects negatively the development of Mediterranean
305 flour moth, *Anagasta kuehniella*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 108, n.
306 1, p. 74–79, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.pestbp.2013.12.007>>.

307 DENA, H. Q. et al. Effectiveness of vegetable powders on adults of *Sitophilus zeamais*
308 *Motschulsky* Coleoptera : Curculionidae. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**,
309 v. 8, n. 3, p. 721–726, 2017.

310 DIAS, L. P. et al. A trypsin inhibitor purified from *Cassia leiandra* seeds has insecticidal
311 activity against *Aedes aegypti*. **Process Biochemistry**, v. 57, n. September 2016, p.
312 228–238, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.procbio.2017.03.015>>.

313 FREITAS, J. H. E. S. et al. Evaluation of using aluminum sulfate and water-soluble
314 *Moringa oleifera* seed lectin to reduce turbidity and toxicity of polluted stream water a.

- 315 v. 163, p. 133–141, 2016.
- 316 GALLO ET AL. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ., 2002.
- 317 GUIMARÃES, S. S. et al. Ação repelente, inseticida e fagoinibidora de extratos de
318 pimenta dedo-de-moça sobre o gorgulho do milho. **Arquivos do Instituto Biológico**,
319 v. 81, n. 4, p. 322–328, 2015.
- 320 ISMAN, M. Insect antifeedants. **Pesticide Outlook**, v. 13, n. 4, p. 152–157, 2002.
- 321 PEREIRA, C. J. et al. Organophosphate resistance in the maize weevil *Sitophilus*
322 *zeamais*: Magnitude and behavior. **Crop Protection**, v. 28, n. 2, p. 168–173, 2009.
- 323 PICANÇO, M. C. et al. INTENSIDADES DE PERDAS, ATAQUE DE INSETOS-
324 PRAGA E INCIDÊNCIA DE INIMIGOS NATURAIS EM CULTIVARES DE MILHO EM
325 CULTIVO DE SAFRINHA. **Ciênc. agrotec**, v. 27, n. 2, p. 339–347, 2003.
- 326 PIMENTEL, M. A. G. et al. Resistance of stored-product insects to phosphine.
327 **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 12, p. 1671–1676, 2009.
- 328 PONTUAL, E. V. et al. Effect of moringa oleifera flower extract on larval trypsin and
329 acetylcholinesterase activities in *aedes aegypti*. **Archives of Insect Biochemistry**
330 **and Physiology**, v. 79, n. 3, p. 135–152, 2012.
- 331 PONTUAL, E. V. et al. Trypsin inhibitor from *Moringa oleifera* flowers interferes with
332 survival and development of *Aedes aegypti* larvae and kills bacteria inhabitant of larvae
333 midgut. **Parasitol Res**, v. 113, p. 727–733, 2014.
- 334 RAMOS, S. et al. Comparative Biochemistry and Physiology , Part A Regulatory effects
335 of an inhibitor from *Plathymentia foliolosa* seeds on the larval development of *Anagasta*
336 *kuehniella* (Lepidoptera). **Comparative Biochemistry and Physiology, Part A**, v.
337 152, n. 2, p. 255–261, 2009. Disponível em:
338 <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cbpa.2008.10.013>>.
- 339 SAMIKSHA et al. Purification of a trypsin inhibitor from *Psoralea corylifolia* seeds and
340 its influence on developmental physiology of *Bactrocera cucurbitae*. **International**
341 **Journal of Biological Macromolecules**, v. 139, p. 1141–1150, 2019. Disponível em:
342 <<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.08.063>>.
- 343 SOUZA, C. G. De et al. Fatores anti-nutricionais de importância na nutrição animal :

344 Composição e função dos compostos secundários Antinutritional factors of importance
345 in animal Composition and function of secondary compounds nutrition : Factores
346 antinutricionales de importanc. p. 1–19, 2019.

347 TEFERA, T. et al. The metal silo : An effective grain storage technology for reducing
348 post-harvest insect and pathogen losses in maize while improving smallholder farmers
349 ' food security in developing countries. **Crop Protection**, v. 30, n. 3, p. 240–245, 2011.
350 Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2010.11.015>>.

351

352

7. CONCLUSÕES

- O extrato de folhas de *S. terebinthifolia* representa um novo agente com potencial para controle de *P. xylostella* devido ao efeito larvicida e pupicida. Em adição, os adultos depositaram seus ovos preferencialmente em discos não tratados com o extrato, e isso sugere que ele exerce efeito deterrente de oviposição.
- O efeito larvicida do extrato de folhas sobre as lagartas de *P. xylostella* pode ser devido à presença de ácido gálico e flavonoides previamente detectados nessa preparação, uma vez que SteLL não mostrou nenhum efeito inseticida.
- O extrato de flores de *M. oleifera* não causou mortalidade dos adultos de *S. zeamais*, contudo, foram registrados prejuízos à nutrição deste inseto.
- MoFTI causou a morte dos *S. zeamais* adultos, provavelmente por prejudicar a nutrição dos insetos.
- O extrato e MoFTI não foram tóxicos para sementes de milho, o que sugere que essas preparações são vantajosas caso sejam empregadas para proteção de grãos armazenados.

7. ANEXOS

- Comprovante do artigo publicado no *South African Journal of Botany*



South African Journal of Botany

Volume 127, December 2019, Pages 124-128



Schinus terebinthifolia leaf extract is a larvicidal, pupicidal, and oviposition deterring agent against *Plutella xylostella*

P.R.C. Silva ^{a, 1}, J.R.S.L. Camaroti ^{b, 1}, W.A. Almeida ^{a, b}, E.C.B. Ferreira ^c, P.M.G. Paiva ^b, R. Barros ^c, T.H. Napoleão ^b, E.V. Pontual ^a ✉

✉ [Show more](#)

<https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.08.054>

[Get rights and content](#)
