



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE GURUPI
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA**

LARA TEIXEIRA MELO COSTA

**PROSPECÇÃO DE NOVAS FERRAMENTAS INSETICIDAS PARA O
CONTROLE BIORACIONAL DE *Euschistus heros***

**GURUPI - TO
2022**

LARA TEIXEIRA MELO COSTA

**PROSPECÇÃO DE NOVAS FERRAMENTAS INSETICIDAS PARA O
CONTROLE BIORACIONAL DE *Euschistus heros***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da Universidade Federal do Tocantins (UFT), como requisito à obtenção do grau de Mestre (a) em Biotecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Eugênio E. Oliveira

Coorientador: Prof. Dr. Raimundo W. S. Aguiar

GURUPI - TO

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

- C837p Costa, Lara Teixeira Melo.
Prospecção de novas ferramentas inseticidas para o controle bioracional de *Euschistus heros*. / Lara Teixeira Melo Costa. – Gurupi, TO, 2022.
54 f.
- Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Gurupi - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Biotecnologia, 2022.
- Orientador: Eugênio Eduardo de Oliveira
Coorientador: Raimundo Wagner de Souza Aguiar
1. Fisiologia de insetos. 2. Toxicologia de inseticidas. 3. Controle alternativo de pragas. 4. Metabólitos secundários. I. Título
- CDD 660.6**

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

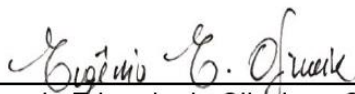
LARA TEIXEIRA MELO COSTA

Prospecção de novas ferramentas inseticidas para o controle biorracional de *Euschistus heros*.

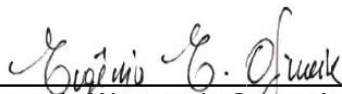
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biotecnologia em 19/08/2022 foi julgada adequada para a obtenção do Título de Mestre em Biotecnologia e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Data da aprovação: 19/08/2022.

Banca Examinadora:



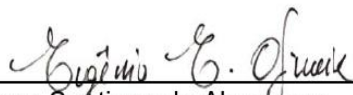
Dr. Eugenio Eduardo de Oliveira – Orientador - UFV




Dr. Raimundo Wagner de Souza Aguiar – Coorientador – UFT



Dr. Javier Guillermo Mantilla Afanador – Examinador – UCM - Colômbia



Dr. Elson Santiago de Alvarenga – Examinador – UFV



Dr^a. Sabrina Helena da Cruz Araújo – Examinadora – UFV

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”

(Marthin Luther King)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me permitir chegar até aqui com saúde, por todas as bênçãos e conhecimento a mim destinados, por não me permitir desistir e por estar sempre presente durante meus momentos de fraquezas.

Ao meu pai Kenedy por me apoiar, por acreditar na minha capacidade e me ensinar que a vida não é um mar de rosas e temos que lutar pelo que queremos. Também à minha mãe Halane que me ensinou que é importante sabermos nossos valores e competências. Aos meus irmãos Walkiria, Kennedy e ao mini Alexander, por aturarem minhas chatices e estresses, mas apesar das dificuldades, estarem sempre presentes. À minha avó Elze Lúcia por estar sempre presente, pelos incentivos e pelo orgulho que sempre demonstrou e a todos da minha família pelo incentivo e confiança.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Eugênio E. Oliveira, por me induzir a pensar e aprender sobre os erros e dificuldades decorrentes. Pela oportunidade, por acreditar na minha capacidade e em meu trabalho, e me incentivar ao mesmo. A comemorar até as pequenas vitórias, que eu nem acreditava ser importante. Pelas dicas e conselhos. Pela paciência, orientação e resolução de problemas durante esses anos de mestrado, que me permitiu crescer como pessoa e profissional.

Agradeço também aos meus parceiros de trabalho no laboratório de percevejo: Caio, Cesar, Claudia, Franklin, Gabriela, Letícia, Lorena, Lorenzo, Pedro, Sabrina, Tatiana, Tiago, que aguentaram minhas incansáveis brigas no laboratório (mas eu estava certa U.U), a todos aos meus colegas do laboratório BrainPhy, Drielle, Giovana, Kimberlu, Matheus, Luis Guilherme, Vinícius pela convivência e bons momentos que passamos juntos, e aos demais colegas que estiveram presentes na minha trajetória no laboratório (perdão se esqueci de alguém, mas sei que também sou grata).

Agradeço em especial aos meus colegas e amigos Sabrina, Javier, Maria Julia e Salinas, por me auxiliarem e me ensinarem tudo que sei e irei aprender mais, além de estarem sempre disponíveis a me ajudar, escutar e apoiar no que fosse preciso.

Agradeço aos Doutores dos Doutores: Viteri, Sabrina, Javier, Maria Júlia, Salinas e Miltinho por todos ensinamentos, conselhos e por sempre me

tranquilizar nos meus momentos de “desespero” ao longo do trabalho. Um agradecimento especial também aos amigos Ana Cláudia, Caio, Jonatas, Lucas, Thiago e Tiago sem h, por serem quase que meus psicólogos, que aguentaram meus dramas (que foram e são muitos) e nunca deixaram faltar “boas” piadas (a maioria sem graça); agradeço pela presença e companheirismo de cada um. Quero agradecer ao meu amigo e companheiro de laboratório Lorenzo, pela colaboração incansável (não foi fácil..kkkk) durante a condução dos experimentos dessa dissertação e pelas brigas diárias por sermos dois teimosos; pelos conselhos e por sempre me escutar (querendo ou não..kkkkk).

Aos meus amigos Janaína (melhor cozinheira), Laísa (me adotou), Laí (me alimentava), Lucas (aumentador de autoestima e referência de perseverança, kkk), Otto (conselheiro de bons animes..kkkkkk) meus amigos que Viçosa me proporcionou, que me aturaram e me ajudaram a não enlouquecer na faculdade. Em especial a minha melhor amiga que 2021 poderia me proporcionar, Laísa, que mais me aturou, me ajudou, me ouviu, aguentou minhas reclamações de visitas e barulho, e esteve sempre presente nesses últimos anos, além de me apresentar os amorzinhos da minha vida Loki e Toni.

A cada um que passou pela minha vida durante esses cinco anos, que contribuíram direta ou indiretamente na realização desse trabalho. Agradeço a Universidade Federal do Tocantins (UFT) e A Universidade Federal de Viçosa (UFV), ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia (PPGBiotec) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por possibilitar a realização deste trabalho. Por fim, gostaria de agradecer ao Dr. Elson Santiago de Alvarenga, por aceitar ser membro da minha banca e engrandecer o trabalho.

OBRIGADA!

RESUMO

A seleção de populações de indivíduos resistentes e a toxicidade sobre organismos não-alvos têm sido os principais efeitos indesejados de inseticidas químicos comumente utilizados no controle de insetos pragas. Além disto, a ocorrência de efeitos adversos tanto à saúde humana (manuseio ou ingestão) quanto ao meio ambiente tem sido relatadas como inconvenientes para o uso destas ferramentas de controle. Estes riscos associados ao uso das moléculas químicas contemporâneas tem levado à busca por ferramentas alternativas que reduzam estes riscos, mantendo a efetividade no controle de pragas. Portanto, esta dissertação foi conduzida com o objetivo de avaliar o potencial de novas ferramentas inseticidas para o manejo biorracional do percevejo marrom da soja, *Euschistus heros* (Heteroptera: Pentatomidae). No primeiro capítulo, avaliou-se o potencial inseticida do óleo essencial de Negramina, *Siparuna guianensis* Aub., para o controle de *E. heros*. Foram estimadas as concentrações letais em bioensaios de concentração-mortalidade, a partir da interação dos insetos de terceiro instar, com os resíduos secos do óleo. Os resultados obtidos demonstraram valores significativos de toxicidade, possibilitando a utilização desse óleo como ferramenta alternativa para o manejo de *E. heros*. No segundo capítulo, avaliou-se a toxicidade de novas moléculas sintéticas ao *E. heros* bem como da seletividade destas ferramentas à duas espécies de abelhas polinizadoras – i.e, a abelha sem ferrão *Partamona helleri* e abelha africanizada *Apis mellifera*. Em relação a toxicidade destas moléculas ao *E. heros*, utilizou-se de bioensaios de concentração-mortalidade em que indivíduos de 3° instar eram expostos aos resíduos secos das moléculas para a determinação das concentrações letais (CLs). Já para a seletividade em relação a abelhas polinizadoras *P. helleri* e *A. mellifera* de forrageiras quando expostas a dietas contaminadas com inseticidas nas concentrações (CL₈₀) estimadas para cada molécula em relação ao controle de *E. heros*. Os resultados obtidos demonstram valores significativos de toxicidade ao *E. heros* para todas as novas moléculas sintéticas. Os dados de seletividade indicam a *P. helleri* se mostra mais tolerante que *A. mellifera*, e que ambas não apresentam mortalidade estatística quando comparado ao controle. Entretanto, a análise do consumo de dietas contaminadas indica que *A. mellifera* reduziu o consumo de alimento durante a exposição quando é comparado com o consumo de dietas sem as moléculas. Já para *P. helleri*, o consumo de dieta contaminada não difere do consumo de dietas sem a presença de moléculas. Interessantemente, forrageiras de *P. helleri* que se alimentaram de DE12 apresentaram um maior consumo de alimento não contaminado, uma vez substituída a dieta contaminada pela dieta limpa. Coletivamente, os nossos achados demonstram o potencial uso tanto do óleo essencial de Negramina como de novas moléculas sintéticas (e.g., DE12) como ferramentas inseticidas para o controle biorracional de *E. heros*.

Palavras-chave: Fisiologia de insetos. Toxicologia de inseticidas Inseticidas bioracionais. Controle alternativo de pragas.

ABSTRACT

Selection of resistant individuals and toxicity to non-target organisms have been suggested as the main undesirable effects of chemical insecticides commonly used in the control of insect pests. In addition, the occurrence of adverse effects on both human health (e.g., handling and ingestion) and the environment has been reported as an inconvenience for the use of these control tools. These risks associated with the use of contemporary chemical molecules have led to the search for alternative tools that reduce these risks while maintaining effectiveness in pest control. Therefore, this dissertation was carried out with the objective of evaluating the insecticidal potential of new insecticidal tools for the biorational management of the soybean brown stink bug, *Euschistus heros* (Heteroptera: Pentatomidae). In the first chapter, the insecticidal potential of Negramina, *Siparuna guianensis* Aub., essential oil was evaluated for the control of *E. heros*. The lethal concentrations were estimated in concentration-mortality bioassays from the interaction of insects with dry oil residues. The results obtained showed significant values of toxicity, allowing the use of this oil as an alternative tool for the management of *E. heros*. In the second chapter, the toxicity of new synthetic molecules to *E. heros* was evaluated, as well as the selectivity of these tools for two species of pollinating bees - i.e., the stingless bee *Partamona helleri* (Apidae: Meliponini) and the Africanized bee *Apis mellifera* (Apidae: Apini). In relation to the novel molecules toxicity, concentration-mortality bioassays were conducted on 3rd instar nymphs, that were exposed to dried residues of these molecules, which allowed lethal concentrations (LC). Regarding the selectivity to pollinator bees, the toxicity was assessed by exposing foraging bees to feed upon diets containing the molecules at the concentrations estimated to control *E. heros* (LC₈₀). The results demonstrate significant values of toxicity to *E. heros* for all new synthetic molecules. The selectivity data indicate that *P. helleri* is more tolerant than *A. mellifera*, and that both do not present statistical mortality when compared to the control. However, analysis of the consumption of contaminated diets indicates that *A. mellifera* reduced food consumption during exposure when compared to the consumption of diets without the molecules. For *P. helleri*, the consumption of contaminated diet does not differ from the consumption of diets without the presence of molecules. Interestingly, *P. helleri* foragers that fed on DE12 presented a higher consumption of uncontaminated food, once the contaminated diet was replaced by the clean diet. Collectively, our findings demonstrate the potential use of both Negramina essential oil and new synthetic molecules (e.g., DE12) as insecticidal tools for the biorational control of *E. heros*.

Keywords: Insect physiology. Insecticide toxicology. Biorational insecticides. Alternative pest control.

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

CAPÍTULO 1

Figura 1- Curvas de concentração-mortalidade do óleo de <i>Siparuna guianensis</i> para indivíduos de <i>Euschistus heros</i>	30
---	----

CAPÍTULO 2

Figura 1- Mortalidade de insetos do terceiro ínstar de <i>Euschistus heros</i> (Hemiptera: Pentatomidae) em contato com diferentes concentrações de novas moléculas sintéticas	44
Figura 2- Seletividade de novas moléculas sintéticas contra a abelha africanizada <i>Apis mellifera</i>	46
Figura 3- Seletividade de novas moléculas sintéticas contra a abelha africanizada <i>P. helleri</i>	47

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1- Identificação dos compostos do óleo essencial de <i>Siparuna guianensis</i>	29
Tabela 2- Toxicidade do óleo de <i>S.guianensis</i> por contato para as populações de <i>Eusclistus heros</i>	30

CAPÍTULO 2

Tabela 1- Toxicidade das moléculas expostas por contato para as populações de <i>Euschistus heros</i>	45
Tabela 2- Análise de variância de medidas repetidas entre indivíduos para o consumo alimentar de <i>Apis mellifera</i> e <i>Partamona helleri</i>	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A_{rel}	Composto com área relativa
CLs	Concentração letal que mata x % da população testada
DMSO	Dimetilsulfóxido
e.g	Exempli gratia (para fins de exemplo)
G.L	Grau de Liberdade
IC	Intervalo de confiança
IR	Índice de retenção
UE	Unidade experimental
P	Valor de probabilidade (P > 0,05)
χ^2	Qui-quadrado (teste de distribuição de valores)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL.....	16
2	OBJETIVOS	19
2.1	Objetivo geral	19
2.2	Objetivos específicos	19
	REFERÊNCIAS	20
	CAPÍTULO 1	22
	POTENCIAL INSETICIDA DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Siparuna guianensis</i> AUB., PARA O CONTROLE DE <i>Euschistus heros</i> (HETEROPTERA: PENTATOMIDAE)	
	RESUMO	23
	ABSTRACT	24
1	INTRODUÇÃO	25
2	METODOLOGIA	26
2.1	Manejo das criações	26
2.2	Extração e composição química do óleo	27
2.3	Bioensaio de susceptibilidade em <i>E. heros</i>	27
2.4	Análise estatística	28
3	RESULTADOS	29
3.1	Composição do óleo de <i>Siparuna guianensis</i>	29
3.2	Bioensaio de susceptibilidade com <i>E. heros</i>	29
4	DISCUSSÃO	30
5	CONCLUSÃO	32
	REFERÊNCIAS	33
	CAPÍTULO 2	36
	TOXIDADE DE NOVAS MOLÉCULAS SINTÉTICAS A <i>Euschistus heros</i> (HETEROPTERA: PENTATOMIDAE) E SUAS SELETIVIDADES À ABELHAS POLINIZADORAS	

	RESUMO	37
	ABSTRACT	38
1	INTRODUÇÃO	39
2	METODOLOGIA	41
2.1	Manejo das criações	41
2.1.1	<i>Percevejo marrom <i>Euschistus heros</i></i>	41
2.1.2	<i>Abelhas</i>	41
2.2	Bioensaio de susceptibilidade com <i>E.heros</i>	41
2.3	Bioensaio de susceptibilidade com polinizadores	42
2.4	Análise estatística	43
3	RESULTADOS	44
4	DISCUSSÃO	49
5	CONCLUSÃO	50
	REFERÊNCIAS.....	51
	CONCLUSÕES FINAIS	54

INTRODUÇÃO GERAL

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é considerada a maior cultura de importância econômica do agronegócio brasileiro (Arias et al., 2017, Araújo et al., 2019; Oliveira e Silva, 2021), apresentando mais de 40,9 milhões de hectares cultivados, com produção na safra de 2021/22 de aproximadamente 124 milhões de toneladas, um aumento de 10,2% em relação à safra passada (CONAB, 2022). Porém, a produção da soja no Brasil ainda é afetada por invasões de insetos pragas que se alimentam e prejudicam o desenvolvimento e escalonamento das culturas. Insetos como o percevejo neotropical sugador *Euschistus heros* (Britto et al., 2021; Lucini et al., 2021), apresentam importância econômica devido às consequências de ações comportamentais e alimentares desses insetos, além de terem opções limitadas de controle, feita por compostos químicos, que levam à impactos severos da biodiversidade, segurança alimentar, saúde e o desenvolvimento econômico (Pozebon et al., 2020; Zimmermann et al., 2022).

O *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) (Hemiptera: Pentatomidae), também conhecido como percevejo marrom da soja, é um inseto-praga neotropical do tipo sugador, pertencente à família Pentatomidae, que se destaca como uma das espécies mais importantes no Brasil em relação à soja (Souza et al., 2018, Britto et al., 2021, Pastorio Oliveira et al., 2022), pois se alimentam dos legumes e grãos causando danos irreversíveis à cultura, acarretando a redução da massa, rendimento e da qualidade das sementes.

O *Euschistus heros* são hemimetábolos (metamorfose incompleta), passando por três fases em seu ciclo de vida: ovos, ninfas e adultos. As fêmeas adultas desenvolvidas sexualmente, ovopositam massas de ovos nas vagens, a partir da eclosão desses ovos (4-5 dias), o inseto passa por 5 instares de desenvolvimento, o primeiro (3 dias), o segundo (4-5 dias), o terceiro (3-7 dias), o quarto (4-6 dias) e por fim o quinto (2-7 dias), passando novamente para adultos (158-169 dias), totalizando 5 ecdises. Apesar de iniciarem a alimentação no segundo ínstar, as ninfas começam a causar danos à cultura apenas a partir do terceiro ínstar e depois se alimentam das demais partes da planta, como as hastes, ramos, vagens em formação e os grãos (Silva et al., 2012, Lucini e Panizzi, 2018, Tibola 2021).

Os danos são causados à planta são resultados da inserção do aparelho bucal sugador do inseto, onde injetam secreções salivares que vão facilitar a alimentação, contudo abrem espaço para contaminações fúngicas e promovem necrose tecidual nas plantas, com má-formação do grão e vagens e consequente retenção das folhas, dificultando o amadurecimento na época da colheita. Essas injúrias acabam causando danos irreversíveis que podem comprometer o rendimento dessa cultura por até 30% (Fernandes, 2017, Tibola, 2021).

O controle dessa praga, é feito principalmente a partir de inseticidas químicos que, em algumas situações, são os únicos métodos a terem resultados efetivos quando relacionado ao manejo de uma alta densidade populacional de pragas (AGROFIT, 2021; Tavares et al., 2021). No entanto, a utilização indiscriminada desses produtos tem levado a um desequilíbrio ambiental a partir da contaminação da biodiversidade do local, indução do aparecimento de insetos e patógenos resistentes (Castellanos et al., 2019; Gress et al., 2019; Van Timmeren et al., 2019; Somavilla et al., 2020; Lucini et al., 2021; Zimmermann et al., 2022), comprometimento da ciclagem de nutrientes (Furihata et al., 2019), além da toxicidade à organismos não alvo, como inimigos naturais e polinizadores (Souza et al., 2020; Zimmermann et al., 2022).

Uma alternativa ao controle químico é a utilização de compostos orgânicos a base de plantas. Naturalmente as plantas produzem substâncias decorrentes de seu metabolismo que podem ter, tanto a função responsável pela manutenção fundamental da sua sobrevivência e de seu desenvolvimento - metabólitos primários-, como também substâncias que as protegem de ataques de organismos patógenos, atrai polinizadores, e auxiliam na comunicação em caso de ataques externos -metabólitos secundários (Benelli et al., 2018; Pang et al., 2020; Pang e al., 2021).

As substâncias obtidas através dos metabólitos secundários das plantas demonstram diversas vantagens quando comparados aos produtos químicos, pois geralmente são obtidas de recursos naturais, com baixo custo de extração; até então, não apresentam toxidez residual e pouca ou nenhuma fitotoxicidade.

Além de apresentar características de interesse ao combate de pragas, como (i) atividade inseticida ou fungicida, (ii) ação de repelência (iii) toxicidade que pode ser específica (iv) possui ações que impedem ou retardas a seleção de insetos resistentes, (v) menor toxicidade em relação aos mamíferos e (vi) rápida degradação no meio ambiente (Souza et al., 2020, Singh et al., 2021).

A grande barreira para utilização desses compostos é a baixa persistência e facilidade de alteração estrutural e funcional pela ação de luz, contato com o oxigênio e mudança de temperatura, que levam a agir em forma desigual em função de tempo e região (Souza et al., 2020). Outras dificuldades na utilização desses extratos vegetais é a escassez dos recursos naturais, necessitando de um grande volume de matéria-prima para obtenção de uma baixa quantidade de extrato, induzindo a utilização de compostos que tenham toxicidades muito altas para pequenos volumes. A complexidade dessas substâncias também dificulta a liberação desses produtos para comércio, pelo custo de registro e isolamento dos princípios ativos, além de ainda serem necessários mais estudos em relação a toxicidade em organismos não alvos (Cardoso et al., 2019; Singh et al., 2021).

Essas adversidades vêm sendo estudadas na área de síntese química, com o intuito de fazer modificações moleculares e síntese desses compostos de forma a facilitar a utilização dos mesmos em larga escala, desenvolvendo a síntese de pesticidas mais eficientes, menos tóxicos e menos persistentes no meio ambiente, além de auxiliar para a compreensão da complexa interação entre os seres vivos no ecossistema (Cardoso et al., 2019).

O conhecimento sobre os problemas atuais dos inseticidas químicos e do potencial biotecnológico da biodiversidade de plantas brasileiras demonstra a importância do estudo e proposição de práticas alternativas de baixo impacto ambiental, com a utilização de substâncias naturais e biologicamente ativas, ou novos compostos químicos sintetizados de eficiência no controle das pragas, sem interferência no meio ambiente e em organismos benéficos não-alvo. Nesse contexto, o presente trabalho visa verificar a eficácia de novos compostos naturais e sinteticamente desenvolvidos, sobre importantes pragas econômicas do Brasil.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Avaliar o potencial inseticida de novas moléculas bioracionais para o manejo de *Euschistus heros*.

Objetivos específicos

- Determinar as toxicidades letais (e.g., CL₅₀, CL₈₀ e CL₉₀) do óleo essencial de *Siparuna guianensis*, sobre o inseto-praga sugador *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae).

- Avaliar o efeito de concentrações letais de novas moléculas sintéticas em *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae).

- Avaliar a seletividade de novas moléculas sintéticas sobre a abelha sem ferrão *Partamona helleri* (Apidae: Meliponini) e da abelha africanizada *Apis mellifera* (Apidae: Apini).

REFERÊNCIAS

ARAÚJO ML, SANO EE, BOLFE ÉL, SANTOS JR, DOS SANTOS JS, SILVA FB. Spatiotemporal dynamics of soybean crop in the Matopiba region, Brazil (1990–2015). **Land use policy**, v.80, p.57-67, jan. 2019

ARIAS, D., VIEIRA, P. A., CONTINI, E., FARINELLI, B., MORRIS, M. **Agriculture Productivity Growth in Brazil: Recent trends and future prospects.** p. 1-55. 2017. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/209154/1/Agriculture-Productivity-Growth-in-Brazil.pdf> >

ARYA S, KUMAR R, PRAKASH O, RAWAT A, PANT AK. Impact of Insecticides on Soil and Environment and Their Management Strategies. **In Agrochemicals in Soil and Environment**, v.1, p. 213-230, jun. 2022

BENELLI G, PAVELA R. Beyond mosquitoes—Essential oil toxicity and repellency against bloodsucking insects. **Industrial crops and products**, v.117, p.382-92, jul. 2018

BRITTO, I. O., ARAÚJO, S. H., TOLEDO, P. F., LIMA, G. D., SALUSTIANO, I. V., ALVES, J. R., LEITE, J. P. V. Potential of *Ficus carica* extracts against *Euschistus heros*: Toxicity of major active compounds and selectivity against beneficial insects. **Pest Management Science**, v. 77, n. 10, p. 4638-4647, jun. 2021

CARDOSO JC, OLIVEIRA ME, CARDOSO FD. Advances and challenges on the in vitro production of secondary metabolites from medicinal plants. **Horticultura Brasileira**, v. 37, p.124-32, jul. 2019

CASTELLANOS NL, HADDI K, CARVALHO GA, DE PAULO PD, HIROSE E, GUEDES RN, SMAGGHE G, OLIVEIRA EE. Imidacloprid resistance in the Neotropical brown stink bug *Euschistus heros*: selection and fitness costs. **Journal of Pest Science**, v. 92, n.2, p.847-60, mar.2019

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos.** v. 11 - SAFRA 2021/22 - n. 7 - Quarto levantamento | JULHO 2022. Brasília: Conab. 2022.

FERNANDES, P. H. R. **Danos e controle do percevejo marrom (*Euschistus heros*) em soja e do percevejo barriga-verde (*Dichelops melacanthus*) em milho.** Embrapa Agropecuária Oeste-Tese/dissertação (ALICE), 2017

FURIHATA S, KASAI A, HIDAKA K, IKEGAMI M, OHNISHI H, GOKA K. Ecological risks of insecticide contamination in water and sediment around off-farm irrigated rice paddy fields. **Environmental Pollution**, v. 251, p.628-38. aug 2019

LUCINI T, PANIZZI AR, BUENO AD. Evaluating resistance of the soybean block technology cultivars to the Neotropical brown stink bug, *Euschistus heros* (F.). **Journal of Insect Physiology**, v. 131, p.104228, may 2021

LUCINI, T., PANIZZI, A.R. Electropenetrography monitoring of the neotropical brown-stink bug (Hemiptera:Pentatomidae) on soybean pods: an electrical

penetration graph-histology analysis. **Journal of Insect Science**, v.18, p.1-14, 2018

PANG X, FENG YX, QI XJ, WANG Y, ALMAZ B, XI C, DU SS. Toxicity and repellent activity of essential oil from *Mentha piperita* Linn. leaves and its major monoterpenoids against three stored product insects. **Environmental Science and Pollution Research**. v.27, n. 7, p.7618-27, mar. 2020

PANG X, FENG YX, QI XJ, XI C, DU SS. Acute toxicity and repellent activity of essential oil from *Atalantia guillauminii* Swingle fruits and its main monoterpenes against two stored product insects. **International Journal of Food Properties**, v.24, n.1, p.304-15, jan.2021

PASTORIO OLIVEIRA, W., LUCINI, T., RICARDO PANIZZI, A. Seed Damage by the Neotropical Brown Stink Bug, *Euschistus heros* (F.) to Resistant Soybean Cultivars with the Block Technology Versus a Susceptible Cultivar. **Environmental Entomology**, v. 51, n.2, 0. 451-459, 2022

POZEBON H, MARQUES RP, PADILHA G, O´ NEAL M, VALMORBIDA I, BEVILAQUA JG, TAY WT, ARNEMANN JA. Arthropod invasions versus soybean production in Brazil: a review. **Journal of economic entomology**, v. 113, n.4, p.1591-608, aug. 2022

SILVA MS, COSTA TV, FURTADO JA, SOUZA JB, SILVA EA, FERREIRA LS, SILVA CA, ALMEIDA EI, SOUSA WS, OLIVEIRA LB, FREITAS JR. Performance of pre-emergence herbicides in weed competition and soybean agronomic components. **Australian Journal of Crop Science**, v.15, n.4, p.610-7, apr 2021.

SILVA, F.AC., SILVA, J. J., DEPIERI, R.A., PANIZZI, A. R. Feeding activity, salivary amylase activity, and superficial damage to soybean seed by adult *Edessa meditabunda* (F) and *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae). **Neotrop. Entomol**, v.4, p.386-390, 2012

SOMAVILLA JC, DA S GUBIANI P, REIS AC, FÜHR FM, MACHADO EP, BERNARDI O. Susceptibility of *Euschistus heros* and *Dichelops furcatus* (Hemiptera: Pentatomidae) to insecticides determined from topical bioassays and diagnostic doses for resistance monitoring of *E. heros* in Brazil. **Crop Protection**. **Crop Protection**, v. 138, p.105319, dec.2020

SOUZA DP, PIMENTEL RB, SANTOS AS, ALBUQUERQUE PM, FERNANDES AV, JUNIOR SD, OLIVEIRA JT, RAMOS MV, RATHINASABAPATHI B, GONÇALVES JF. Fungicidal properties and insights on the mechanisms of the action of volatile oils from *Amazonian Aniba* trees. **Industrial Crops and Products**, v. 143, p.111914, jan. 2022

SOUZA, T. F., FÁVERO, S. Avaliação de óleo essencial de *Eucalyptus urograndis* (Myrtaceae) no controle de Pentatomidae. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 46, n. 1, p. 216-222, 2015.

TAVARES WR, BARRETO MD, SECA AM. Aqueous and ethanolic plant extracts as bio-insecticides—Establishing a bridge between raw scientific data and practical reality. **Plants**. v.10, n.5, p.920. 2021

ZIMMERMANN, R.C., POITEVIN, C.G., BISCHOFF, A.M., BEGER, M., DA LUZ, T.S., MAZAROTTO, E.J., BENATTO, A., MARTINS, C.E.N., MAIA, B.H.L.S., SARI, R. DA ROSA, J.M., Insecticidal and antifungal activities of *Melaleuca raphiophylla* essential oil against insects and seed-borne pathogens in stored products. **Industrial Crops and Products**, v.182, p.114871. 2022.