

**ESTADO DE MATO GROSSO
SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
CÂMPUS UNIVERSITÁRIO PROFESSOR EUGÊNIO CARLOS STIELER
TANGARÁ DA SERRA – MT**

KRISLEY SEIBEL TONDIM

**PLANTAS DA FAMÍLIA PIPERACEA: POTENCIAL INSETICIDA SOBRE O
PERCEVEJO DA SOJA E SEU PARASITÓIDE DE OVOS**

TANGARÁ DA SERRA/MT – BRASIL 2021

KRISLEY SEIBEL TONDIM

**PLANTAS DA FAMÍLIA PIPERACEA: POTENCIAL INSETICIDA SOBRE O
PERCEVEJO DA SOJA E SEU PARASITÓIDE DE OVOS**

Dissertação apresentada à
Universidade do Estado de Mato Grosso,
como parte das exigências do Programa
de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em
Ambiente e Sistemas de Produção
Agrícola para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Alessandra Regina Butnariu

Coorientador: Prof. Dr. Diones Krinski

Tangará da Serra/MT –2021

DADOS CATALOGRÁFICOS

Walter Clayton de Oliveira CRB 1/2049

T663p	TONDIM, Krisley Seibel. Plantas da Família Piperacea: Potencial Inseticida Sobre o Percevejo da Soja e Seu Parasitóide de Ovos / Krisley Seibel Tondim – Tangará da Serra, 2022. 65 f.; 30 cm. (ilustrações) Il. color. (sim) Trabalho de Conclusão de Curso (Dissertação/Mestrado) – Curso de Pós-graduação Stricto Sensu (Mestrado Acadêmico) Interdisciplinar em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola, Faculdade de Ciências Agrárias, Biológicas, Engenharia e da Saúde, Câmpus de Tangara da Serra, Universidade do Estado de Mato Grosso, 2022. Orientador: Alessandra Regina Butnariu 1. Euschistus Heros. 2. Piper. 3. Telenomus Podisi. 4. Inseticidas Botânicos. I. Krisley Seibel Tondim. II. Plantas da Família Piperacea: Potencial Inseticida Sobre o Percevejo da Soja e Seu Parasitóide de Ovos: . CDU 595.754:633.34
-------	--

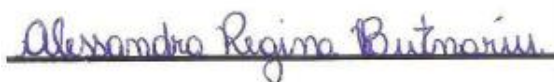
KRISLEY SEIBEL TONDIM

**“PLANTAS DA FAMÍLIA PIPERACEA: POTENCIAL INSETICIDA SOBRE O
PERCEVEJO DA SOJA E SEU PARASITÓIDE DE OVOS”**

Dissertação apresentada à
Universidade do Estado de Mato Grosso, como
parte das exigências do Programa de Pós-
graduação *Stricto Sensu* em Ambiente e
sistemas de Produção Agrícola para obtenção do
título de Mestre.

Aprovada em 18 de maio de 2022.

Banca Examinadora



Profa. Dra. Alessandra Regina Butnariu
Orientadora

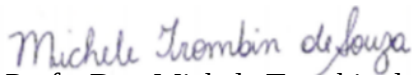
Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT



Coordenadora do Mestrado em Ambiente e Sistema de Produção Agrícola-

PPGASP/UNEMAT

Atesta a participação de:



Profa. Dra. Michele Trombin de Souza
Membro externo - Universidade Federal de Pelotas - UFPel



Profa. Dra. Monica Josene Barbosa Pereira

Aprovada 18 de maio de 2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço a professora Dr^a. Alessandra, minha orientadora, pela confiança ao me conceder a carta de aceite, permitindo que eu pleiteasse e conseguisse a vaga no programa.

Agradeço aos meus dois super anjos, professor Dr. Diones Krinski, meu coorientador e, o melhor amigo que alguém pode ter, que se chama William Cardoso Nunes. Grato aos membros da banca, Prof^a. Dr^a. Monica Joseane Barbosa Pereira e Prof^a. Dr^a. Michele Trombine de Souza pelos valiosos apontamentos, ajudando a aprimorar meu trabalho.

Agradeço a CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão da bolsa que me proporcionou dedicação em tempo integral para a pesquisa.

SUMÁRIO

RESUMO:	6
ABSTRACT	7
1. INTRODUÇÃO GERAL	8
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	13
CAPÍTULO 1	20
EFEITO OVICIDA DO ÓLEO ESSENCIAL DE TRÊS ESPÉCIES DE <i>Piper</i> (PIPERACEAE) SOBRE OVOS DO PERCEVEJO DA SOJA <i>Euschistus heros</i> (Hemiptera: Pentatomidae)	20
RESUMO	20
ABSTRACT	20
1. INTRODUÇÃO	21
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
2.1 Obtenção dos óleos essenciais de Piperaceae.....	23
2.2 Criação de percevejos.....	24
2.3 Bioensaio ovicida.....	24
2.4 Análise fitoquímica dos óleos essenciais	25
2.5 Análises estatísticas	25
3. RESULTADOS	25
3.1 Atividade ovicida e mortalidade de ninfas	25
4. DISCUSSÃO	32
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	34
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35
CAPÍTULO 2.....	43
EFEITO FITOINSETICIDA DE TRÊS ESPÉCIES DE <i>Piper</i> (PIPERACEAE) SOBRE <i>Telenomus podisi</i> Ashmead (Hymenoptera: Platygasteridae) EMERGIDOS DE OVOS PARASITADOS DO PERCEVEJO DA SOJA <i>Euschistus heros</i> Fab. (Hemiptera: Pentatomidae)	43
RESUMO	43
ABSTRACT	43
1. INTRODUÇÃO	44
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	46
2.1 Obtenção dos óleos essenciais de Piperaceae.....	46
2.2 Criação dos Parasitoides	46
2.3 Bioensaio Pré-parasitismo	47
2.4 Bioensaio Pós-parasitismo	47
2.5 Análises estatísticas	48
3. RESULTADOS	48
3.1 Pré-parasitismo	48
3.2 Pós-parasitismo	50
4. DISCUSSÃO	53
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	56
6. REFERÊNCIAS.....	57

RESUMO

A soja é uma oleaginosa com inúmeras finalidades de consumo, está interligada diretamente com a economia do Brasil, servindo para a diversos produtos alimentícios e ainda na elaboração de farelos e rações na alimentação animal. No entanto, com a expansão dessa cultura no país veio diversas pragas, com destaque ao percevejo-marrom *Euschistus heros*, que afeta a cultura, atingindo vários estágios de desenvolvimento, comprometendo a formação das vagens. Em função disso, para controle da espécie tem sido utilizados inseticidas químicos que, sua aplicação frequentemente ignora estratégias de controle de pragas, promovendo a resistência nos insetos-praga. Como alternativa, inseticidas bioracionais, como os fitoinseticidas, podem ser utilizados, uma vez que são menos tóxicos e persistentes no ambiente. Assim, esta pesquisa tem como objetivo: 1) investigar a ação de fitoinseticidas à base de plantas da família Piperaceae como possível alternativa ao controle de ovos e ninfas recém eclodidas do percevejo-marrom. Foram realizados experimentos com óleos essenciais de folhas de *Piper hispidum*, *Piper marginatum* e *Piper aff. divaricatum*. As folhas foram secas em estufa de fluxo de ar forçado a 40 °C e moídas até atingirem baixa granulometria. O material vegetal obtido foi extraído por hidrodestilação e arraste a vapor d'água, utilizando o aparelho de Clevenger, durante quatro horas. Para os bioensaios inseticidas, foram utilizados ovos do percevejo *E. heros* provenientes de criações estabelecidas em laboratório. Foram testadas cinco concentrações dos óleos essenciais das três espécies de *Piper* (0,25%, 0,5%, 1,0%, 2,0% e 4,0%) e dois tratamentos controle (um com água e outro com o solvente acetona), sobre ovos do percevejo. Todos os ensaios foram mantidos em câmara climatizada BOD, a 25 ± 1°C, fotofase de 14 horas e UR a 70%. Observou-se que as três espécies estudadas apresentaram efeitos inseticidas sobre ovos do percevejo-marrom e efeito letal nas ninfas eclodidas. *Piper marginatum* se destacou entre as plantas estudadas, pois causou alta inviabilidade de ovos da praga. 2) O segundo capítulo avaliou o efeito fitoinseticida de óleos essenciais de *Piper* sobre imaturos de *Telenomus podisi*. Foram realizados bioensaios no pré e pós-parasitismo, com sete tratamentos e 10 repetições cada, sendo feitos em delineamento inteiramente casualizado. Os tratamentos foram dois controles (água T1; acetona T2) e cinco concentrações dos óleos essenciais de cada espécie (0,25%T3, 0,5%T4, 1,0%T5, 2,0%T6 e 4,0%T7). O experimento pré-parasitismo resultou em menor emergência de parasitoides em relação aos controles, bem como influenciou na razão sexual. No pós-parasitismo, com exceção dos tratamentos T6 e T7, nos quais não se verificou emergência de parasitoides para as três espécies de *Piper* pesquisadas, observou-se redução na emergência de *T. podisi*, mas não afetou a razão sexual. Os óleos essenciais das Piperaceae estudadas aqui, com destaque a *P. marginatum*, são promissores no controle de *E. heros*, demonstrando atividade ovicida e efeito letal em ninfas de primeiro instar. Portanto, esses óleos representam importante e promissora alternativa ao uso de inseticidas químicos, sendo um fitoinseticida de baixo impacto ambiental.

Palavras-chave: *Euschistus heros*, *Piper*, *Telenomus podisi*, inseticidas botânicos.

ABSTRACT

Soybean is an oilseed with numerous consumption purposes, it is directly interconnected with the Brazilian economy, serving for various food products and also in the preparation of bran and animal feed. However, with the expansion of this culture in the country came several pests, especially the brown stink bug *Euschistus heros*, which affects the culture, reaching various stages of development, compromising the formation of pods. As a result, chemical insecticides have been used to control the species. Their application often ignores pest control strategies, promoting resistance in insect pests. As an alternative, biorational insecticides, such as phytoinsecticides, can be used, since they are less toxic and persistent in the environment. Thus, this research aims to: 1) investigate the action of plant-based phytoinsecticides from the Piperaceae family as a possible alternative to control eggs and newly hatched nymphs of the brown stink bug. Experiments were carried out with essential oils from leaves of *Piper hispidum*, *Piper marginatum* and *Piper* aff. *divaricatum*. The leaves were dried in a forced air flow oven at 40 °C and ground until they reached low granulometry. The plant material obtained was extracted by hydrodistillation and steam dragging, using the Clevenger apparatus, for four hours. For the insecticidal bioassays, *E. heros* stink bug eggs from farms established in the laboratory were used. Five concentrations of essential oils from the three *Piper* species were tested (0.25%, 0.5%, 1.0%, 2.0% and 4.0%) and two control treatments (one with water and the other with acetone solvent), on bed bug eggs. All assays were kept in a BOD climatized chamber at 25 ± 1°C, 14-hour photophase and 70% RH. It was observed that the three species studied had insecticidal effects on brown stink bug eggs and a lethal effect on hatched nymphs. *Piper marginatum* stood out among the plants studied, as it caused high inviability of pest eggs. 2) The second chapter evaluated the phytoinsecticidal effect of *Piper* essential oils on *Telenomus podisi* immatures. Bioassays were carried out before and after parasitism, with seven treatments and 10 repetitions each, in a completely randomized design. The treatments were two controls (water T1; acetone T2) and five concentrations of essential oils of each species (0.25%T3, 0.5%T4, 1.0%T5, 2.0%T6 and 4.0% T7). The pre-parasitism experiment resulted in a lower emergence of parasitoids compared to controls, as well as influencing the sex ratio. In post-parasitism, with the exception of treatments T6 and T7, in which there was no emergence of parasitoids for the three *Piper* species studied, there was a reduction in the emergence of *T. podisi*, but it did not affect the sex ratio. The essential oils of the Piperaceae studied here, especially *P. marginatum*, are promising in the control of *E. heros*, demonstrating ovicidal activity and lethal effect on first instar nymphs. Therefore, these oils represent an important and promising alternative to the use of chemical insecticides, being a phytoinsecticide of low environmental impact.

Keywords: *Euschistus heros*, *Piper*, *Telenomus podisi*, botanical insecticides.

INTRODUÇÃO GERAL

A soja, *Glycine max* (L.) Merrill, é uma das culturas de maior relevância econômica no mundo, sendo responsável por cerca de mais da metade da produção mundial de óleo vegetal e proteínas (ZULIN, 2016). Em decorrência do fenômeno La Niña em regiões produtoras, com redução na precipitação, houve uma redução na produção (10,2%) e na produtividade (14,1%) da safra 2021/2022 em comparação à safra de 2020/2021 no Brasil (CONAB, 2022). Ainda assim, de acordo com a CONAB (2022), houve aumento (4,5%) na área total plantada fazendo o país alcançar a marca de 124.047,8 milhões de toneladas nessa safra. De acordo com o IMEA, o estado de Mato Grosso é responsável por mais de 30% da soja brasileira, com um total de 41.513.693 milhões de toneladas.

Na soja, a utilização demasiada de inseticidas sintéticos deve-se aos danos provocados por insetos-pragas, desde a germinação até o momento da colheita (HOFFMANN-CAMPO *et al.*, 2000). Entre estes insetos, destacam-se os percevejos fitófagos que, devido aos altos níveis populacionais e por se alimentarem diretamente dos grãos, permitem a propagação de doenças e reduzem a qualidade das sementes (FERREIRA; PANIZZI, 1999; BELORTE *et al.*, 2003; PANIZZI *et al.*, 2012).

Somada ao crescimento do cultivo da soja na região Centro-Oeste do Brasil, a expansão e migração do percevejo marrom, *Euschistus heros* (Fabricius) (Hemiptera: Pentatomidae) também tem ocorrido de forma considerável, principalmente por esta espécie ser adaptada às regiões de clima tropical (CÔRREA-FERREIRA; PANIZZI, 1999; SILVA *et al.*, 2014; CONTE *et al.*, 2015). Não obstante, *E. heros* costumava completar quatro gerações por ano no sul do Brasil (PANIZZI, 1997), hibernando sob folhas mortas durante o inverno ameno (PANIZZI; NIVA, 1994). No entanto, com a adoção massiva pelos produtores de sistemas de plantio direto e com a introdução de culturas múltiplas, gerações adicionais foram surgindo, favorecendo o aumento populacional desta praga, expandindo pelo território brasileiro até a Argentina (SALUSO *et al.*, 2011).

Panizzi (2015) relata que a distribuição Neotropical, do percevejo marrom *E. heros*, inclui parte da Argentina, Paraguai, Panamá e, muito provavelmente, já está presente no Uruguai e na Bolívia. Embora não tenha registro na literatura para esses últimos, conhecendo a rápida expansão de sua principal planta hospedeira, a soja, certamente colonizará novas áreas na América do Sul. A espécie também está

presente em nove estados do Brasil, mas pode ocorrer em muitos outros. Ainda de acordo Panizzi (2015), a espécie era pouco presente na região centro-oeste do país, posteriormente seguiu em direção ao sul, adaptando-se às temperaturas mais amenas do estado do Rio Grande do Sul (RS), onde hoje é o percevejo mais abundante na soja (mais de 80%) e se expandiu para a região Nordeste do Brasil, acompanhando a expansão da soja naquela área.

Devido ao impacto de percevejos sobre a soja, o controle é feito majoritariamente com inseticidas sintéticos como medida de emergência (EMBRAPA, 1997; DEGRANDE *et al.*, 2002; De GRANDE e VIVIAN, 2007; PITTA *et al.*, 2018; ROGGIA *et al.*, 2019). No entanto, esse método de manejo é muitas vezes aplicado de forma indiscriminada, não adotando estratégias para o controle de pragas no contexto do Manejo Integrado de Pragas (MIP) (PETERSON; HIGLEY, 1996; PANIZZI, 2013; SONG; SWINTON, 2009; ZALUCKI *et al.*, 2009). E, portanto, práticas de manejo, como o controle biológico, que complementem o controle químico do percevejo marrom são cada vez mais encorajados (BROGLIO-MICHELETTI *et al.*, 2007).

Entre os agentes de controle biológico para *E. heros*, a espécie de vespa *Telenomus podisi* Ashmead (Hymenoptera: Platygasteridae) tem sido relatada como um dos principais parasitoides de ovos, inviabilizando a eclosão da ninfa (MOREIRA; BECKER, 1986; CORRÊA-FERREIRA, 1993; MEDEIROS *et al.*, 1997; PACHECO; CORREA-FERREIRA, 2000; BUENO, 2017; STECCA, 2018), inclusive no estado de Mato Grosso (PITON *et al.*, 2014). Porém, o uso indiscriminado de inseticidas sintéticos e a falta de áreas de refúgio, tem causado preocupação à sobrevivência da espécie no campo (HOFFMANN-CAMPO *et al.*, 2012). Assim, inseticidas seletivos são importantes, uma vez que permite controlar a praga, causando o mínimo de danos às espécies não-alvo (FOESTER, 2002).

A eficiência de parasitoides de ovos pode ser comprometida de diferentes formas, através da mortalidade direta, e por efeitos subletais, como alterações na fecundidade, longevidade, viabilidade dos ovos, razão sexual e na eficiência do forrageamento (HABTU; SAMSOE-PETERSON, 1987). Koppel *et al.* (2011) avaliaram o efeito de inseticidas através de bioensaios de laboratório e testes de campo realizados para determinar os efeitos de acefato, lambda-cialotrina, espinosade e tiametoxam sobre percevejos e em *T. podisi*, que apresentaram mortalidade significativa quando expostos a todos os tratamentos com inseticidas, quando imersos

ou tratados em campo. Os tratamentos com espinosade e lambda-cialotrina resultaram em 100% de mortalidade de *T. podisi*, e acefato resultou em maior mortalidade do que o tiametoxam. Turchen *et al.* (2015) avaliaram o efeito letal e subletal de lambda-cialotrina + tiametoxam e imidacloprido sobre *T. podisi*, verificando que causaram letalidade e comprometeram o parasitismo e a emergência do parasitoide.

Smaniotto *et al.* (2013) avaliaram os produtos Compostonat®, Natuneem®, Natualho®, Óleo de Gerânio®, Pironat® e Rotenat® sobre *T. podisi*, por meio dos testes com chance de escolha e sem chance de escolha (pré e pós-parasitismo), sendo avaliadas a taxa de parasitismo, a porcentagem de emergência, a longevidade dos adultos, a duração do ciclo e a razão sexual dos parasitoides emergidos. Os autores constataram que Natuneem® foi o único produto considerado seletivo ao parasitoide em todos os parâmetros avaliados.

Silva e Bueno (2016) avaliaram a seletividade dos produtos orgânicos Baculovirus AEE®, Dipel®, Neemseto®, Arrast®, Fish-Fertil Indure®, Silicato de Sódio, Borda-Ferti pH7®, Calda sulfocálcica e Mistura de limão-enxofre sobre *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Platygasteridae), em condições de laboratório, e todos os produtos foram considerados seletivos. Contudo, é válido ressaltar que tais efeitos podem sofrer variações de acordo com o organismo, dosagens, cultura, modo de aplicação, entre outras variáveis. Considerando-se que o MIP prevê o uso consorciado do manejo químico e biológico (BUENO; FREITAS, 2012), os fitoinseticidas podem ser uma alternativa para reduzir o a aplicação de inseticidas químicos nas lavouras (BIONDI *et al.*, 2013; TURCHEN *et al.*, 2016) e, consequentemente, os impactos negativos.

Apesar do aumento da produção de soja no país, houve redução de 8% na utilização de inseticidas sintéticos (SINDIVEG, 2021). Ainda de acordo com SINDIVEG (2021), desde 2015 o número de registros de produtos biológicos tem aumentado, saltando para 94 licenças só em 2020, um aumento de 135% em comparação com 2019. Esses produtos estão entre os parâmetros do Programa Nacional de Bioinvestimento lançado em 2020 para incentivar a produção interna de alimentos orgânicos, apresentando resultados promissores.

Nesse contexto, plantas com propriedades inseticidas têm sido investigadas para o controle de pragas, com particular ênfase em substâncias do metabolismo

secundário, como os óleos essenciais, que são conhecidos por atuar como repelentes ou deterrentes (oviposição ou alimentação) ou mesmo letais para insetos herbívoros (MITHOFER; BOLAND, 2012; KRINSKI *et al.*, 2014; MASSAROLLI *et al.*, 2016; MASSAROLLI *et al.*, 2017). Além disso, os fitoinseticidas têm diferentes modos de ação (EL-WAKEIL, 2013), tornando-os interessantes para pesquisas com o intuito desenvolver moléculas inseticidas com menor toxicidade a mamíferos e seletividade aos inimigos naturais e pouca persistência no ambiente (SHINFOON; YUTONG, 1993; COSTA; SILVA; FIUZA, 2004; MOREIRA *et al.*, 2006; MASSAROLI, 2013). Turchen *et al.* (2015), ao avaliarem o efeito letal e subletal de azadiractina, um inseticida botânico, sobre *T. podisi*, verificaram que adultos não foram afetados, porém houve efeitos sub-letais, comprometendo o potencial reprodutivo das fêmeas.

Considerando isto, plantas da família Piperaceae são apontadas como uma alternativa promissora para o controle de pragas, pois possuem no seu metabolismo, substâncias com potencial inseticida (TABASHINK; ROUSH, 1990; ESTRELA *et al.*, 2006; FAZOLIN *et al.*, 2007; BARBOSA *et al.*, 2012; KRINSKI, MASSAROLI; MACHADO, 2014; KRINSKI; FOERSTER; DESCHAMPS, 2018). Dentre as Piperaceae, o gênero *Piper* possui uma abrangente variedade de metabólitos secundários, dos quais, 670 já foram isolados de mais de 100 espécies (DYER; PALMER, 2004). Várias espécies de *Piper* já foram estudadas quanto as suas propriedades inseticidas, devido aos compostos químicos presentes em seus óleos essenciais e extratos vegetais, como o dilapiol, eugenol e safrol, um fenilpropanoide bastante utilizados para síntese do piperonilbutoxido (PBO), ingrediente essencial para inseticidas piretróides (MAIA *et al.*, 1987; MAIA *et al.*, 1993; ANDRADE *et al.*, 2008).

Estudos relatando propriedades ovicidas foram realizados com espécies das famílias botânicas Anacardiaceae, Asteraceae, Apiaceae, Myrtaceae, Pineaceae, Verbenaceae, Poaceae, Zingerabeaceae e Lamiaceae, sobre insetos vetores de doenças, como em triatomíneos (LAURENT *et al.*, 1997; CARNEIRO *et al.*, 2014). Embora seja interessante interromper o desenvolvimento da praga antes que ela ecloda do ovo e comece a se alimentar, pesquisas que relatam a atividade ovicida com *Piper*, sobre posturas de percevejos pentatomídeos, são incipientes, restringindo-se aos trabalhos de Lins *et al.* (2013), Krinski e Foester (2016) e Smagghe, Zotti e Retnakaran (2019). De acordo com Smith e Salked (1966), embora o córion dos ovos

possa atuar como uma barreira a entrada do produto, algumas substâncias têm a capacidade de penetrá-lo, tornando-os mais vulneráveis.

Logo, estudos são encorajados de modo a preencher as lacunas de informações que existem sobre os efeitos fitoinseticidas da imensa variedade de plantas existentes no país, como as da família Piperaceae (veja FAZOLIN *et al.*, 2005; SCOTT *et al.*, 2008; KRINSKI; FOERSTER, 2016; KRINSKI; FOERSTER; DESCHAMPS, 2018). Pelo exposto, a investigação do efeito do óleo de espécies de piperáceas sobre ovos do percevejo marrom e seu parasitoide de ovos pode contribuir para a adoção de práticas de manejo mais sustentáveis visando o controle desta praga em lavouras de soja. Portanto, para entender melhor todos os aspectos mencionados e discutidos aqui, esta pesquisa está estruturada em dois capítulos, sendo o primeiro intitulado **“Efeito ovicida do óleo essencial de três espécies de *Piper* (Piperaceae) sobre ovos do percevejo da soja *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae)”**, cujo objetivo é verificar o efeito de óleos essenciais de *P. aff. divariticum*, *P. hispidum* e *P. marginatum* sobre ovos de *E. heros* em diferentes idades e o efeito indireto sobre ninfas de primeiro instar. O segundo intitulado **“Efeito fitoinseticida de três espécies de *Piper* (Piperaceae) sobre *Telenomus podisi* ashmead (Hymenoptera: Platygasteridae) emergidos de ovos parasitados do percevejo da soja *Euschistus heros* Fab. (Hemiptera: Pentatomidae)”**, buscou investigar o efeito letal dos óleos essenciais extraídos das folhas das três espécies de Piperaceae, sobre o parasitismo de *T. podisi*.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, E.H.A.; *et al.* Variability in Essential-Oil Composition of *Piper marginatum* sensu lato. **Chemistry & biodiversity**, 5(1): 197-208. 2008.
- BARBOSA, Q.P.S.; *et al.* Composição química, ritmo circadiano e atividade antibacteriana dos óleos essenciais de *Piper divaricatum*: Uma nova fonte de safrol. **Química Nova**, 35(9): 1806-1808. 2012.
- BELORTE, L.C.; *et al.* Danos causados por percevejos (Hemiptera: Pentatomidae) em cinco cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill, 1917) no município de Araçatuba, SP. **Arquivos do Instituto biológico**, 70(2): 169-175. 2003.
- BENTO, J.M.S. (Eds.). **Controle biológico no Brasil - parasitóides e predadores**. Piracicaba: Manole, 71-93. 2002.
- BIONDI, A.; *et al.* Do biopesticides affect the demographic traits of a parasitoid wasp and its biocontrol services through sublethal effects? **PLoS One**, 8(9): e76548. 2013.
- BRÓGLIO, M.S.M.F.; *et al.* Efeito do número de adultos de *Trichogramma galloi* Zucchi, 1988 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) liberados em semanas sucessivas, para o controle de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae). **Ciência e Agrotecnologia**, 31(1): 53-58. 2007.
- BUENO, V.H.P. Controle biológico e manejo de pragas na agricultura sustentável. **Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Lavras**, 2015.
- CARNEIRO, A.P.; PEREIRA, M.J.B.; GALBIATI, C. Efeito biocida do extrato de *Annona coriacea* Mart 1841 sobre ovos e ninfas recém-eclodidas do vetor da doença de Chagas *Rhodnius neglectus* Lent 1954 (Hemiptera, Reduviidae). **Neotropical Biology and Conservation**, 6(2): 131-136. 2011.
- COELHO, A. A.; DE PAULA, J. E.; ESPÍNDOLA, L. S.; Efeito de extratos de plantas do Cerrado em *Dipetalogaster máxima* (Uhler) (Hemiptera, Reduviidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, 53(3): 444-451. 2009.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Safra Brasileira de Grãos. **Boletim Técnico**, Brasília, 9(12): 1-88. 2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/>. Acesso em: 17 ago 2022.

CONTE, O.; *et al.* Resultados do manejo integrado de pragas da soja na safra 2014/15 no Paraná. **Embrapa Soja-Documents (INFOTECA-E)**, 60p. 2015.

CORRÊA-FERREIRA, B.S. **Utilização do parasitóide de ovos *Trissolcus basal* (Wollaston) no controle de percevejos da soja**. Londrina: Embrapa, 1993. (Circular técnica).

CORRÊA-FERREIRA, B.S.; PANIZZI, A.R. **Percevejos da Soja e seu Manejo**. Londrina: Embrapa, 1999. (Circular técnica).

COSTA, E.L.N.; SILVA, R.F.P.; FIUZA, L.M. Efeitos, aplicações e limitações de extratos de plantas inseticidas. **Acta Biologica Leopoldensia**, 26(2): 173-185. 2004.

DEGRANDE, P.E.; *et al.* Metodologia para avaliar o impacto de pesticidas sobre inimigos naturais. *In*: PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; DEGRANDE, P.E.; VIVAN, L.M. Pragas da soja. **Boletim de Pesquisa de Soja**, 12: 254 p. 2007.

DYER, L.A.; PALMER, A.D.N. *Piper*: A model genus for studies of phytochemistry, ecology, and evolution. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York. 2004.

EL-WAKEIL, N.E. Botanical Pesticides and Their Mode of Action. **Gesunde Pflanzen**, 65(4): 125-149. 2013.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Recomendações técnicas para a cultura da soja no Paraná 1996/97**. (Documentos, 97), Londrina, Embrapa, 187p, 1997.

ESTRELA, J.L.V.; *et al.* Toxicidade de óleos essenciais de *Piper aduncum* e *Piper hispidinervum* em *Sitophilus zeamais*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 41(2): 217-222. 2006.

FAZOLIN, M.; *et al.* Propriedade inseticida dos óleos essenciais de *Piper hispidinervum* C. DC.; *Piper aduncum* L. e *Tanaecium nocturnum* (Barb. Rodr.) Bur. & K. Shum sobre *Tenebrio molitor* L. **Ciência e Agrotecnologia**, 31(1): 113-120. 2007.

FERREIRA, B.S.C.; PANIZZI, A.R. Percevejos da soja e seu manejo. **Embrapa Soja-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 45p, Londrina-PR, 1999.

- FOERSTER, L. A. Seletividade de inseticidas a predadores e parasitoides. In: PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M.S. **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. São Paulo: Manole, 635 p. 2002.
- HABTU, F.; SAMSOE-PETERSEN, L. Semi-field method testing side effects of pesticides on adults of the parasitic wasp *Encarsia formosa* (Gahan) (Hym., Aphelinidae). **Journal Applied Entomoly**, 104: 473-479. 1987.
- HOFFMANN-CAMPO C.B.; FERREIRA, B.S.C.; MOSCARDI, F. Soja–Manejo Integrado de Insetos e outros Artrópodes-Praga. Brasília: **Embrapa**, 673-723. 2012.
- HOFFMANN-CAMPO, C.B.; *et al.* Pragas da soja no Brasil e seu manejo integrado. Londrina: **EMBRAPA Soja**, 70p. 2000.
- IMEA Instituto Mato-grossense de Economia Agropecuária. SOJA. Disponível em: <https://www.imea.com.br/imea-site/indicador-soja>. Acesso em: 17 ago 2022.
- KRINSKI, D.; FOERSTER, L.A.; DESCHAMPS, C.; Ovicidal effect of the essential oils from 18 Brazilian *Piper* species: controlling *Anticarsia gemmatilis* (Lepidoptera, Erebidae) at the initial stage of development. **Acta Scientiarum**, 40: e35273. 2018.
- KRINSKI, D.; MASSAROLI, A.; MACHADO, M.; Insecticidal potential of the Annonaceae family plants. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 36(1): 225-242. 2014.
- KRINSKI, D; FOERSTER, L.A. Toxicity of essential oils from leaves of Piperaceae species in rice stalk stink bug eggs, *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae). **Ciência e Agrotecnologia**, 40(6): 676-687. 2016.
- LAURENT, D.; *et al.* Insecticidal activity of essential oils on *Triatoma infestans*. **Phytotherapy Research**, 11(4): 285-290. 1997.
- LINS, L.C.P.; *et al.* Atividade inseticida de óleo essencial de *Piper marginatum* Jacq. (Piperaceae) sobre ovos do percevejo-marrom *Euschistus heros* (Heteroptera: Pentatomidae). In: **SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO**, 2013, Bonito, MS.
- MAIA, J.G.S.; GREEN, C.L.; MILCHARD, M.J. New source of natural safrole. **Flavour Fragr. J.** 18: 20-22. 1993.
- MAIA, J.G.S.; *et al.* Espécies de *Piper* da Amazônia ricas em safrol. **Química Nova**, 10: 200-204. 1987.

MASSAROLI, A. **Efeito de extratos de anonáceas sobre a lagarta falsa medideira *Chrysodeixis includens* (Walker 1857) Lepidoptera: Noctuidae.** 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas – Zoologia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

MASSAROLLI A.; PEREIRA M.J.B.; FOERSTER L.A. *Annona mucosa* Jacq. (Annonaceae): A promising phytoinsecticide for the control of *Chrysodeixis includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Entomology**, 13(4): 132-140. 2016.

MASSAROLLI, A.; PEREIRA M.J.B.; FOERSTER L. *Annona crassiflora* Mart. (Annonaceae): effect of crude extract of seeds on larvae of soybean looper *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Bragantia**, 76(3): 398-405. 2017.

MEDEIROS, M.A.; *et al.* Parasitismo e predação em ovos de *Euchistus heros* (Fab.) (Heteroptera: Pentatomidae) no Distrito Federal, Brasil. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, 26(2): 397-401. 1997.

MITHÖFER, A.; BOLAND, W. Defesa de plantas contra herbívoros: aspectos químicos. **Revisão anual da biologia vegetal**, 63: 431-450. 2012.

MOREIRA, G.R.P.; BECKER, M. Mortalidade de *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758) (Heteroptera: Pentatomidae) no estágio de ovo na cultura da soja: II. Parasitóides. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, 15: 291-308. 1986.

MOREIRA, M.D.; *et al.* Uso de inseticidas botânicos no controle de pragas. In: VENZON, M.; JÚNIOR, T.J.P.; PALLINI, A. **Controle alternativo de pragas e doenças**. Viçosa/MG: EPAMIG/CTZM. cap.5, p.89. 2006.

PACHECO, D.J.P.; CORREA-FERREIRA, B.S. Parasitismo de *Telenomus podisi* Ashmead (Hymenoptera: Scelionidae) em populações de percevejos pragas da soja. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, 29(2): 295-302. 2000.

PANIZZI, A.R. Wild hosts of pentatomids: ecological significance and role in their pest status crops. **Annual Review of Entomology**, 42: 99-122. 1997.

PANIZZI, A.R.; BUENO, A.F.; SILVA, F.A.C. Insetos que atacam vagens e grãos. Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga. Brasília: **Embrapa**, p. 335-420. 2012.

- PANIZZZI, A.R. Growing Problems with Stink Bugs (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae): Species Invasive to the U.S. and Potential Neotropical Invaders. **American Entomologist**, 61(4): 223-233. 2015.
- PANIZZZI, A.R., NIVA, C. Overwintering strategy of the brown stink bug in Northern Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 29: 509–511. 1994.
- PANIZZZI, A.R.; História e perspectivas contemporâneas do manejo integrado de pragas da soja no Brasil. **Entomologia neotropical**, 42(2): 119-127. 2013.
- PETERSON, R.K.D.; HIGLEY, L.G. Temporal changes in soybean gas exchange following simulated insect defoliation. **Agronomy Journal**, 88(4): 550-554. 1996.
- PITON, L.P.; *et al.* Natural insecticide based-leaves extract of *Piper aduncum* (Piperaceae) in the control of stink bug brown soybean. **Ciência Rural**, 44(11): 1915-1920. 2014.
- PITTA, R.M.; *et al.* Suscetibilidade de *Euschistus heros* (Fabr. 1794) (Heteroptera: Pentatomidae) a inseticidas em Mato Grosso. **Scientific Electronic Archives**, 11(3): 1-5. 2018.
- ROGGIA, S.; UTIAMADA, C.M.; HIROSE, E.T. Eficiência de inseticidas no controle do percevejo-marrom (*Euschistus heros*) em soja, na safra 2018/2019: resultados sumarizados de ensaios cooperativos. **Embrapa Soja**. Circular Técnica, 154. p. 18, 2019.
- SALUSO, A.; XAVIER L.; SILVA F.A.C. An invasive pentatomid pest in Argentina: neotropical brown stink bug, *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae) **Neotropical Entomology**, 40(6): 704-705. 2011.
- SCOTT, I.M.; *et al.* A review of *Piper* spp. (Piperaceae) phytochemistry, insecticidal activity and mode of action. **Phytochemistry Reviews**, 7(1): 65-75. 2008.
- SHIN-FOON, C.; YU-TONG, Q. Experiments on the application of botanical insecticides for the control of diamondback moth in South China. **Journal of Applied Entomology**, 116: 479-486. 1993.
- SILVA, V.P.; *et al.* Monitoramento do percevejo marrom *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) por feromônio sexual em lavoura de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 49(11): 844-852. 2014.

SILVA, D.M.; BUENO, A.F. Organic products selectivity for *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Platygasteridae). **Arq. Inst. Biol.**, São Paulo, 20: 1-8. 2016.

SINDIVEG. Balanço 2015. Setor de agroquímicos confirma queda de vendas. **Sindiveg News**. Edição 13, abril 2016. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/agroanalysis/article/download/64241/62194>. Acesso em: set 2022.

SMITH, E.H.; SALKELD, E.H. The use and action of ovicides. **Annual Review of Entomology**, 11: 331-368. 1966.

SMANIOTTO, L.F.; *et al.* Seletividade de produtos alternativos a *Telenomus podisi* Ashmead (Hymenoptera: Scelionidae). **Semina: Ciências Agrárias, Londrina**, 34(6): 3295-3306. 2013.

SONG, F.; SWINTON, S.M. Returns to integrated pest management research and outreach for soybean aphid. **Journal of economic entomology**, 102(6): 2116-2125. 2009.

STECCA, C.S. Seletividade de inseticidas utilizados na cultura da soja a *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Platygasteridae) e *Podisus nigrispinus* (Hemiptera: Pentatomidae) **Entomologia neotropical**, 47(2): 281-291. 2018.

TABASHNIK, B.E.; ROUSH, R.T. **Pesticide resistance in arthropods**. New York: Chapman and Hall, p.1-3. 1990.

TURCHEN, L.M.; GOLIN, V.; BUTNARIU, A.R. Lethal and sublethal effects of insecticides on the egg parasitoid *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Platygasteridae). **Journal of economic entomology**, 109(1): 84-92. 2016.

VASANTHA-SRINIVASAN, P.; SENTHIL-NATHAN, S.; THANIGAIVEL, A. Developmental response of *Spodoptera litura* Fab. to treatments of crude volatile oil from *Piper betle* L. and evaluation of toxicity to earthworm, *Eudrilus eugeniae* Kinb. **Chemosphere**, 155: 336-347. 2016.

ZALUCKI, M.P.; ADAMSON, D.; FURLONG, M.J. The future of the MIP: where or wither?? **Australian Journal of Entomology**, 48(2): 85-96. 2009.

ZULIN, D.; **Dinâmica populacional, distribuição espacial e temporal de *Chrysodeixis includens* (Walker) na cultura da soja**. 2016. Dissertação (Mestrado

em Entomologia e conservação da Biodiversidade) – Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS, 2016.

CAPÍTULO 1. EFEITO OVICIDA DO ÓLEO ESSENCIAL DE TRÊS ESPÉCIES DE *Piper* (PIPERACEAE) SOBRE OVOS DO PERCEVEJO DA SOJA *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae)

RESUMO: O percevejo marrom, *Euschistus heros*, destaca-se como uma das principais pragas sugadoras que atingem a soja no Brasil. Como medida de controle usual de percevejos, a agricultura utiliza inseticidas piretróides, neonicotinóides e organofosforados. Todavia, estes produtos possuem componentes prejudiciais à saúde humana, geram contaminações ao meio ambiente e, podem comprometer os ambientes agrícolas. Inseticidas obtidos a partir de plantas são mencionados na literatura como menos poluentes e mais seletivos, portanto, investigar a atividade inseticida de compostos de plantas é relevante para a agricultura. Neste sentido, esse estudo avalia a toxicidade de óleos essenciais (OE) de folhas de *Piper hispidum* Sw., *Piper marginatum* L. e *Piper* aff. *divaricatum* G. Mey sobre ovos de *E. heros* com 1 a 5 dias. Os óleos essenciais foram extraídos por destilação a vapor e diluições foram feitas para bioensaios nas concentrações de 0,25; 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0%, como tratamento controle foram utilizadas água e acetona (solubilizante). Os óleos essenciais de todas as espécies de Piperaceae exibiram atividade ovicida e efeitos letais nas ninfas eclodidas. *Piper marginatum* apresentou a maior taxa ovicida (cerca de 40% dos ovos), a partir da menor concentração testada (0,25%), e inviabilizando 50% nas demais concentrações. Desta forma, os óleos essenciais dessas espécies são promissores no controle do percevejo marrom, demonstrando efeito ovicida e letal para ninfas de primeiro instar. Além disso, o uso desses óleos pode se tornar uma alternativa ao uso de inseticidas químicos.

PALAVRAS-CHAVE: Percevejo marrom; Fitoinseticida; Pimenta de macaco; Toxicidade.

ABSTRACT: The brown stink bug, *Euschistus heros*, stands out as one of the main sucking pests that affect soybeans in Brazil. As a usual control measure for bed bugs, agriculture uses pyrethroid, neonicotinoid and organophosphate insecticides. However, these products have components that are harmful to human health, generate contamination to the environment and can compromise agricultural environments. Insecticides obtained from plants are mentioned in the literature as less polluting and more selective, therefore, investigating the insecticidal activity of plant compounds is

relevant for agriculture. In this sense, this study evaluates the toxicity of essential oils (EO) from leaves of *Piper hispidum* Sw., *P. marginatum* L. and *P. aff. divaricatum* G. Mey on 1 to 5 day old *E. heros* eggs. Essential oils were extracted by steam distillation and dilutions were made for bioassays at concentrations of 0.25; 0.5; 1.0; 2.0 and 4.0%, as a control treatment, water and acetone (solubilizer) were used. Essential oils from all Piperaceae species exhibited ovicidal activity and lethal effects on hatched nymphs. *Piper marginatum* had the highest ovicidal rate (about 40% of eggs), from the lowest concentration tested (0.25%), and 50% was not viable in the other concentrations. In this way, the essential oils of these species are promising in the control of the brown stink bug, demonstrating an ovicidal and lethal effect for first instar nymphs. In addition, the use of these oils can become an alternative to the use of chemical insecticides.

KEY WORDS: Brown bug; Phytoinsecticide; Monkey pepper; Toxicity.

1. INTRODUÇÃO

A cultura da soja, *Glycine max* (L.) Merrill, é acometida por uma fauna heterogênea de insetos-pragas que afetam desde a parte aérea até a radicular no decorrer do seu ciclo fenológico (PHERSON, 2018). Segundo Saran (2018), o percevejo marrom, *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera, Pentatomidae), é uma das principais pragas na soja, perfurando plantas ou vagens, injetando secreções salivares que facilitam o processo de alimentação, e com isso podem causar o abortamento da semente ou reduzir potencial germinativo. O fato deste inseto realizar diapausa lhe confere estratégias eficazes de sobrevivência, possibilitando atravessar um período desfavorável e escapar de ataque de parasitoides e predadores (CORRÊA-FERREIRA; PANIZZI, 1999).

O percevejo marrom tem potencial para causar danos a soja a partir do 3º instar, quando o aparelho bucal já consegue se alimentar das sementes, injetando saliva e sugando o conteúdo liquefeito (TODD; HERZOG, 1980; PANIZZI *et al.*, 2012). O controle desse percevejo, no entanto, geralmente é feito visando indivíduos na fase adulta, sendo que os estágios iniciais de desenvolvimento (ovos e ninfas de primeiro e segundo instar), quase sempre são desconsiderados (LAURENT *et al.*, 1997; FAZOLIN *et al.*, 2005; SCOTT *et al.*, 2008). Logo, é importante suprimir ou erradicar tais insetos pragas antes que causem prejuízos, se possível, ainda na fase

do ovo (SMAGGHE, ZOTTI e RETNAKARAN, 2018). Dado o impacto econômico dos percevejos para os sojicultores, a principal tática de controle envolve inseticidas químicos, em pulverizações foliares ou no tratamento de sementes, como medida de emergência (DEGRANDE *et al.*, 2000; PITTA *et al.*, 2019; EMBRAPA, 2020).

No Brasil, os inseticidas registrados para combater *E. heros* pertencem, principalmente, a três grupos químicos (piretróides, neonicotinóides e organofosforados) (Agrofit, 2020). A aplicação destes frequentemente ignora estratégias de controle de pragas no contexto do Manejo Integrado de Pragas (MIP) (HIGLEY; PETERSON, 2009; SONG; SWINTON, 2009; ZALUCKI, ADAMSON; FURLONG, 2009; PANIZZI, 2013). A disponibilidade limitada de moléculas, permite a seleção de populações resistentes, necessitando de doses mais elevadas para causar a mortalidade do percevejo, bem como causa contaminação ambiental (ALVES *et al.*, 2014). A fim de evitar isso, inseticidas bioracionais, como os fitoinseticidas, tem se tornado importante alternativa aos inseticidas químicos, principalmente por serem considerados menos tóxicos e persistentes no ambiente (ESTEVAM *et al.*, 2017; HADDI *et al.*, 2020).

Os óleos essenciais (OEs) possuem diversas aplicações nas indústrias, como por exemplo, farmacêuticas, cosméticas, e na agricultura (auxiliando no combate de pragas e doenças agrícolas), entre outras (PINTO *et al.*, 2002; BUTLER, 2008). O gênero *Piper*, com mais de 2000 espécies no mundo (JARAMILLO *et al.*, 2008), compreende o maior gênero da família Piperaceae e é composto por plantas com propriedades medicinais, inseticidas e usos tradicionais (PARMAR *et al.*, 1997). *Piper* spp. podem ser usadas na supressão de insetos praga, pois apresentam substâncias como o dilapiol, miristicina, safrol, eugenol, entre outros (TABASHNIK e ROUSH, 1990; ESTRELA *et al.*, 2006; FAZOLIN *et al.*, 2007; BARBOSA *et al.*, 2012; KRINSKI, MASSAROLI e MACHADO, 2014; KRINSKI, FOERSTER e DESCHAMPS, 2018) que afetam diferentes estágios de vida dos insetos, inclusive os ovos. Ainda que o córion dos ovos atue como barreira, algumas substâncias têm a capacidade de penetrá-lo, tornando-os mais vulneráveis (Smith e Salke, 1966).

Alguns estudos relatando propriedades ovicidas de outras famílias de plantas foram realizados, tais como Anacardiaceae e Annonaceae, para controlar insetos vetores de doenças, como em triatomíneos (Reduviidae) (LAURENT *et al.*, 1997. CARNEIRO *et al.*, 2013). No entanto, pesquisas acerca da atuação ovicida de OEs de

Piper spp. sobre posturas de percevejos *E. heros*, restringem-se a *P. aff. divaricatum* e *P. marginatum* (LINS *et al.*, 2013, TONDIM *et al.*, 2020). Tais estudos demonstram, no entanto, um potencial de *Piper* como alternativa para o controle desse percevejo, uma vez que apresentam baixa toxicidade e curta persistência (SILVA; 2018), que preconizam uma agricultura menos agressiva ao ambiente. Assim, este trabalho tem por objetivo verificar o efeito de óleos essenciais (OE) de *P. aff. divaricatum*, *P. hispidum* e *P. marginatum* sobre ovos de *E. heros* em diferentes idades e o efeito indireto sobre ninfas de primeiro instar.

2. MATERIAL E MÉTODOS

As coletas de *P. aff. divaricatum*, *P. hispidum* (14°38'08.8" S; 57°29'53.5" W) e *P. marginatum* (14°39'05.6" S; 57°26'10.8" W) ocorreram no município de Tangará da Serra, Mato Grosso, Brasil. A realização dos bioensaios ocorreu entre agosto de 2019 e junho de 2020 no Centro de Pesquisa, Estudos e Desenvolvimento Agroambientais (CPEDA), da Universidade do Estado do Mato Grosso (UNEMAT), Campus Universitário Professor Eugênio Carlos Stieller, Tangará da Serra. A cromatografia dos OEs foi feita no Laboratório de Produtos Naturais e Ecologia Química (LAPNEQ) da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Indivíduos de percevejo marrom *E. heros* foram coletados na fazenda Aparecida da Serra, localizada no município Tangará da Serra, Mato Grosso (14°14'39" S; 57°45'56" W).

2.1 Obtenção dos óleos essenciais de Piperaceae

Para obtenção dos OEs, foram coletadas folhas das três espécies mencionadas acima, que posteriormente foram secas em estufa de fluxo de ar forçado, a 40°C, durante 72 horas e, moídas até atingirem baixa granulometria (resultando em um pó). Os OEs foram obtidos pela técnica de hidrodestilação, utilizando o aparelho de Clevenger, durante quatro horas. Após a extração, os OEs estavam prontos para realização dos bioensaios ovíparas em laboratório (BIASI e DESCHAMPS, 2009; TUREK e STINTZING, 2013). Após o arraste e extração, os OEs estavam prontos para a diluição nas diferentes concentrações para a realização dos bioensaios ovíparas em laboratório.

2.2 Criação de percevejos

Os percevejos foram criados em laboratório usando gaiolas de madeira, com 40×40×80 cm, revestidas com telado de *voil*. As gaiolas permaneceram em sala climatizada, em temperatura de 26 °C (± 2 °C), umidade relativa de 65% ($\pm 10\%$) e fotofase de 14 horas, com 100 casais em cada. Os percevejos coletados no campo ficaram em quarentena, em gaiolas de madeira teladas com organza (50 × 50 × 70 cm) com 150 casais.

A dieta incluiu sementes secas de soja e amendoim, além de vagem de feijão *in natura* (PERES e CORRÊA-FERREIRA; 2001). Os grãos de soja e amendoim foram colados em cartelas de papel (10 X 8 cm), com cola branca. A água foi disponibilizada através de algodão hidrofílico umedecido. Os substratos oferecidos para oviposição das fêmeas foram tiras de algodão e de feltro (CORRÊA-FERREIRA, 1986). Os ovos foram recolhidos a cada dois dias e acondicionados em potes plásticos com uma abertura na tampa revestida de *voil*, para eclosão das ninfas. Estas foram mantidas nos potes até o segundo instar, quando então eram transferidas para novos recipientes maiores até se tornarem adultos, sendo colocados novamente nas gaiolas de madeira para copularem e continuarem a criação.

2.3 Bioensaio ovicida

Posturas de *E. heros* contendo 10 ovos cada com 24, 48, 72, 96 e 120 horas foram pulverizadas com um mini compressor, imitando a pulverização feita em campo. Foram avaliadas cinco concentrações (0,25%, 0,5%, 1,0%, 2,0% e 4,0%) para cada uma das três espécies de *Piper* e dois controles (água e solubilizante acetona), sendo 85 tratamentos (três espécies de *Piper* X cinco concentrações X cinco repetições das idades dos ovos + 10 referentes aos tratamentos controle = 85).

Os ensaios foram avaliados diariamente por sete dias, a fim de determinar se a concentração do óleo essencial interferiu na viabilidade dos embriões, assim como na sobrevivência das ninfas emergidas até a mudança para o segundo instar. A concentração letal média (CL50) refere-se à concentração de um produto químico ou fotoquímico no ar ou na água que leva à morte de 50% dos indivíduos num tempo pré-estabelecido (QUEIROZ, 2015).

2.4 Análise fitoquímica dos óleos essenciais

Os óleos essenciais obtidos foram analisados por GC-EM (60-240 °C a 3 °C taxa min) em HP-Agilent 7890A GC-FID, utilizando uma coluna capilar de sílica fundida (30 m x 0.25 mm i.d. x 0.25 µm) revestida com DB-5. As temperaturas do injetor e do detector foram de 250 e 260°C, respectivamente. Hélio foi utilizado como gás transportador com um fluxo de 1,5 mL/min; injeção foi em modo dividido (1:50), e o volume de injeção foi de 1,0 µL.

Os espectros de massa foram obtidos utilizando impacto de elétrons a 70 eV, com um intervalo de varredura de 0,5 s e intervalo de massas de 40 até 550 m/z. A identificação inicial dos componentes dos OEs foi realizada por comparação com os valores previamente reportados de índices de retenção, obtidos por co-injeção de amostras de óleo e hidrocarbonetos lineares C11-C24 e calculados de acordo com a equação de Van den Dool e Kratz (1963). Posteriormente, os espectros de massas adquiridos para cada componente foram comparados com aqueles armazenados na biblioteca de massa espectral Wiley/NBS do sistema de GC-EM E com outros dados de massa espectrais publicados (ADAMS, 2007).

2.5 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e análise de variância (ANOVA), com a comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% com o auxílio do software estatístico Assistat versão 7.7 beta (SILVA; AZEVEDO, 2016). O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com análise em esquema fatorial (7 x 5), testando os dois controles, as diferentes concentrações dos óleos essenciais de *P. hispidum*, *P. marginatum* e *P. aff. divaricatum* e as idades dos ovos de *E. heros*. A Concentração Letal para inviabilizar 50% dos organismos testados (CL₅₀) foi calculada pela análise de Probit (FINNEY, 1971) utilizando o software Statistica 7. Para a análise de variância, duas variáveis foram consideradas, sendo a idade dos ovos somada com a letalidade de ninfas (F1), e a concentração dos óleos essenciais (F2), e a da interação entre essas duas variáveis (F1xF2).

3. RESULTADOS

3.1 Atividade ovicida e mortalidade de ninfas

Observamos que os OEs das três espécies de *Piper* apresentaram tanto efeito direto sobre ovos (Figura 1 e Tabela 1), quanto efeito letal sobre as ninfas eclodidas de ovos pulverizados com diferentes concentrações dos OEs de *Piper* spp. (Figura 2). Dentre as três espécies, *P. marginatum* apresentou a maior taxa ovicida, inviabilizando cerca de 40% dos ovos a partir da menor concentração testada (0,25%) e passando dos 50% de ovos inviabilizados, a partir das demais concentrações (Figura 1). Em seguida, *P. aff. Divaricatum* inviabilizou em torno de 25% dos ovos testados.

Ao considerarmos a viabilidade média de ovos, independentemente da idade dos ovos, observa-se que dentre as três espécies, *P. marginatum* foi capaz de inviabilizar em média 25 a 75% dos ovos de percevejo, demonstrando ser promissora na inibição da eclosão de ninfas em laboratório (Figura 1 e tabela 1).

Figura 1. Porcentagem média de ovos de *Euschistus heros* inviabilizados (% $\pm$ erro padrão) após a pulverização de posturas com 1, 2, 3, 4 e 5 dias de idade com diferentes concentrações (0,25 %, 0,50%, 1%, 2% e 4%) de óleos essenciais de *Piper hispidum* (A); *Piper* aff. *divaricatum* (B) e *Piper marginatum* (C). Barras seguidas da mesma letra para cada espécie não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%).

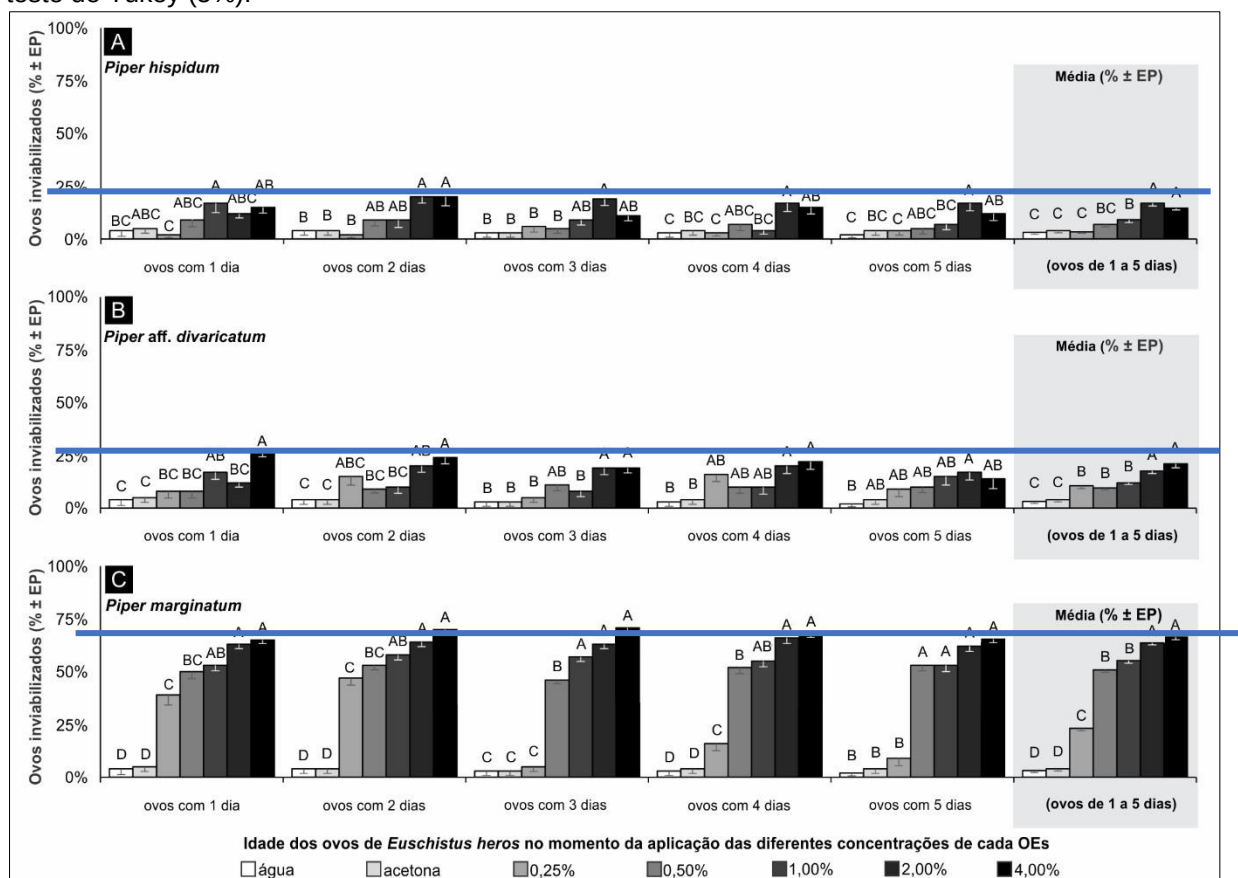


Tabela 1. Número médio de todas as concentrações de óleos essenciais de três espécies de *Piper* ($\pm$ erro padrão) de ovos de *Euschistus heros* inviabilizados após pulverização de posturas com 1 a 5 dias de idade.

Controles e Concentrações	<i>Piper. marginatum</i>	<i>Piper. aff. divaricatum</i>	<i>Piper hispidum</i>
Água	0,11 $\pm$ 0,20 D	0,11 $\pm$ 0,20 D	0,11 $\pm$ 0,20 D
Acetona	0,12 $\pm$ 0,22 D	0,12 $\pm$ 0,22 D	0,12 $\pm$ 0,22 D
0,25%	0,28 $\pm$ 0,26 C	0,13 $\pm$ 0,23 D	0,07 $\pm$ 0,18 D
0,50%	0,52 $\pm$ 0,3 B	0,13 $\pm$ 0,23 D	0,12 $\pm$ 0,22 D
1%	0,61 $\pm$ 0,32 A	0,46 $\pm$ 0,27 C	0,35 $\pm$ 0,27 C
2%	0,70 $\pm$ 0,26 A	0,50 $\pm$ 0,20 B	0,47 $\pm$ 0,25 C
4%	0,85 $\pm$ 0,26 A	0,60 $\pm$ 0,20 B	0,55 $\pm$ 0,23 B
F	5.4866 **	1.0933 ns	0.6752 ns
P-Valor	0.1179	0.3214	0.5961
CV%	33.23	24.64	62.23

Avaliação feita 240 h (10 dias) após pulverização das massas de ovos com óleos essenciais;

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna, não diferem pelo teste de Tukey;

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$);

ns: não significativo

No que se refere a letalidade de ninfas de primeiro instar eclodidas de ovos de 1 a 5 dias tratados com OEs, as três espécies de piperáceas tiveram efeito letal sobre ninfas neonatas, em todas as idades dos ovos. Nas aplicações controle, a mortalidade ninfal ficou entre 3 e 5% enquanto que na maior concentração de *P. hispidum* oscilou entre 25 e 40% (Figura 2). Na mesma concentração, a mortalidade registrada para *P. aff. divaricatum* foi de cerca de 25% para aplicações ocorridas em ovos nas cinco idades (Figura 2). Já em todas as concentrações e idades de ovos, a aplicação de óleo de *P. marginatum* apresentou efeito letal sobre as ninfas superior a 25%, atingindo entre 40 e 50% de mortalidade mesmo em concentrações mais baixas (Figura 2).

Considerando apenas as concentrações, independentemente da idade dos ovos no momento da aplicação dos OEs, verifica-se para *P. hispidum* taxas de mortalidade ninfal inferiores a 25% nas concentrações entre (0,5% e 2,0%) e de 35% na maior concentração (Figura 2). Ainda que em *P. aff. divaricatum* a mortalidade em todas as concentrações tenha diferido significativamente dos controles, as taxas de mortalidade oscilaram entre 13 e 23% (Figura 2 destaque em cinza). Para *P. marginatum*, em todas as concentrações avaliadas, a mortalidade foi superior a 26%,

atingindo até 42% (Figura 2). Contudo, ao avaliarmos o efeito ovicida juntamente com o efeito letal em ninfas de primeiro instar eclodidas dos ovos pulverizados, observou-se aumento significativo na eficiência dos OEs testados (Figura 3).

Figura 2. Porcentagem média de mortalidade de ninfas de primeiro instar de *Euschistus heros* (% $\pm$ erro padrão) após a pulverização de posturas com 1 a 5 dias de idade com diferentes concentrações de óleos essenciais de *Piper hispidum*; *P. aff. divaricatum* e *P. marginatum*. Barras seguidas da mesma letra para cada espécie não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%).

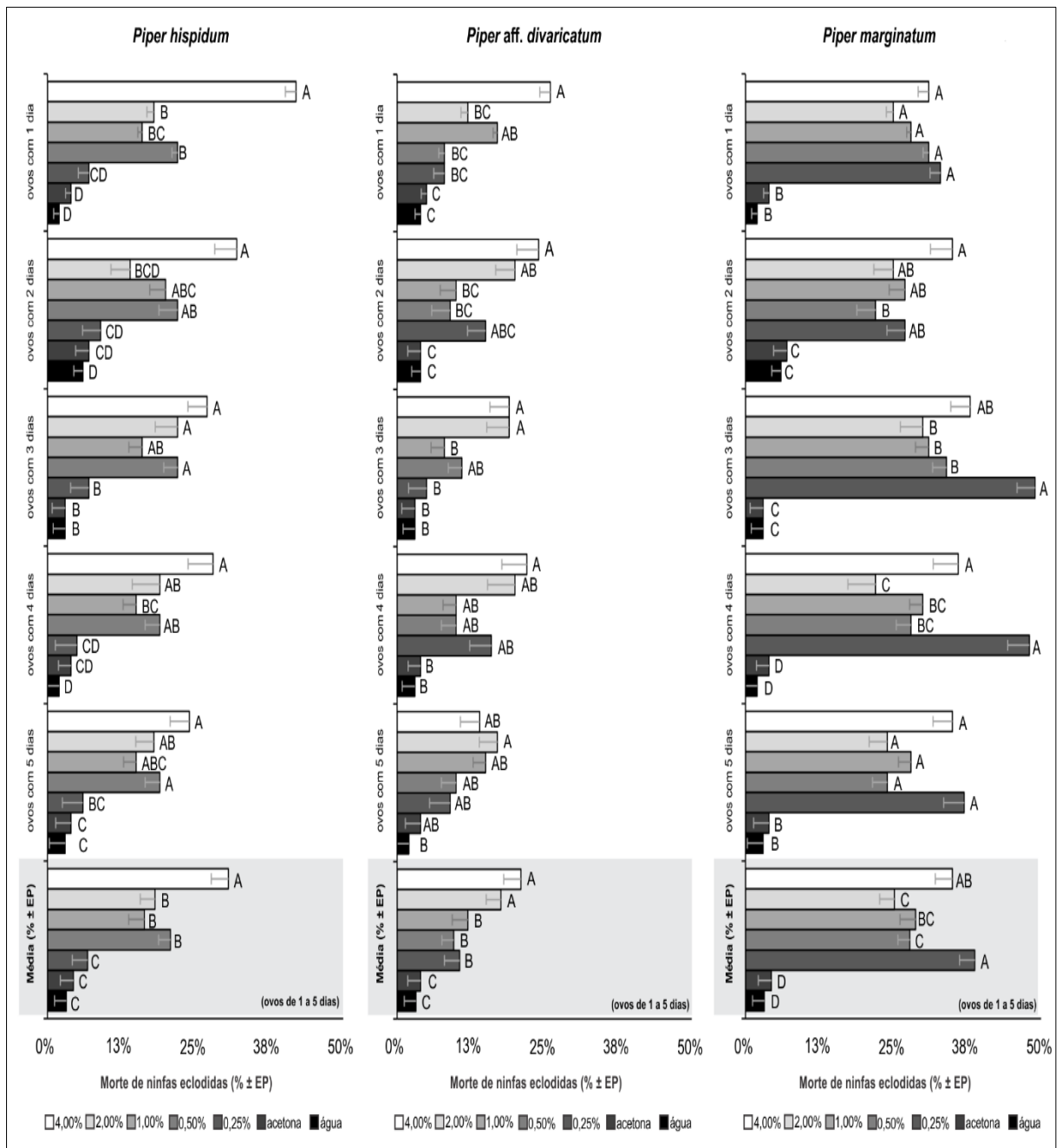
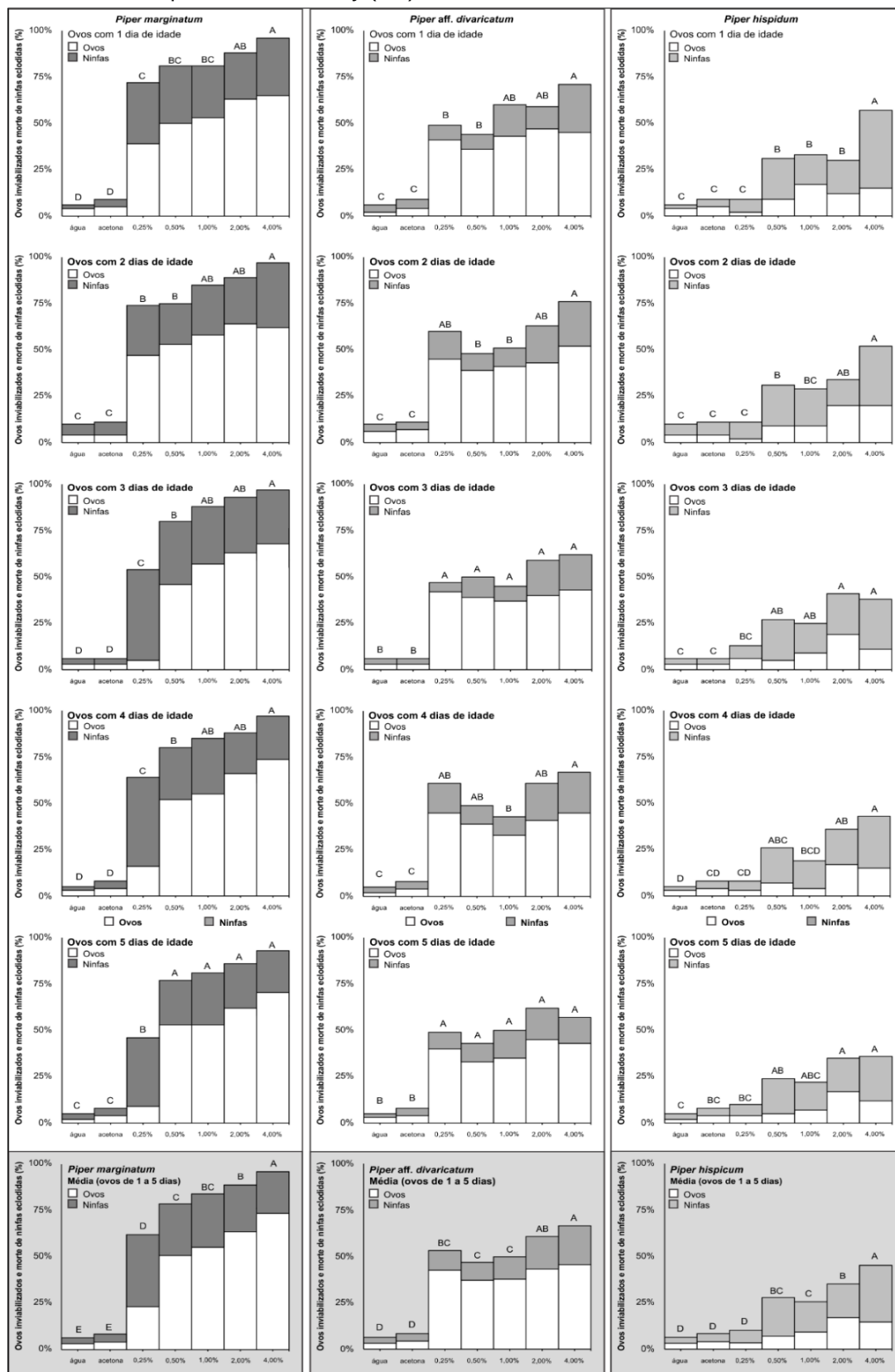


Figura 3. Porcentagem média (% $\pm$ erro padrão) do efeito ovicida em ovos de percevejo *Euschistus heros* e mortalidade de ninfas de primeiro instar eclodidas após a pulverização de posturas com 1 a 5 dias de idade em diferentes concentrações de óleos essenciais de *Piper marginatum*; *P. aff. divaricatum*; e *P. hispidum*. Barras seguidas da mesma letra para cada espécie não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%).



Piper marginatum mostrou o melhor efeito ovicida + ninficida em todas as concentrações testadas, sendo que a concentração de 0,25% em ovos com 3 e 4 dias apresentou cerca de 50% de controle de *E. heros* (ovos e ninfas) (Figura 3). À medida que se aumenta a concentração, a eficácia também aumenta, variando de 75% até 100% de mortalidade nas concentrações de 0,5 e 4,0%, respectivamente (Figura 3). *Piper aff. divaricatum* apresentou a segunda melhor eficiência, variando entre 45% a 70%, considerando todas as concentrações testadas (Figura 3). A inviabilidade total de ovos e mortalidade das ninfas de primeiro instar, independentemente da idade dos ovos, foi mais alta em *P. marginatum*, com taxas de mortalidade entre 60 e 100%, na menor e maior concentração, respectivamente (Figura 3).

Os resultados apontam que as três espécies de *Piper* avaliadas possuem diferentes potenciais ovicida e letal juntos, com média de concentração letal para inviabilizar 50% de ovos e ninfas de primeiro instar (CL₅₀) de 3,84% para *P. hispidum*, 1,61% para *P. aff. divaricatum* e 0,06% para *P. marginatum*. Ou seja, é necessário utilizar os percentuais citados acima, de cada espécie de *Piper*, para levar à morte 50% dos indivíduos testados em um tempo pré-estabelecido (Tabela 2).

Tabela 2. Concentração Letal (%) dos óleos essenciais de três espécies de *Piper* para inviabilizar 50% (CL₅₀) dos ovos e causar a morte de ninfas de 1º instar de *Euschistus heros* com diferentes idades.

Espécies	Idades dos ovos*					
		1 dia	2 dias	3 dias	4 dias	5 dias
<i>Piper marginatum</i>	CL ₅₀	0,15	0,19	0,20	0,06	0,38
	IC ¹	(0,05 - 0,28)	(0,06 - 0,31)	(0,03 - 0,71)	(0,04 - 0,52)	(0,09 - 0,67)
<i>Piper aff. divaricatum</i>	CL ₅₀	1,47	1,18	1,18	1,56	2,00
	IC	(1,45 - 1,50)	(1,14 - 1,21)	(1,14 - 1,21)	(1,54 - 1,57)	(1,99 - 2,00)
<i>Piper hispidum</i>	CL ₅₀	3,26	3,59	4,65	3,89	5,16
	IC	(3,14 - 3,38)	(3,47 - 3,72)	(4,49 - 4,82)	(3,72 - 4,07)	(4,94 - 5,39)

¹IC: Intervalo de Confiança; *avaliação realizada até todas as ninfas de 1º instar eclodidas morrerem ou mudarem para o segundo instar.

A análise de variância revelou haver significância na interação entre a variável concentração (F2), para as três espécies de *Piper* (Tabela 3). Avaliando os tratamentos isoladamente, somente *P. aff. divaricatum* não apresentou significância para a variável Idade dos ovos/letalidade ninfal (F1) e a variável interação dos fatores

(F1 x F2), demonstrando que estes não interferem nos resultados e que o OE dessa espécie atua igualmente em ovos de diferentes idades e nas diferentes concentrações (Tabela 3). A variável concentração foi o fator que exerceu maior influência, sendo significativo para todas as espécies analisadas (Tabela 3).

Tabela 3. Análise de variância para efeito ovicida em ovos de percevejo *Euschistus heros* e mortalidade de ninfas de primeiro instar eclodidas após a pulverização de posturas com 1 a 5 dias de idade em diferentes concentrações de óleos essenciais de *Piper marginatum*, *P. aff. divaricatum* e *P. hispidum*.

Fonte de variação	G.L.	Valores de F		
		<i>Piper marginatum</i>	<i>Piper hispidum</i>	<i>Piper aff. divaricatum</i>
Idade dos ovos/letalidade (F1)	4	3,3397 *	2.5040 *	2.1240 ns
Concentrações (F2)	6	575,2885 **	65.3705 **	127.7955 **
Interação (F1 x F2)	24	1,7836 *	1.0567 ns	0.8273 ns
Tratamentos	34	103.1734 **	12.5765 **	23.3860 **
Resíduos	315	-	-	-
C.V. (%)		18.40	57.25	36.54

*significativo a 5%; **significativo a 1%; ns: não significativo.

A análise cromatográfica revelou Metilenodioxipropiofenona1 (31,09%) e Cariofileno (12,33%); Eugenol (38,33%), Acetato de eugenol (25,86%) e Metileugenol (21,23%); Biciclogermacreno (23,50%) e Germacreno D (22,77%) como os constituintes majoritários de *P. marginatum*, *P. aff. Divaricatum*, *P. hispidum*, respectivamente (Figuras 4, 5 e 6).

Figura 4: Constituintes químicos presentes no óleo essencial de *Piper marginatum* coletada em Tangará da Serra, MT. 2020.

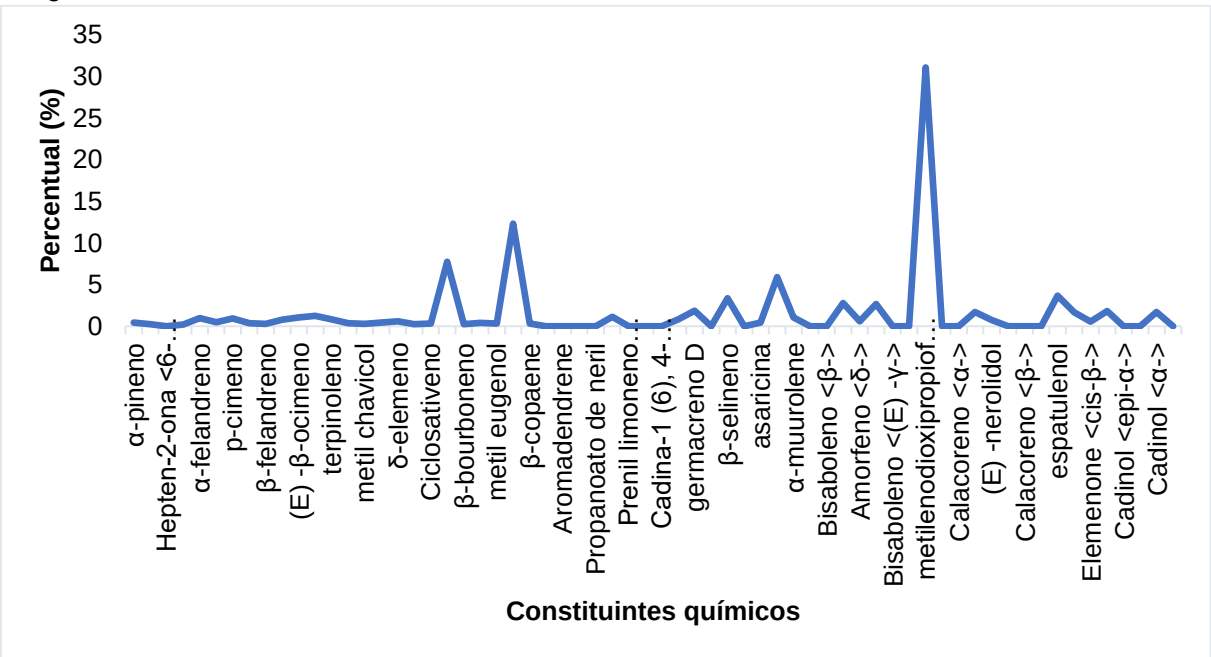


Figura 5: Constituintes químicos presentes no óleo essencial de *Piper aff. divaricatum* coletada em Tangará da Serra, MT. 2020

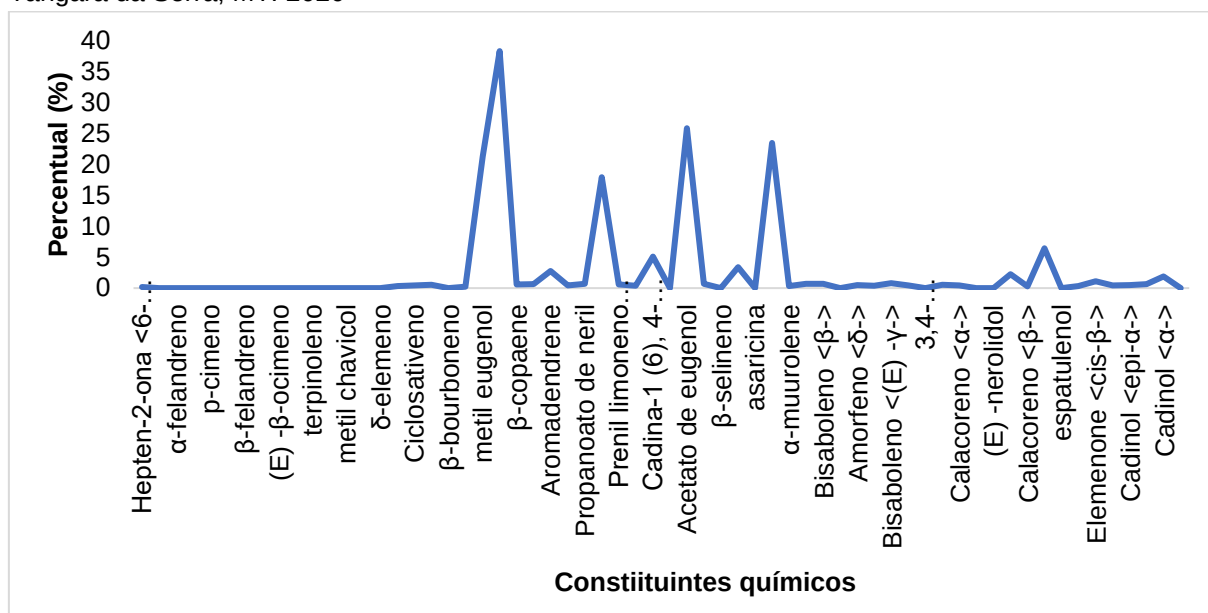
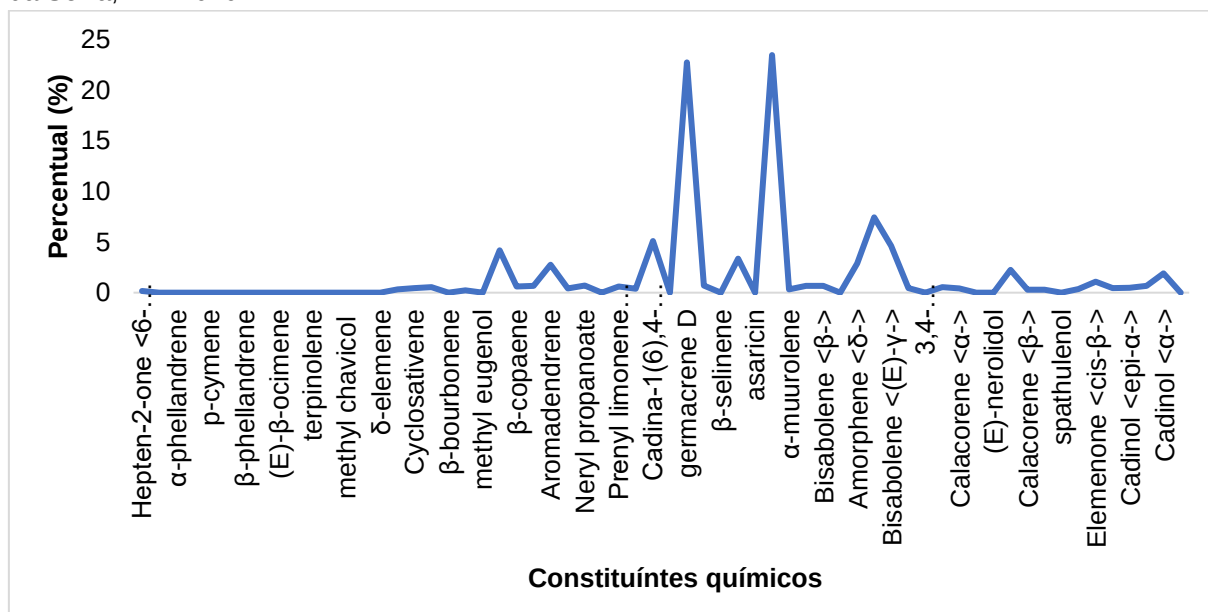


Figura 6: Constituintes químicos presentes no óleo essencial de *Piper hispidum* coletada em Tangará da Serra, MT. 2020.



4. DISCUSSÃO

No presente estudo, as toxicidades dos óleos essenciais de espécies selecionadas de *Piper* foram avaliadas sobre ovos de *E. heros*. Ao que se refere à atividade ovicida, o córion (membrana externa do ovo) possui aberturas em determinadas áreas, como aerópilas, hidrópilas e micrópilas, que permitem trocas

gasosas, hídricas, entre outras, sendo possível que alguns produtos consigam penetrar essa barreira inviabilizando o desenvolvimento embrionário da praga. Smith e Salkeld (1966), apontaram que possíveis diferenças em um ou mais dos seguintes fatores podem influenciar na atividade ovicida: (a) taxa de absorção; (b) capacidade de penetração do córion; (c) capacidade de conversão do inibidor ativo; (d) desintoxicação; (e) falha do tóxico em atingir o alvo; e F) sensibilidade do alvo à inibição.

A atividade ovicida observada para as três espécies de *Piper* provavelmente se deu pela capacidade de cada espécie e seus compostos correspondentes de penetrarem o córion, com destaque para a espécie *P. marginatum*, que inviabilizou cerca de 40% dos ovos a partir da menor concentração testada (0,25%) e passando dos 50% de ovos inviabilizados nas demais concentrações.

Diversos fatores podem influenciar os componentes presentes em óleos essenciais da família Piperaceae, além de variarem entre espécies e nos mecanismos de ação (ESTRELA *et al.*, 2006; BEZERRA; PARRA, 2005; EL-WAKEIL, 2013; SANTOS *et al.*, 2020). Dessa forma, a variação nos diferentes compostos majoritários em cada espécie de *Piper* avaliada, podem ser responsáveis pelos resultados obtidos na eficiência ovicida e ninfal, entre as espécies avaliadas, em que *P. marginatum* se mostrou altamente eficaz em comparação à *P. aff. divaricatum* e *P. hispidum*. Tais diferenças também podem ser atribuídas a possíveis alterações físico-químicas sobre os ovos de diversos insetos-praga, ocasionadas pela aplicação de fitoinseticidas (BEZERRA; PARRA, 2005).

Deve-se considerar que os efeitos dos óleos essenciais não estão necessariamente ligados apenas à mortalidade, mas também nos efeitos subletais na biologia e comportamento, com redução e inibição do desenvolvimento, alimentação e reprodução; além de promoverem repelência e deterrência (CRUZ *et al.*, 2014; HADDI *et al.*, 2015; RIBEIRO *et al.*, 2015; CRUZ *et al.*, 2016). Não obstante, as alterações fisiológicas entrelaçadas para alcançar a toxicidade, com ação deletéria na morfologia de células e tecidos, interferências no sistema imunológico, além da desregulação de parâmetros bioquímicos nutricionais essenciais aos insetos (ZAMARI *et al.*, 2011; ALVES *et al.*, 2014; CRUZ *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2016; CRUZ *et al.*, 2017), podem prejudicar sua permanência no ambiente. Outro aspecto é a administração desses óleos essenciais, que pode ser por fumigação, ingestão e

absorção pelo tegumento, podendo interferir na eficiência dos mesmos (REGNAULT-ROGER, 1997; CORRÊA; SALGADO, 2011; COLPO *et al.*, 2014; DUTRA *et al.*, 2016).

Os constituintes dos óleos essenciais pertencem a dois grandes grupos fitoquímicos: terpenos e fenilpropanoides (SIMÕES; SPITZA 2004; TAIZ; ZEIGER 2004; BERNARDS, 2010). A mistura complexa dos componentes nos óleos essenciais permite que atuem em diferentes alvos na célula e interfiram nas atividades metabólicas dos insetos (MENEZES, 2005). Os OEs são bons penetrantes, aumentando sua biodisponibilidade e a de produtos coadministrados, sendo relacionados à ruptura da bicamada lipídica das células (ISMAN, 2000; COPPING; MENN, 2000; ADORJAN; BUCHBAUER, 2010; REGNAULT-ROGER *et al.*, 2012).

O eugenol, presente em *P. aff. divaricatum*, atua também através do sistema octopaminérgico ativando receptores para octopamina, que é um neuromodulador, sendo possível confirmar a ação na motilidade e modos de ação que envolve o efeito sobre os ciclos bioquímicos dos artrópodes (REGNAULT-ROGER *et al.*, 1993; MILLS *et al.*, 2004; ENAN, 2005; MENEZES, 2005; BAKKALI *et al.*, 2008; LIMA *et al.*, 2009).

Ninfas de pentatomídeos recém eclodidas, de primeiro ínstar, habitualmente continuam sobre os ovos após eclodirem, chamado de comportamento gregário (BOWLING, 1980; LOCKWOOD; STORY, 1986). Tal comportamento no primeiro instar pode estar relacionado com a proteção contra a dessecação (LOCKWOOD e STORY, 1986). Logo, a mortalidade de ninfas de primeiro instar eclodidas de ovos de *E. heros* tratados com OEs, considerando todos os fatores (idade das ninfas, concentrações, diferentes espécies de *Piper* e a interação desses fatores), pode estar relacionada ao hábito gregário delas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os óleos essenciais de *P. marginatum*, *P. aff. divaricatum* e *P. hispidum* são promissores no controle de *E. heros*, demonstrando atividade ovicida e efeito letal para ninfas de primeiro instar eclodidas dos ovos tratados. Apesar de todas as espécies apresentarem potencial, *P. marginatum* possui o óleo essencial de maior eficiência, em laboratório, para o controle do percevejo marrom.

As observações dos efeitos tóxicos que os OEs podem ocasionar em doses letais, reafirmam a importância do estudo de cada espécie de planta individualmente, abrindo margem para investigação dos efeitos potenciais de óleos essenciais e seus

modos de ação nos insetos de modo mais aprofundado. Ressalta-se a necessidade da realização de testes em semi-campo e campo, pois em condições de laboratório os OEs não estão sujeitos à chuva ou radiação solar, que podem interferir na ação de controle. Ainda, pesquisadores e produtores são encorajados a reavaliar as estratégias e táticas de controle desses e outros insetos-praga que se baseiam estritamente no controle químico, e estimular a busca por produtos alternativos que não agredam o meio ambiente.

Agradecimentos

À CAPES Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela bolsa de mestrado concedida. À Professora Dr^a. Micheline Carvalho-Silva pela identificação das espécies de *Piper*. Aos proprietários da fazenda Aparecida da Serra por permitirem a coleta das folhas de *Piper* e indivíduos de percevejos marrom.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, R.P.; *et al.* Identificação de componentes de óleos essenciais por cromatografia gasosa / espectrometria de massa. Carol Stream, IL: **Allured publishing corporation**, 2007.

ADORJAN, B.; BUCHBAUER, G. Biological properties of essential oils: an updated review. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 25, n. 6, p. 407-426, 2010.

AGROFIT. Sistema de agrotóxicos fitossanitários 2019 (Base de dados de produtos agrotóxicos e fitossanitários): Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 21 jan 2021.

ALVES, T.J.S.; *et al.* Effects of *Piper hispidinervum* on spermatogenesis and histochemistry of ovarioles of *Spodoptera frugiperda*. **Biotechnic & Histochemistry**, 89(4): 245-255. 2014.

BAKKALI, F.; *et al.* Biological effects of essential oils—a review. **Food and chemical toxicology**, 46(2): 446-475. 2008.

- BARBOSA, Q.P.S.; *et al.* Chemical composition, circadian rhythm and antibacterial activity of essential oils of *Piper divaricatum*: a new source of safrole. **Quím. Nova**, 35: 1806-1808. 2012.
- BERNARDS, M.A. Plant natural products: a primer. **Canadian Journal of Zoology**, 88(7): 601-614. 2010.
- BESERRA, E.B.; PARRA, J.R.P. Seletividade de lambdacialotrina a *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Acta Scientiarum. Agronomy**, 27(2): 321-326. 2005.
- BIASI, L.A.; DESCHAMPS, C. **Plantas aromáticas: do cultivo à produção de óleo essencial**. Curitiba: Layer Studio Gráfico e Editora Ltda, 2009.
- BUTLER, M.S. Natural products to drugs: Natural product – derived compounds in clinical trials. **Natural Product Reports**, 25: 475-516. 2008.
- CARNEIRO, A.P.; PEREIRA, M.J.B.; GALBIATI, C. Biocide Activity of *Annona coriacea* extract on fourth and fifth instars nymphs and adults of the vector *Rhodnius neglectus* (Hemiptera, Reduviidae). **Revista de Biologia Tropical, San José**, 61(1): 419-427. 2013.
- CARNEIRO, A.P.; PEREIRA, M.J.B.; GALBIATI, C. Efeito biocida do extrato de *Annona coriacea* Mart 1841 sobre ovos e ninfas recém-eclodidas do vetor da doença de Chagas *Rhodnius neglectus* Lent 1954 (Hemiptera, Reduviidae). **Neotropical Biology And Conservation, São Leopoldo**, 6(2): 131-136. 2011.
- COLPO, J.F.; JAHNKE, S.M.; FÜLLER, T. Potencial inseticida de óleos de origem vegetal sobre *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae). **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, 16(2): 182-188. 2014.
- COPPING, L.G.; MENN, J.J. Biopesticides: A Review of Their Action, Applications and Efficacy. **Pest Management Science: Formerly Pesticide Science**, 56(8): 651-676. 2000.
- CORRÊA, J.C.R.; SALGADO, H.R.N. Atividade inseticida das plantas e aplicações: revisão. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, 13(4): 500-506. 2011.

CORRÊA-FERREIRA, B.S. Ocorrência natural do complexo de parasitoides de ovos de percevejos da soja no Paraná. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** 15: 189-199. 1986.

CRUZ, G.S.; *et al.* Bioactivity of *Piper hispidinervum* (Piperales: Piperaceae) and *Syzygium aromaticum* (Myrtales: Myrtaceae) oils, with or without formulated Bta on the biology and immunology of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of economic entomology**, 107(1): 144-153. 2014.

CRUZ, G.S.; *et al.* Histological and Histochemical Changes by Clove Essential Oil Upon the Gonads of *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Int J Morphol**, 33(4): 1393-1400. 2015

CRUZ, G.S.; *et al.* Sublethal effects of essential oils from *Eucalyptus staigeriana* (Myrtales: Myrtaceae), *Ocimum gratissimum* (Lamiales: Lamiaceae), and *Foeniculum vulgare* (Apiaceae) on the biology of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Economic Entomology**, 109(2): 660-666. 2016.

CRUZ, G.S.; *et al.* Effect of trans-anethole, limonene and your combination in nutritional components and their reflection on reproductive parameters and testicular apoptosis in *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Chemico-biological interactions**, 263: 74-80. 2017.

DEGRANDE, P.E.; *et al.* Controle químico do percevejo *Euchistus heros* (fabr., 1794) (Heteroptera: Pentatomidae) na cultura da soja em aplicação aérea. **Revista Brasileira de Agrociência**, 6(2): 144-148. 2000.

DOS SANTOS, V.L.P.; *et al.* Anatomical investigations of *Piper amalago* (jaborandi-manso) for the quality control. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, 25(2): 85-91. 2015.

DUTRA, A.K.; *et al.* Control of *Callosobruchus maculatus* (FABR.) (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) in *Vigna unguiculata* (L.) WALP. with essential oils from four *Citrus spp.* plants. **Journal of Stored Products Research**, 68: 25-32. 2016.

EL-WAKEIL, N.E. Botanical Pesticides and their Mode of Action. **Gesunde Pflanzen**, 65(4): 125-149. 2013.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil**. 2004. Disponível em: <https://www.embrapa.br/>. Acesso em: 27 ago 2020.

ENAN, E. Análise molecular e farmacológica de um receptor de octopamina de barata americana e mosca da fruta em resposta a óleos essenciais de plantas. **Arquivos de bioquímica e fisiologia de insetos: publicado em colaboração com a Entomological Society of America**, 59(3): 161-171. 2005.

ESTEVAM, E.B.B.; *et al.* Composição química e atividades biológicas dos óleos essenciais das folhas frescas de *Citrus limonia* Osbeck e *Citrus latifolia* Tanaka (Rutaceae). **Revista Virtual de Química**, 8: 1842-1854. 2017.

ESTRELA, J.L.V.; *et al.* Toxicidade de óleos essenciais de *Piper aduncum* e *Piper hispidinervum* em *Sitophilus zeamais*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 41(2): 217-222. 2006.

FAZOLIN, M.; *et al.* Propriedade inseticida dos óleos essenciais de *Piper hispidinervum* C. DC.; *Piper aduncum* L. e *Tanaecium nocturnum* (Barb. Rodr.) Bur. & K. Shum sobre *Tenebrio molitor* L. **Ciência e Agrotecnologia**, 31(1): 113-120. 2007.

FAZOLIN, M.; *et al.* Toxicidade do óleo de *Piper aduncum* L. a adultos de *Cerotoma tingomarianus* Bechyné (Coleoptera: Chrysomelidae). **Neotropical Entomology**, 34(3): 485-489. 2005.

FINNEY, D.J. Lógica estatística no monitoramento de reações a medicamentos. **Métodos de informação**, 10(4): 237-245. 1971.

GALLO, D.; *et al.* **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 920 p. 2002.

HADDI, K. *et al.* Repensando os inseticidas bioracionais para o manejo de pragas: efeitos indesejados e consequências. **Ciência de controle de pragas**, v. 76, n. 7, pág. 2286-2293, 2020.

HADDI, K.; *et al.* Sublethal exposure to clove and cinnamon essential oils induces hormetic-like responses and disturbs behavioral and respiratory responses in *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of economic entomology**, 108(6): 2815-2822. 2015.

HIGLEY, L.G.; PETERSON, R.K.; Economic decision rules for IPM. Integrated Pest Management: Concepts, Tactics, Strategies and Case Studies. eds RADCLIFFE, E.B.; HUTCHISON, W.D.; CANCELADO, R.E. **New York, NY: Cambridge University Press**, 25-32. 2009.

ISMAN, M.B. Plant essential oils for pest and disease management. **Crop protection**, 19(8-10): 603-608. 2000.

JARAMILLO, M.A.; *et al.* A Phylogeny of the Tropical Genus *Piper* Using ITS and the Chloroplast Intron psbJ–petA. **Systematic Botany**, 33: 647–660. 2008.

KHAN, A. A.; *et al.* Pharmacognostic specifications of eight cultivars of *Piper betle* from eastern region of India. **Pharmacognosy Journal**, v. 5, n. 4, p. 176-183, 2013.

KRINSKI, D.; FOERSTER, L.A.; DESCHAMPS, C. Ovicidal effect of the essential oils from 18 Brazilian *Piper* species: control of *Anticarsia gemmatilis* (Lepidoptera, Erebidæ) at the initial stage of development. **Acta Scientiarum. Agronomy**, 40: e35273. 2018.

KRINSKI, D; MASSAROLI, A; MACHADO, M. Insecticidal potential of the *Annonaceae* family plants. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 36(spe1): 225-242. 2014.

LAURENT, D.; *et al.* Insecticidal activity of essential oils on *Triatoma infestans*. Phytother. **Pesquisa em fitoterapia: Um Jornal Internacional Devotado à Pesquisa Médica e Científica em Plantas e Produtos Vegetais**. 11(4): 285-290. 1997.

LIMA, R.K.; *et al.* Atividade inseticida do óleo essencial de pimenta longa (*Piper hispidinervum* C. DC.) sobre lagarta-do-cartucho do milho *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidæ). **Acta amazônica**, 39(2): 377-382. 2009.

LINS, L.C.P.; *et al.* Atividade inseticida de óleo essencial de *Piper marginatum* Jacq. (Piperaceae) sobre ovos do percevejo-marrom *Euschistus heros* (Heteroptera: Pentatomidae). In: **Embrapa Soja-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 13., 2013, Bonito, MS. Anais... Brasília, DF: Embrapa, 2013. SICONBIOL., 2013.

LOCKWOOD, J.A.; STORY, R.N. Adaptative functions of nymphal aggregation in the southern green stink bug, *Nezara viridula* (L.) (Hemiptera: Pentatomidae). **Environmental Entomology**, 15: 739-749. 1986.

- MCPHERSON, J.E.; PASKEWITZ, S.M. Life history and laboratory rearing of *Euschistus ictericus* (Hemiptera: Pentatomidae), with descriptions of immature stages. **Journal of the New York Entomological Society**, 92: 53-60. 1984.
- MENEZES, E.L.A. Inseticidas botânicos: seus princípios ativos, modo de ação e uso agrícola. Seropédica, Rio de Janeiro: **Embrapa Agrobiologia**, 2005. 58p.
- MILLS, C.; *et al.* Inhibition of acetylcholinesterase by Tea Tree oil. **Journal of Pharmacy and Pharmacology**, 56(3): 375-379. 2004.
- NASCIMENTO, J.; *et al.* Dados de ocorrência, atividades biológicas e ¹³C NMR de amidas de *Piper* (Piperaceae). **Química Nova**, 35(11): 2288-2311. 2012.
- PANIZZI, A.R.; VILLAS BOAS, G.L. Uso de cultivar armadilha no controle de percevejos em soja. **Trigo e soja**, 47. 1980.
- PANIZZI, A.R. História e perspectivas contemporâneas do manejo integrado de pragas da soja no Brasil. **Entomologia neotropical**, 42(20): 119-127. 2013.
- PARMAR, V.S.; *et al.* Fitoquímica do gênero *Piper*. **Phytochemistry**, 46(4): 597-673. 1997.
- PERES, W.A.; CORREA-FERREIRA, B.S. Nymphal and adult performance of *Euschistus heros* (Fabr.) (Hemiptera: Pentatomidae), as a potential alternative host for egg parasitoids multiplication. **Neotropical Entomology**, 30(4): 535-540. 2001.
- PPERSON, J.E.; Invasive stink bugs and related species (Pentatomoidea): biology, higher systematics, semiochemistry, and management. CRC Press, 840p. 2018.
- PINTO, A.C.; *et al.* Produtos naturais: atualidade, desafios e perspectivas. **Química nova**, 25: 45-61. 2002.
- PITTA, R.M.; *et al.* Suscetibilidade de *Euschistus heros* (Fabr. 1794) (Heteroptera: Pentatomidae) a inseticidas em Mato Grosso. **Scientific Electronic Archives**, 11(3): 1-5. 2019.
- QUEIROZ, S. Tratado de toxicologia ocupacional. 2. ed. Rio de Janeiro: **Biblioteca 24 Horas**, 554 p. 2015.
- REGNAULT-ROGER, C.A.; *et al.* Insecticidal effect of essential oils from mediterranean plants upon *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera, Bruchidae), a pest of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of chemical Ecology**, 19(6):

1233-1244. 1993.

REGNAULT-ROGER, C.; VINCENT, C.; ARNASON, J.T. Óleos essenciais no controle de insetos: produtos de baixo risco em um mundo de alto risco. **Revisão anual de entomologia**, 57: 405-424. 2012.

RIBEIRO, C.R.; *et al.* Feeding and oviposition of *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae) with sublethal concentrations of ten condiments essential oils. **Industrial Crops and Products**, 74: 139-143. 2015.

RODRIGUEZ, E.; *et al.* **Biology and chemistry of plant trichomes**. Plenum Press, 1984.

SANTOS, S.G.K.; *et al.* Avaliação sazonal e circadiana do óleo essencial das folhas de *Piper divaricatum* G. Mey. (Piperaceae). **Brazilian Journal of Development**, 6(6): 41356-41369. 2020.

SARAN, P.E. **Manual de identificação de percevejos da soja**. Campinas: FMC, 2018.

SCOTT, I. M.; *et al.* A review of *Piper* spp. (Piperaceae) phytochemistry, insecticidal activity and mode of action. **Phytochem. Rev.**, 7: 65-75. 2008.

SILVA, C.T.S.; *et al.* Biochemical parameters of *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) treated with citronella oil (*Cymbopogon winterianus* Jowitt ex Bor) and its influence on reproduction. **Acta histochemica**, 118(4): 347-352. 2016.

SILVA, F.A.S.; AZEVEDO, C.A.V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **Afr. J. Agric. Res**, 11(39): 3733-3740. 2016.

SIMÕES, C.M.O.; SPITZER, V. **Óleos Voláteis**. In: SIMÕES, C.M.O; SCHENKEL, E.P.; GOSMANN, G.; MELLO, J.C.P.; MENTZ, L.A.; PETROVICK, P.R.. (Org.). Farmacognosia: da planta ao medicamento. 5 ed. Florianópolis/Porto Alegre: Editora da UFSC/Editora da UFRGS, 2003, p. 467-497.

SMAGGHE, G.; ZOTTI, M.; RETNAKARAN, A. Aiming at female reproduction in insects with biorational insecticides for pest management: a critical review with suggestions for future research. **Current opinion in insect science**, 31: 65-69. 2019.

- SONG, F.; SWINTON, S.M. Returns to integrated pest management research and outreach for soybean aphid. **Journal of economic entomology**, 102(6): 2116-2125. 2009.
- TABASHNIK, B.E.; ROUSH, R.T. Pesticide resistance in arthropods. **New York: Chapman and Hall**, p.1-3. 1990.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. Trad. Eliane Romanato Santarém. 2004.
- TODD, J.W.; HERZOG, D.C. Sampling phytophagous Pentatomidae on soybean. In: Sampling Methods in Soybean Entomology. **Springer, New York**. p. 438-478. 1980
- TONDIM, K.S.; *et al.* Efeito ovicida do óleo essencial de *Piper* aff. *divaricatum* (Piperaceae) sobre ovos do percevejo *Euschistus heros*. **Anais do seminário de biocontrole 2020**. IPA/UFRPE. Ed: 01, 2020.
- TURCHEN, L.M.; *et al.* Lethal and sublethal effects of insecticides on the egg parasitoid *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Platygasteridae). **Journal of Economic Entomology**, 109: 84-92. 2015.
- TUREK, C.; STINTZING, F.C. Stability of essential oils: a review. **Comprehensive reviews in food science and food safety**, 12(1): 40-53. 2013.
- VAN DEN DOOL, H.; KRATZ, P.D. Una generalización del sistema de índice de retención incluyendo cromatografía de partición programada gaslíquido de temperatura lineal. **Journal of Chromatography A**, 11: 463-471. 1963.
- VILLAS-BÔAS, G.L.; PANIZZU, A.R. Biologia de *Euschistus heros* (Fabricius 1789) em soja (*Glycine max* L. Merrill). **An. Soc. Entomol. Brasil**, 9(1): 105-113. 1980.

**CAPÍTULO 2. EFEITO FITOINSETICIDA DE TRÊS ESPÉCIES DE *Piper*
(PIPERACEAE) SOBRE *Telenomus podisi* Ashmead (Hymenoptera:
Platygastridae) EMERGIDOS DE OVOS PARASITADOS DO PERCEVEJO DA
SOJA *Euschistus heros* Fab. (Hemiptera: Pentatomidae)**

Resumo

Com o avanço da soja no Brasil, ocorreu aumento de insetos pragas, com destaque para o percevejo marrom *Euschistus heros*, que pode atingir elevada densidade populacional. Inseticidas químicos têm sido usados para combater essa praga, no entanto, podem selecionar populações mais resistentes e que demandam maior quantidade de agrotóxicos, gerando poluição ambiental. O controle biológico utilizando parasitoides de ovos e o uso de fitoinseticidas apresentam-se como alternativas ao uso indiscriminado de químicos e não traz prejuízo ambiental. Portanto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito fitoinseticida de óleos essenciais de três espécies de plantas da família Piperaceae sobre imaturos de *T. podisi*. Foram realizados bioensaios pré e pós-parasitismo, com sete tratamentos e 10 repetições cada, conduzidos em delineamento inteiramente casualizado. Os tratamentos foram cinco diferentes concentrações dos óleos essenciais de espécies de *Piper* (0,25% - T1, 0,5% - T2, 1,0% - T3, 2,0% - T4 e 4,0% - T5) e dois controles (água destilada – T6 e acetona – T7). Pode-se verificar que o experimento pré-parasitismo resultou em menor emergência de parasitoides em relação aos controles, bem como influenciou na razão sexual; enquanto no experimento pós-parasitismo, com exceção dos tratamentos T4 e T5, em que também não houve emergência de *T. podisi*, para as três espécies de *Piper* pesquisadas, observou-se, uma diminuição na emergência de *T. podisi*, entretanto não afetando a razão sexual. Destaca-se que os efeitos dos fitoinseticidas sobre inimigos naturais podem variar conforme o organismo, a cultura, forma de aplicação, dosagem, fatores abióticos, entre outros. Estudos em semi-campo e campo são encorajados, a fim de ajustar dosagens e conhecer o potencial de controle de *E. heros* e o parasitismo de ovos por *T. podisi*.

Palavras-chave: Controle biológico, percevejo-marrom, parasitoide, seletividade

Abstract:

With the advance of soybean in Brazil, there was an increase in pest insects, especially the brown stink bug *Euschistus heros*, which can reach high population density. Chemical insecticides have been used to combat this pest, however, they can select more resistant populations that demand greater amounts of pesticides, generating environmental pollution. Biological control using egg parasitoids and the use of phytoinsecticides are alternatives to the indiscriminate use of chemicals and do not bring environmental damage. Therefore, the objective of the present work was to evaluate the phytoinsecticidal effect of essential oils from three species of plants of the Piperaceae family on immature *T. podisi*. Pre and post-parasitism bioassays were performed, with seven treatments and 10 repetitions each, conducted in a completely randomized design. The treatments were five different concentrations of essential oils from *Piper* species (0.25% - T1, 0.5% - T2, 1.0% - T3, 2.0% - T4 and 4.0% - T5) and

two controls (distilled water – T6 and acetone – T7). It can be verified that the pre-parasitism experiment resulted in a lower emergence of parasitoids in relation to controls, as well as influencing the sex ratio; while in the post-parasitism experiment, with the exception of treatments T4 and T5, in which there was also no emergence of *T. podisi*, for the three Piper species researched, a decrease in the emergence of *T. podisi* was observed, however not affecting the sex reason. It is noteworthy that the effects of phytoinsecticides on natural enemies may vary according to the organism, culture, form of application, dosage, abiotic factors, among others. Field and semi-field studies are encouraged in order to adjust dosages and to know the potential for controlling *E. heros* and egg parasitism by *T. podisi*.

Keywords: Biological control, brown bug, parasitoid, selectivity.

1. INTRODUÇÃO

O avanço da soja *Glycine max* L. Merrill no Brasil, gerou também aumento na incidência de insetos pragas, com destaque ao percevejo marrom *Euschistus heros* Fabrícus (Hemiptera: Pentatomidae). Esta espécie pode atingir elevada densidade populacional e, por se alimentar diretamente dos grãos da soja, deteriora as sementes decrescendo o rendimento final (CORRÊA-FERREIRA; AZEVEDO, 2002; SILVA *et al.*, 2012). Visando controlar esse percevejo utiliza-se inseticidas, principalmente neurotóxicos, como piretroides, organofosforados, carbamatos e neonicotinoides (AGROFIT, 2019). O uso desses produtos pode, no entanto, selecionar populações mais resistentes e que demandariam maior quantidade de insumos e agrotóxicos para a produção, gerando poluição ambiental (ALVES *et al.*, 2014).

Corrêa-Ferreira e Moscardi (1996) sugerem a utilização de inimigos naturais como alternativa ao uso de inseticidas convencionais para o controle de percevejos fitófagos. Diversos autores constataram a potencialidade de parasitoides no enfrentamento ao *E. heros*, diminuindo a utilização de produtos químicos (HIROSE, 1986; PACHECO; CORRÊA-FERREIRA, 1998; FOERSTER; AVANCI, 1999). O parasitoide de ovos *Telenomus podisi* (Ashmead) (Hymenoptera: Platygasteridae), pode ser, nesse sentido, ótimo aliado, uma vez que impede o desenvolvimento embrionário do percevejo, causando a morte (CORRÊA-FERREIRA; MOSCARDI, 1996).

Na região Centro-Oeste do Brasil, sobressaem-se os gêneros *Trissolcus* e *Telenomus* (Hymenoptera: Platygasteridae) (GODOY *et al.*, 2005; LAUMANN *et al.*, 2010; GOLIN *et al.*, 2011). Logo, combinar o controle químico e controle biológico de

pragas pode diminuir a necessidade de aplicações de agrotóxicos, trazendo menor impacto ao ambiente e menor prejuízo ao produtor, uma vez que o uso de *T. podisi* mostrou resultados satisfatórios no manejo de *E. heros* (CZEPAK *et al.*, 2005; GODOY *et al.*, 2013; GOLIN, 2014).

A preservação natural dos agentes de controle biológico de insetos pragas é prejudicada pelo desacordo dos produtos químicos a serem utilizados, tornando-se de fundamental importância que estes inseticidas sejam apropriados no enfrentamento a praga, e ainda apresentem menor toxicidade e efeito residual aos inimigos naturais, colaborando com produções mais sustentável (STECCA, 2015). Paralelamente a isso, o uso de óleos essenciais e extratos de plantas para o controle de pragas, vem se consolidando como alternativas viáveis ao uso indiscriminado de agrotóxicos (KRINSKI *et al.*, 2014; MASSAROLLI *et al.*, 2016; MASSAROLLI *et al.*, 2017).

Associar o controle biológico com inseticidas alternativos, pode ser um subterfugio proveitoso na redução das populações de insetos praga, uma vez que é menos ofensivos ao ecossistema (CAVALCANTE *et al.*, 2006). Todavia, é importante inteirar-se dos impactos sobre os insetos não-alvos. Estudos sobre seletividade tem sido focado em apenas algumas espécies, como *Telenomus remus* Nixon, 1937 (Hymenoptera: Scelionidae) (CARMO *et al.*, 2010; STECCA, 2016), *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) (MANZONI *et al.*, 2007) e *Trissolcus basal* (Wollaston) (Hymenoptera: Scelionidae) (ZANTEDESCHI, 2018), porém são necessários mais estudos com *Telenomus podisi*, uma vez que constitui a principal espécie-praga no maior produtor de grãos do Brasil, o estado de Mato Grosso (GOLIN, 2014) e apresenta elevado potencial de parasitismo e, portanto, deve ser considerado no Manejo Integrado de Pragas - MIP da soja (SILVA e BUENO, 2014; STECCA, 2016; PANIZI *et al.*, 2016).

A ação de inseticidas sintéticos e extratos botânicos em *T. podisi* foi investigada, observando os efeitos letais e subletais, por Koppel *et al.* (2011), Smaniotto *et al.* (2013), Silva e Bueno (2014) e Golin (2014); Turchen *et al.* (2015). Bueno *et al.* (2008) concluíram que os parasitoides na sua fase imatura, demonstram maior resistência quando comparados aos adultos. Frente a isso, o objetivo da presente pesquisa foi investigar o efeito letal dos óleos essenciais extraídos das folhas de três espécies de plantas da família Piperaceae, *Piper marginatum* Jacq., *P. divaricatum* G. Mey e *P. hispidum* Sw, sobre o parasitismo de *T. podisi*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A coleta de dados de campo foi realizada entre agosto de 2019 e julho de 2020, no município de Tangará da Serra, Mato Grosso, Brasil. Para extração dos óleos essenciais (OEs) foram coletadas amostras (folhas) de três espécies de *Piper* (Piperaceae), sendo: *Piper* aff. *divariticum*, *Piper hispidum* (14°38'08.8" S; 57°29'53.5" W) e *Piper marginatum* (14°39'05.6" S; 57°26'10.8" W). Os parasitoides *T. podisi* e *E. heros* foram coletados em fazendas com plantio de soja no mesmo município. A obtenção dos óleos essenciais e criação de parasitoides e demais atividades laboratoriais foram realizadas no Centro de Pesquisas, Estudos e Desenvolvimento Agroambientais (CPEDA), da Universidade do Estado do Mato Grosso (UNEMAT), Campus Universitário Professor Eugênio Carlos Stieller, Tangará da Serra/MT, e no Laboratório de Produtos Naturais e Ecologia Química (LAPNEQ) da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

2.1 Obtenção dos óleos essenciais de Piperaceae

Os OEs foram obtidos a partir de folhas das três espécies de *Piper*, as quais foram secas em estufa de fluxo de ar forçado a 40°C, durante 72 horas e posteriormente moídas até atingirem baixa granulometria (resultando em pó). A obtenção dos OEs foi pela técnica de hidrodestilação utilizando o aparelho de Clevenger, durante quatro horas. Após o arraste e extração, os OEs estavam prontos para realização dos bioensaios ovicidas em laboratório (BIASI; DESCHAMPS, 2009; TUREK; STINTZING, 2013).

2.2 Criação dos Parasitoides

A criação do parasitoide de ovos *T. podisi* e do percevejo marrom *E. heros* foi feita de acordo com a metodologia adaptada de Peres e Corrêa-Ferreira (2004), em tubos de ensaio de 15mL vedados com plástico filme. Estes foram alimentados com uma fina camada de mel, disposta na parede interna do tubo com o auxílio de um pincel de cerdas finas. Para multiplicação das vespas, ovos de *E. heros*, de uma criação previamente estabelecida, com até 24 horas de idade, eram ofertados

periodicamente. Estes, após parasitados, foram mantidos em câmara climatizada do tipo BOD à temperatura de $26^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, fotofase de 12 horas e umidade relativa de $70\% \pm 10\%$. Os ovos parasitados permaneciam em tubos de ensaio, com umidade diária (três gotas de água em um algodão) até a emergência dos parasitoides.

2.3. Bioensaio de seletividade – pré e pós-parasitismo

Para realização dos testes pré-parasitismo e após parasitados foi utilizada metodologia adaptada de Potrich *et al.* (2009), na qual 10 cartelas contendo 10 ovos de *E. heros*, com 24, 48, 72, 96 e 120 horas foram esterilizados em câmara UV durante 1 hora, de acordo com as idades mencionadas acima. Posteriormente pulverizadas com os óleos essenciais usando um mini compressor, imitando a pulverização feita em campo.

Em cada cartela foi colocada em um tubo de vidro de fundo chato (10 x 1 cm), dentro deste tubo foi liberada uma fêmea de *T. podisi* com no máximo 24 horas de emergência, já copulada, sendo o tubo vedado com filme de PVC. A fêmea permaneceu no tubo por 24 h sem receber alimento. Posteriormente, as fêmeas foram retornaram para a câmara climatizada nas mesmas condições, sendo os ovos observados diariamente até a emergência dos parasitoides e acondicionados em câmara climatizada ($26 \pm 2^{\circ}\text{C}$, 12 horas de fotofase e U.R. de $75 \pm 10\%$).

2.3 Bioensaio Pré-parasitismo

Foram avaliadas cinco concentrações (0,25%, 0,5%, 1,0%, 2,0% e 4,0%), para cada uma das três espécies de *Piper*, e dois controles (água e solubilizante acetona), sendo 85 tratamentos (como segue: 3 espécies de *Piper* x 5 concentrações x 5 idades de ovos = 75 + 2 tratamentos controle (água e acetona) x 5 idades de ovos = 10). Para cada tratamento foram realizadas 10 repetições.

2.4 Bioensaio Pós-parasitismo

As pulverizações ocorreram em ovos já parasitados com um a 10 dias de desenvolvimento das vespas. Foram utilizadas cinco concentrações (0,25%, 0,5%, 1,0%, 2,0% e 4,0%) para cada uma das três espécies de *Piper* e dois controles (água

e solubilizante acetona), sendo 170 tratamentos como segue: 3 espécies de *Piper* X 5 concentrações X 10 períodos de desenvolvimento das vespas = 150 e 2 controles (água e acetona) X 10 períodos de desenvolvimento das vespas = 20. Para cada tratamento foram realizadas 10 repetições.

Os ensaios foram avaliados diariamente, durante 15 dias consecutivos, a fim de determinar se a concentração do óleo essencial interferiu na emergência dos parasitoides.

2.5 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk e analisados por meio de análise de variância (ANOVA) e aqueles que apresentaram significância foram comparadas pelo teste Tukey a 1% por meio do programa estatístico Assistat versão 7.7beta (SILVA; AZEVEDO, 2016). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com análise em esquema fatorial (7 x 5) no pré-parasitismo, e (7 x 10) para pós-parasitismo, testando os dois controles (água e acetona), as diferentes concentrações dos óleos essenciais de *P. hispidum*, *P. marginatum* e *P. aff. divaricatum* (0,25%; 0,5%; 1%, 2% e 4%) e as idades dos ovos do pré-parasitismo (1 a 5 dias) e pós-parasitismo (1 a 10 dias).

3. RESULTADOS

3.1 Pré-parasitismo

Para as três espécies de *Piper* observou-se emergência de parasitoides apenas em ovos com 24 e 48 horas, pulverizados nas concentrações de 0,25%; 0,5% e 1%. Nas concentrações mais altas (2% e 4%), as fêmeas de *T. podisi* morreram, não realizando o parasitismo. Os ovos com 72h, 96h e 120h, para todas as espécies de *Piper* testadas, não apresentaram emergência de parasitoides, nem de ninfas de *E. heros*, uma vez que as massas de ovos foram esterilizadas com UV antes da realização do experimento (Tabela 1). No Bioensaio pré-parasitismo, o controle acetona não diferiu do controle água, indicando que o solubilizante acetona não interfere no parasitismo, nem na emergência do parasitoide, sendo que em ovos de 24 e 48 horas a emergência de parasitoides foi de 100%.

A emergência em ovos com 24 e 48 h. não diferiu dos controles em ovos tratados com *P. divaricatum* e *P. hispidum* na menor concentração (0,25%), enquanto para *P. marginatum* houve diferença significativa, com pouco mais de 70% de emergência (Tabela 1). A emergência em ovos de 24 e 48 h., tratados nas concentrações de 0,5 e 1,0% de OE das três espécies avaliadas, foi significativamente diferente dos controles, variando de 67 a 73%, na concentração de 0,5%, e de 45 a 65% a 1,0% de concentração (Tabela 1).

Menores concentrações (0,25 e 0,5%) permitiram a emergência de cerca de 90 e 80% dos ovos, respectivamente, e em torno de 65% dos ovos a 1% para *P. divaricatum* e *P. hispidum* (Tabela 1). De modo geral, *P. marginatum* apresentou maior taxa de inibição à emergência de *T. podisi* comparado a *P. divaricatum* e *P. hispidum*, que permitiram a emergência próxima a 70% nas duas menores concentrações e de pouco mais de 40% na concentração de 1% (Tabela 1).

Tabela 1. Número médio ($\pm$ erro padrão) de parasitoides *Telenomus podisi* emergidos após a pulverização em posturas com 24 e 48 horas, em diferentes concentrações de óleos essenciais de *Piper marginatum*, *P. aff. Divaricatum* e *P. hispidum*.

<i>P. marginatum</i>	24 horas Número de Parastóides emergidos	48 horas Número de Parastóides emergidos	F	P-valor	C.V. (%)
Água	10,00 $\pm$ 0,00 Aa	10,00 $\pm$ 0,00 Aa	0.7500 ns	0.5632	5.01
Acetona	10,00 $\pm$ 0,00 Aa	10,00 $\pm$ 0,00 Aa	0.7500 ns	0.5632	5.92
0.25 %	07,30 $\pm$ 0,50 Bb	07,10 $\pm$ 0,48 Bb	0.3879 ns	0.8162	17.91
0.5 %	06,70 $\pm$ 0,52 Bb	07,60 $\pm$ 0,53 Bb	2.3154 ns	0.0718	20.87
1.0 %	04,50 $\pm$ 0,31 Cb	04,10 $\pm$ 0,86 Cc	0.8717 ns	0.4883	52.34
2.0 %	00,00 $\pm$ 00,00 Dd	00,00 $\pm$ 00,00 Dd	-	-	-
4.0 %	00,00 $\pm$ 00,00 Dd	00,00 $\pm$ 0,00 Dd	-	-	-
F	48.6788 **	33.5168 **	-	-	-
P-valor	<.0001	<.0001	-	-	-
C.V. (%)	14.66	19.88	-	-	-
<i>P. aff. Divaricatum</i>					
Água	10,00 $\pm$ 0,00 Aa	10,00 $\pm$ 0,00 Aa	0.7500 ns	0.5632	4.31
Acetona	10,00 $\pm$ 0,00 Aa	10,00 $\pm$ 0,00 Aa	0.7500 ns	0.5632	4.61
0.25 %	09,30 $\pm$ 0,13 Aa	09,00 $\pm$ 0,00 Aa	2.1136 ns	0.5947	6.71
0.5 %	08,30 $\pm$ 0,30 Bb	08,10 $\pm$ 0,06 Bb	1.5344 ns	0,4841	20.78
1.0 %	06,47 $\pm$ 0,41 Bb	06,31 $\pm$ 0,41 Cc	1.1799 ns	0.3325	17.42

2.0 %	00,00 ± 00,00 Cc	00,00 ± 00,00 Dd	-	-	-
4.0 %	00,00 ± 00,00 Cc	00,00 ± 0,00 Dd	-	-	-
F	87.7600 **	150.6745 **	-	-	-
P-valor	<.0001	<.0001	-	-	-
C.V. (%)	12.99	10.73	-	-	-
<i>P. hispidum</i>					
Água			0.7500 ns	0.5632	3,89
Acetona	10,00 ± 0,00 Aa	10,00 ± 0,00 Aa	0.7500 ns	0.5632	3,25
0.25 %	10,00 ± 0,00 Aa	10,00 ± 0,00 Aa	2.6022 ns	0.0484	6,47
0.5 %	09,10 ± 0,21 Aa	09,20 ± 0,25 Aa	1.0547 ns	0.3899	11.55
1.0 %	07,70 ± 0,26 Bb	08,30 ± 0,33 Bb	5.3182 ns	0,2843	13,42
2.0 %	06,50 ± 0,34 Cc	06,20 ± 0,51 Cc	-	-	-
4.0 %	00,00 ± 00,00 Dd	00,00 ± 00,00 Dd	-	-	-
F	122.1324 **	117.3111 **	-	-	-
P-valor	<.0001	<.0001	-	-	-
C.V. (%)	11.09	11.39	-	-	-

¹ avaliação realizada 240 h (10 dias) após a pulverização das posturas com óleos essenciais;

² médias seguidas das mesmas letras maiúsculas nas colunas não diferem pelo teste de Tukey;

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p <0,01); ns = não significativo.

3.2 Pós-parasitismo

Neste ensaio, os OEs das piperaceas avaliadas foram aplicados depois que os ovos de *E. heros* já haviam sido ofertados aos parasitoides *T. podisi*, sendo possível observar redução na emergência dos parasitoides em relação aos controles, de forma gradativa. Nas concentrações entre 0,25% e 1%, para *P. Marginatum*, o percentual de emergência variou entre 80% e 50%, para *P. aff. divaricatum*, entre 90% e 63% e, para *P. hispidum* entre 82% e 50% (Tabela 4).

A concentração de 1% do OE afetou a emergência dos parasitoides nas três espécies de *Piper* estudadas, sendo a emergência significativamente menor em comparação aos controles e às concentrações de 0,25 e 0,5% (Tabela 4). No tratamento com *P. aff. Divaricatum* não houve diferenças na taxa de emergência entre controles e as duas menores concentrações, enquanto com *P. marginatum*, apenas a 0,25% a emergência foi igual aos controles (Tabela 2). Já para *P. hispidum*, as três concentrações de OE, que permitiram a emergência de parasitoides, interferiram negativamente do desenvolvimento das vespas (Tabela 2).

Não foram observadas diferenças significativas entre os controles acetona e água e as concentrações de 2 e 4% de OEs que, inviabilizaram a emergência das vespas em todos os períodos de desenvolvimento avaliados (Tabela 2). Ao

considerar o tempo de desenvolvimento dos imaturos, nenhuma das espécies de *Piper* interferiu na taxa de emergência, indicando que não houve nenhuma fase da vespa mais ou menos suscetível aos OEs (Tabela 4).

Tabela 2: Número médio ($\pm$ erro padrão) de *Telenomus podisi* emergidos de ovos de *Euschistus heros* em posturas entre 1 e 10 dias de idade, em diferentes concentrações de óleos essenciais de três espécies de *Piper*.

Tempo	Tratamentos com <i>Piper marginatum</i>						P	C.V. (%)
	Água ²	Acetona	0.25%	0.5%	1.0%	F		
1 dia ²	10,0 $\pm$ 0,00 Aa	10,0 $\pm$ 0,00 Aa	8,2 $\pm$ 0,29 Aa	7,7 $\pm$ 0,93 Bb	5,5 $\pm$ 0,65 Cc	93.247 0 **	<.0001	26.30
2 dias	10,0 $\pm$ 0,00 Aa	10,0 $\pm$ 0,00 Aa	8,2 $\pm$ 0,55 Aa	7,8 $\pm$ 0,65 Bb	4,7 $\pm$ 0,56 Cc	111.89 80 **	<.0001	23.24
3 dias	10,0 $\pm$ 0,00 Aa	10,0 $\pm$ 0,00 Aa	8,4 $\pm$ 0,48 Aa	7,2 $\pm$ 0,65 Bb	5,2 $\pm$ 0,76 Cc	97.955 6 **	<.0001	26.52
4 dias	10,0 $\pm$ 0,00 Aa	10,0 $\pm$ 0,00 Aa	8,4 $\pm$ 0,69 Aa	7,4 $\pm$ 0,73 Bb	5,5 $\pm$ 0,58 Cc	88.098 5 **	<.0001	24.75
5 dias	10,0 $\pm$ 0,00 Aa	10,0 $\pm$ 0,00 Aa	8,8 $\pm$ 0,66 Aa	7,6 $\pm$ 0,48 Bb	4,8 $\pm$ 0,42 Cc	108.43 66 **	<.0001	27.67
6 dias	10,0 $\pm$ 0,00 Aa	10,0 $\pm$ 0,00 Aa	8,7 $\pm$ 0,33 Aa	7,1 $\pm$ 0,41 Bb	5,1 $\pm$ 0,10 Cc	537.19 69 **	<.0001	14.53
7 dias	10,0 $\pm$ 0,00 Aa	10,0 $\pm$ 0,00 Aa	8,4 $\pm$ 0,31 Aa	7,2 $\pm$ 0,57 Bb	5,2 $\pm$ 0,33 Cc	247.77 69 **	<.0001	18.60
8 dias	10,0 $\pm$ 0,00 Aa	10,0 $\pm$ 0,00 Aa	8,5 $\pm$ 0,50 Aa	7,1 $\pm$ 0,50 Bb	4,8 $\pm$ 0,36 Cc	218.45 22 **	<.0001	20.71
9 dias	10,0 $\pm$ 0,00 Aa	10,0 $\pm$ 0,00 Aa	8,2 $\pm$ 0,53 Aa	7,8 $\pm$ 0,74 Bb	4,9 $\pm$ 1,16 Cc	55.962 8 **	<.0001	38.71
10 dias	10,0 $\pm$ 0,00 Aa	10,0 $\pm$ 0,00 Aa	8,6 $\pm$ 0,81 Aa	7,8 $\pm$ 0,76 Bb	5,0 $\pm$ 0,47 Cc	90.489 2 **	<.0001	31.04
F	1.0000 ns	1.0000 ns	4.3351 **	3.6092 **	6.9297 **	-	-	-
P-valor	1.000	1.000	<.0001	0.0007	<.0001	-	-	-
C.V. (%)	0.0	0.0	23.27	33.68	37.88	-	-	-
Tempo	Tratamentos com <i>Piper aff. Divaricatum</i>						P	C.V. (%)
	Água ²	Acetona	0.25%	0.5%	1.0%	F		
1 dia ²	10,0 $\pm$ 0,00 Aa	10,0 $\pm$ 0,00 Aa	9,5 $\pm$ 0,27 Aa	8,2 $\pm$ 0,51 Aa	6,4 $\pm$ 0,60 Bb	192.72 40 **	<.0001	17.04
2 dias	10,0 $\pm$ 0,00 Aa	10,0 $\pm$ 0,00 Aa	9,1 $\pm$ 0,38 Aa	9,5 $\pm$ 0,17 Aa	6,3 $\pm$ 0,83 Bb	174.27 87 **	<.0001	18.10
3 dias	10,0 $\pm$ 0,00 Aa	10,0 $\pm$ 0,00 Aa	9,3 $\pm$ 0,26 Aa	8,6 $\pm$ 0,48 Aa	5,8 $\pm$ 0,33 Bb	378.83 93 **	<.0001	14.06
4 dias	10,0 $\pm$ 0,00 Aa	10,0 $\pm$ 0,00 Aa	9,2 $\pm$ 0,39 Aa	8,9 $\pm$ 0,35 Aa	5,7 $\pm$ 0,42 Bb	344.83 00 **	<.0001	13.77
5 dias	10,0 $\pm$ 0,00 Aa	10,0 $\pm$ 0,00 Aa	9,4 $\pm$ 0,22 Aa	8,0 $\pm$ 0,56 Aa	6,0 $\pm$ 0,00 Bb	494.33 33 **	<.0001	13.42
6 dias	10,0 $\pm$ 0,00 Aa	10,0 $\pm$ 0,00 Aa	8,6 $\pm$ 0,62 Aa	8,2 $\pm$ 0,53 Aa	5,9 $\pm$ 0,72 Bb	112.34 71 **	<.0001	22.85
7 dias	10,0 $\pm$ 0,00 Aa	10,0 $\pm$ 0,00 Aa	9,6 $\pm$ 0,22 Aa	8,8 $\pm$ 0,83 Aa	6,7 $\pm$ 0,70 Bb	121.04 35 **	<.0001	21.65
8 dias	10,0 $\pm$ 0,00 Aa	10,0 $\pm$ 0,00 Aa	8,2 $\pm$ 0,44 Aa	8,9 $\pm$ 0,31 Aa	5,7 $\pm$ 0,97 Bb	116.14 01 **	<.0001	22.73
9 dias	10,0 $\pm$ 0,00 Aa	10,0 $\pm$ 0,00 Aa	9,5 $\pm$ 0,51 Aa	8,7 $\pm$ 0,76 Bb	5,8 $\pm$ 0,47 Cc	278.88 2 **	<.0001	12.92

10 dias	0,00 Aa 10,0 ± 0,00 Aa	0,00 Aa 10,0 ± 0,00 Aa	0,52 Aa 9,7 ± 0,52 Aa	0,30 Aa 8,9 ± 0,30 Aa	0,36 Bb 6,8 ± 0,36 Bb	08 ** 39.166 4 **	<.0001	35.98
F	1.0000 ns	1.0000 ns	9.6121 **	3.1144 **	9.1376 **	-	-	-
P-valor	0.446	0.446	<.0001	0.0026	<.0001	-	-	-
C.V. (%)	0.10	0.10	17.80	18.98	36.36	-	-	-
Idade ovos parasita dos ¹	Tratamentos com <i>Piper hispidum</i>					F	P	C.V. (%)
1 dia ²	10,0 ± 0,00 Aa	10,0 ± 0,00 Aa	8,8 ± 0,71 Bb	8,7 ± 0,63 Bb	5,4 ± 0,37 Cc	91.742 0 **	<.0001	26.02
2 dias	10,0 ± 0,00 Aa	10,0 ± 0,00 Aa	8,2 ± 0,44 Bb	8,8 ± 0,76 Bb	5,6 ± 0,50 Cc	97.038 6 **	<.0001	24.99
3 dias	10,0 ± 0,00 Aa	10,0 ± 0,00 Aa	8,7 ± 0,88 Bb	8,8 ± 0,448 Bb	5,4 ± 0,22 Cc	132.39 17 **	<.0001	29.31
4 dias	10,0 ± 0,00 Aa	10,0 ± 0,00 Aa	8,3 ± 0,84 Bb	8,3 ± 0,40 Bb	5,2 ± 0,13 Cc	161.86 09 **	<.0001	28.34
5 dias	10,0 ± 0,00 Aa	10,0 ± 0,00 Aa	8,6 ± 0,27 Bb	8,5 ± 0,48 Bb	5,8 ± 0,25 Cc	383.18 26 **	<.0001	16.99
6 dias	10,0 ± 0,00 Aa	10,0 ± 0,00 Aa	7,3 ± 0,63 Bb	8,9 ± 0,53 Bb	5,0 ± 0,00 Cc	209.12 95 **	<.0001	23.59
7 dias	10,0 ± 0,00 Aa	10,0 ± 0,00 Aa	8,2 ± 0,44 Bb	8,5 ± 0,52 Bb	5,0 ± 0,00 Cc	303.32 78 **	<.0001	19.94
8 dias	10,0 ± 0,00 Aa	10,0 ± 0,00 Aa	7,9 ± 0,46 Bb	8,6 ± 0,22 Bb	5,3 ± 0,00 Cc	592.49 36 **	<.0001	16.69
9 dias	10,0 ± 0,00 Aa	10,0 ± 0,00 Aa	7,4 ± 0,65 Bb	8,4 ± 0,54 Bb	5,1 ± 0,00 Cc	203.61 11 **	<.0001	23.82
10 dias	10,0 ± 0,00 Aa	10,0 ± 0,00 Aa	8,3 ± 0,80 Bb	8,0 ± 0,48 Bb	5,5 ± 0,17 Cc	142.13 70 **	<.0001	26.10
F	1.0000 ns	1.0000 ns	2.2529 *	7.4148 **	26.930 5 **	-	-	-
P-valor	0.446	0.446	0.0253	<.0001	<.0001	-	-	-
C.V. (%)	0.10	0.10	34.10	49.55	93.31	-	-	-

¹avaliação feita 10 dias) após a pulverização das posturas com óleos essenciais; ²médias seguidas das mesmas letras maiúsculas nas linhas e letras minúsculas nas colunas, não diferem pelo teste de Tukey; **significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01); ns = não significativo

A idade dos ovos (F1) não teve influência na emergência de *T. podisi* (Tabela 3). A concentração (F2) dos OEs nas três espécies de *Piper*, teve efeito sobre a emergência dos parasitoides, diminuindo a emergência de *T. podisi*, de acordo com o aumento das concentrações.

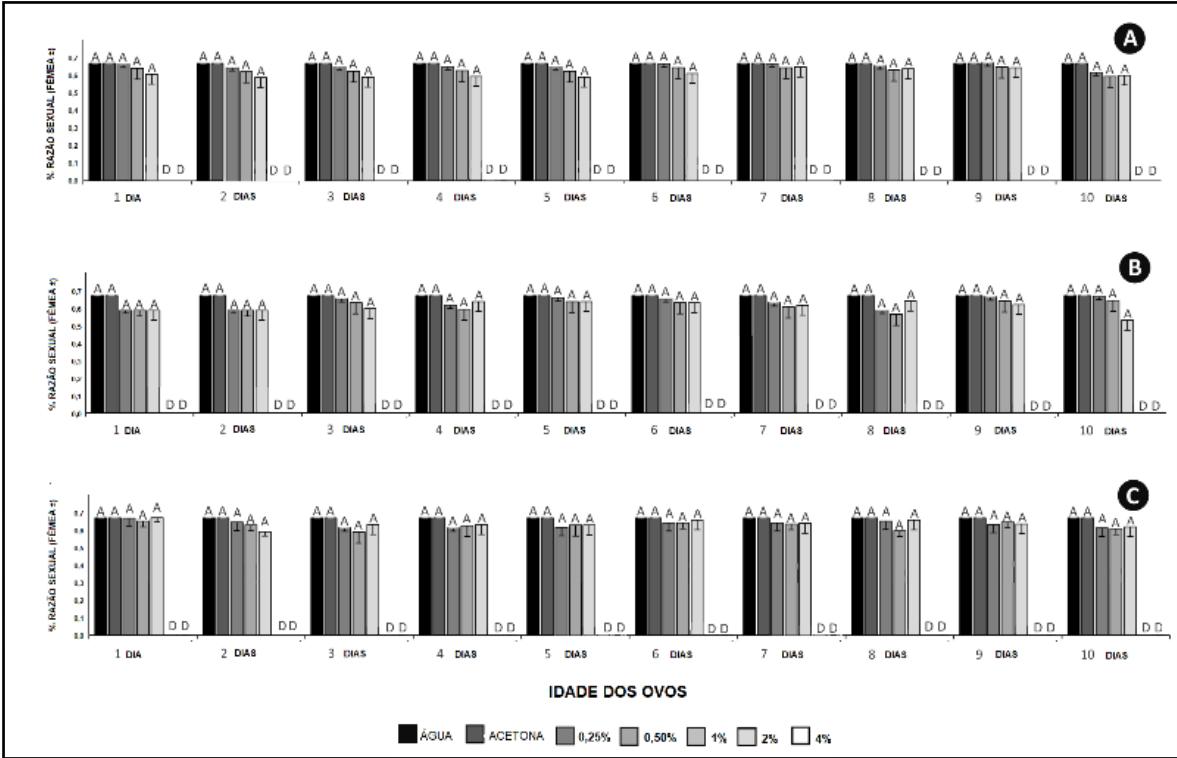
Tabela 3. Análise de variância (ANOVA) do número médio de parasitoides de *Telenomus podisi* emergidos no experimento pós-parasitismo.

Fonte de variação	G.L.	<i>Piper marginatum</i>	<i>Piper aff. divaricatum</i>	<i>Piper hispidum</i>
Idade dos ovos (F1)	9	4.8147 <i>ns</i>	4.9188 <i>ns</i>	4.1101 <i>ns</i>
Concentrações (F2)	6	564.2797 **	630.1907 **	741.7725 **
Interação (F1 x F2)	54	10.5646 <i>ns</i>	19.9235 <i>ns</i>	11.3088 <i>ns</i>
Tratamentos	69	57.9638 **	71.0330 **	74.4102 **
Resíduos	630	-	-	-
C.V. (%)		33.24	26.25	34.09

**significativo a 1%; ns: não significativo.

No experimento pós-parasitismo nenhuma das espécies de *Piper* avaliadas interferiu na razão sexual de *T. podisi*, que variou entre 0,6 e 0,7 (Figura 2), divergindo da razão sexual observada nos tratamentos com as três espécies de *Piper* no experimento pré parasitismo (Figura 2).

Figura 1. Razão sexual (Média ± Erro padrão) de *Telenomus podisi* emergidos de ovos de *Euschistus heros* no experimento pós-parasitismo.



4. DISCUSSÃO

Ovos de *E. heros* do experimento pré-parasitismo, no qual foram tratados com os OEs *P. marginatum*, *P. aff. divaricatum* e *P. hispidum*, antes de serem ofertados

à *T. podisi*, resultaram em menor emergência, em relação aos testes controle (água e acetona), e apenas ovos de até 48 h tiveram emergência de vespas. Considerando que os ovos foram previamente esterilizados, de acordo com a idade dos mesmos, e que há um tempo limite de desenvolvimento dos embriões dos percevejos para que ocorra o parasitismo e emergência do parasitoide, ovos com mais de 48 horas não emergiram parasitoides.

Diversos fatores podem interferir positivo ou negativamente processo de parasitismo, como os estímulos visuais e olfativos, que podem ser alterados por determinadas substâncias, causando rejeição na busca, repelência e, conseqüentemente, a diminuição da oviposição (PACHECO; CORRÊA-FERREIRA, 1998; ABUDULAI; SHEPARD, 2003; SMANIOTTO *et al.*, 2013; TURCHEN *et al.*, 2015). Além disso, alterações físico-químicas dos ovos causadas por inseticidas podem comprometer a aceitação do hospedeiro, pela fêmea do parasitoide, e também causar a repelência (BESERRA; PARRA, 2005).

Algumas substâncias químicas quando presentes no córion dos ovos podem afetar negativamente parasitoides fêmeas, podendo reduzir sua atividade parasitária, ou levá-las à morte (CARNEIRO; FERNANDES; CRUZ, 2009). Assim, a redução na emergência de parasitoides, observada em todos os tratamentos com OEs, pode ser explicada pela toxicidade dos compostos presentes nesses óleos conforme as concentrações, afetando fêmeas no momento da oviposição e reduzindo o número de ovos parasitados. Tal fato explica a mortalidade de fêmeas de *T. podisi* logo após a exposição aos ovos previamente tratados com OEs nas maiores concentrações (2% e 4%). É conhecido que mesmo após o parasitismo o contato do inseticida com os ovos pode afetar a emergência das vespas (TURCHEN *et al.*, 2015; VIEIRA *et al.*, 2012; MANZONI *et al.*, 2007).

Outro fator é que o córion possui aberturas em determinadas áreas, como aerópilas, hidrópilas e micrópilas, com função de trocas gasosas, hídricas entre outras, e, mesmo possuindo uma textura rígida que serve como barreira, algumas substâncias químicas podem penetrar (GALLO *et al.*, 2002), afetando o desenvolvimento do parasitoide (BESERRA; PARRA, 2005). No período de ovo-larva e na fase larval, os parasitoides são mais vulneráveis, provavelmente pela penetração do produto nas micrópilas do córion, contaminando o embrião e levando-o à morte ainda na fase embrionária (CARVALHO *et al.*, 2001). Outrossim, durante

os bioensaios pré-parasitismo, a contaminação pode ter ocorrido durante a inserção do ovipositor no ovo do hospedeiro, matando os parasitoides ou afetando seu desenvolvimento, com os resíduos dos inseticidas e fitoinseticidas, conforme observado por Pak e Ostman (1982), reduzindo a emergência de *T. podisi*.

No que tange a razão sexual, foi observada menor proporção de fêmeas no experimento pré-parasitismo, variando entre 25 e 40%, em comparação com o experimento de pós-parasitismo (60 e 70%). De acordo com Vinson (1997), os parasitoides de ovos determinam o sexo de sua progênie no ato da postura, sendo a razão sexual decorrente de alguns fatores, como características físico-químicas do ovo do hospedeiro, de alterações ambientais que podem levar as fêmeas a ovipositarem mais ovos que darão origem a machos. A capacidade de penetração de produtos pelo córion do ovo também pode afetar a razão sexual, matando as fêmeas que são mais exigentes nutricionalmente (SMANIOTTO *et al.*, 2013). Tal fato pode explicar a redução na emergência de fêmeas de *T. podisi* no pré-parasitismo e, consequentemente, aumento na emergência no pós-parasitismo.

Ao contrário das fêmeas, a produção de machos exige menor investimento de energia, sendo a alocação sexual uma estratégia de vespas quando em condições desfavoráveis (FLANDERS, 1939). Os himenópteros possuem o mecanismo de determinação sexual por haplodiploidia, permitindo assim a escolha do sexo dos ovos pelo controle do acesso ao esperma armazenado em suas espermatecas, e podem alterar sua fertilização, com ovos fertilizados originando fêmeas e ovos não fertilizados resultando em machos (FLANDERS, 1965).

Estudos têm demonstrado alterações na razão sexual de parasitoides, decorrentes da exposição a inseticidas. O parasitoide *Aphytis melinus* (Himenópteros: Aphelinidae) teve a razão dos descendentes alterada para mais machos, quando expostos a Chlorpirifos (ROSENHEIM; HOY, 1988). Rocha e Carvalho (2004) observaram que os inseticidas Abamectina, Acefato e Esfenvalerato causaram modificações na razão sexual do parasitoide *T. pretiosum*, Celestino *et al.* (2014) em *Blaptostethus pallenscens* Poppius (Hemiptera: Anthocoridae) com o fitoinseticida Azadiractina.

A ausência de fêmeas anula a perpetuação e a estabilidade da população de parasitoides, que são responsáveis pelo parasitismo. No entanto, a ausência de machos também é prejudicial, impedindo a cópula e levando a partenogênese

arrenótoca, que dará origem a machos, dificultando o controle biológico (GARCIA, 2011). No campo, a razão sexual é importante para a eficiência dos parasitoides de ovos (PROTRICH *et al.*, 2009). Desse modo, no pós-parasitismo, os índices obtidos para a razão sexual atendem aos parâmetros considerados ótimos, uma vez que o controle sexual em himenópteros, em condições normais, resulta em predominância de fêmeas, com razões entre 0,6 a 0,7 (FLANDERS 1939, PACHECO; CORRÊA-FERREIRA, 1998).

As variações na razão sexual observadas pelo presente estudo no pré-parasitismo advertem para a mudança reprodutiva das fêmeas (F1) em equidade transgeracional, o que afetaria o crescimento populacional e estabelecimento dos parasitoides, dificultando assim o manejo de *E. heros*, considerando o contexto encontrado em campo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observou-se que não há redução relevante do parasitismo para os tratamentos pré e pós-parasitismo, para as três espécies de *Piperaceae* estudadas nas concentrações de 0,25%, 0,50% e 1%. Entretanto no tratamento pré-parasitismo observou-se significativa influência na razão sexual, apresentando uma redução na emergência de parasitoides fêmeas, com valores abaixo de 0,4, diferentemente do ensaio pós parasitismo, onde a razão sexual se manteve dentro dos parâmetros de 0,6 a 0,8.

Observou-se também que, independentemente dos tratamentos pré e pós-parasitismo, as concentrações de 2%(T6) e 4%(T7), foram letais, não havendo emergência de parasitoides. Entretanto, é válido ressaltar que as três espécies de *Piper* avaliadas possuem uma considerável seletividade ao parasitóide de ovos *Telenomus podisi*, uma vez que a dinâmica de campo é diferente dos bioensaios promovidos em laboratórios, já que as posturas, na maioria das vezes, localizam-se nas vagens e folhas, promovendo menor exposição dos ovos aos produtos.

Destaca-se que os efeitos dos fitoinseticidas sobre inimigos naturais podem variar conforme o organismo, a cultura, forma de aplicação, dosagem, fatores abióticos, entre outros. Portanto, a fim de contribuir para o manejo de insetos praga no campo, se faz necessário estudos mais aprofundados em semi-campo e campo, a fim de ajustar dosagens e conhecer o potencial de controle de *E. heros* e o

parasitismo de ovos por *T. podisi*.

Agradecimentos

À CAPES Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela bolsa de mestrado concedida. À Professora Dr^a. Micheline Carvalho-Silva pela identificação das espécies de *Piper*. Aos proprietários da Fazenda Aparecida da Serra por permitirem a coleta das folhas de *Piper* e indivíduos de percevejos marrom.

6. REFERÊNCIAS

ABUDULAI, M.; SHEPARD, B.M. Effects of neem *Azadirachta indica* A. Juss on *Trissolcus basal* Wollaston (Hymenoptera: Scelionidae), a parasitoid of *Nezara viridula* L. (Hemiptera: Pentatomidae). **Journal of Entomological Science** 38: 386-397. 2003.

AGROFIT. Sistema de agrotóxicos fitossanitários (Base de dados de produtos agrotóxicos e fitossanitários). 2109 Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acessado em dezembro de 2020.

ALVES, T.J.S.; *et al.* Effects of *Piper hispidinervum* on spermatogenesis and histochemistry of ovarioles of *Spodoptera frugiperda*. **Biotechnic & Histochemistry**, 89(4): 245-255. 2014.

BESERRA, E.B.; PARRA, J.R.P. Seletividade de lambdacialotrina a *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Acta Sci. Agron.**, 27: 321-326. 2005.

BIASI, L. A.; DESCHAMPS, C. Plantas aromáticas: do cultivo à produção de óleo essencial. Curitiba: **Layer Studio Gráfico e Editora Ltda**, 2009.

BUENO, A.F.; *et al.* Effects of pesticides used in soybean crops to the egg parasitoid *Trichogramma pretiosum*. **Ciência Rural** 38: 1495-1593. 2008.

CARMO, E.L.; *et al.* Seletividade de produtos fitossanitários utilizados na cultura da soja para pupas de *Trichogramma pretiosum* riley, 1879 (hymenoptera: trichogrammatidae), **Arq. Inst. Biol.** 77: 283-290. 2010.

- CARNEIRO, T.R.; FERNANDES, A.O.; CRUZ, I. Influência da competição intra-específica entre fêmeas e da ausência de hospedeiro no parasitismo de *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera, Scelionidae) sobre ovos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera, Noctuidae). **Revista Brasileira de Entomologia** 53(3): 482–486. 2009.
- CARVALHO, G.A.; PARRA, J.R.P.; BAPTISTA, G.C. Seletividade de alguns produtos fitossanitários a duas linhagens de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Ciênc. Agrotecnol.**, 25: 583-591. 2001. doi.org/10.1590/S0103-84782009005000188.
- CAVALCANTE, G.M.; MOREIRA, A.F.C.; VASCONCELOS, S.D.; Potencialidade inseticida de extratos aquosos de essências florestais sobre mosca-branca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 41: 9-14. 2006. doi.org/10.1590/S0100-204X2006000100002.
- CORRÊA-FERREIRA, B.S.; AZEVEDO, J. Soybean seed damage by different species of stink bugs. **Agricultural and Forest Entomology** 4: 145-150. 2002. doi/10.1046/j.1461-9563.2002. 00136.x
- CELESTINO, D.; *et al.* Azadirachtin-mediated reproductive response of the predatory pirate bug *Blaptostethus pallens*. **BioControl**. 59: 697–705. 2014. doi:10.1007/s10526-014-9601-z.
- CORRÊA-FERREIRA, B.S.; MOSCARDI, F. Biological control of soybean stink bugs by inoculative releases of *Trissolcus basal*. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 79: 1-7. 1996. doi: 10.1111/j.1570-7458. 1996.tb00802.x.
- CZEPAK, C.; *et al.* Seletividade de inseticidas ao complexo de inimigos naturais na cultura do algodão (*Gossypium hirsutum* L.) **Pesquisa Agropecuária Tropical** 35: 123–127. 2005.
- FLANDERS, S.E. Environmental control of sex in hymenopterous insects. **Ann. Ent. Soc. Amer.**, 32: 11-26. 1939.
- FLANDERS, S.E. On the sexuality and sex ratios of hymenopterous populations. **American Naturalist**, 93: 489-494. 1965.

FOERSTER, L.A.; AVANCI, M.R.F. Egg parasitoids of *Anticarsia gemmatilis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) in soybeans. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, 28(3): 545-548. 1999.

FREITAS, M.C.M. A cultura da soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia Biosfera**, 7. 2011.

GABOARDI-JUNIOR, A. A importância da produção na agricultura familiar para a segurança alimentar. IN: **2ª Jornada: Questão Agrária e Desenvolvimento**. UFPR. Paraná. 2013.

GALLO, D.; et al. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 920 p. 2002

GARCIA, P. Sublethal effects of pyrethroids on insect parasitoids: What we need to further know. In: STOYTCHIEVA, M. (Ed.). **Pesticides: formulations, effects**, fate. InTech, pp. 477-494, 808p. 2011.

GODOY, A.F.; et al. **Seletividade de diferentes defensivos agrícolas utilizados na cultura da soja a pupas de *Telenomus podisi* segundo as normas da IOBC**. In: 13 Siconbiol, Anais, Bonito. 2013.

GODOY, K.B.; GALLI, J.C.; ÁVILA, C.J. Parasitismo em ovos de percevejos da soja *Euschistus heros* (Fabricius) e *Piezodorus guildinii* (Westwood) (Hemiptera: Pentatomidae) em São Gabriel do Oeste, MS. **Ciência Rural** 35: 455-458. 2005. doi:<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782005000200034>.

GOLIN, V. **Incidência natural, biologia, seletividade e efeito de liberações inoculativas de parasitoides de ovos (Hymenoptera: Platygasteridae) no controle de *Euschistus heros* (Fabricius) (Hemiptera: Pentatomidae) no Mato Grosso**. Tese de doutorado em Ciências (Zoologia). Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-graduação em Zoologia, Curitiba. 2014.

HIROSE, Y. Biological and Ecological comparison of *Trichogramma* and *Telenomus* as control agents of lepidopterous pests. **J. Appl. Entomol.**, 10: 139-47. 1986. doi: 10.1111/j.1439-0418.1986.tb00831.x.

KOPPEL, A. L.; et al. Efficacy of selected insecticides against eggs of *Euschistus servus* and *Acrosternum hilare* (Hemiptera: Pentatomidae) and the egg parasitoid *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Scelionidae). **Journal of Economic Entomology**, 104: 137-142. 2011.

KRINSKI, D.; MASSAROLI, A.; MACHADO, M. Insecticidal potential of the Annonaceae family plants. **Rev. Bras. Frutic.**, 36(spe1): 225-242. 2014. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452014000500027>

LAUMANN, R.A.; *et al.* Response of the egg parasitoids *Trissolcus basal*is and *Telenomus podisi* to compounds from defensive secretions of stink bugs. **Journal of Chemical Ecology**, 35: 8-19. 2009.

MANZONI, C.G.; *et al.* Seletividade de agrotóxicos usados na produção integrada de maçã para adultos de *Trichogramma pretiosum*. **Pesq Agrop Brasileira** 41: 1461–1467. 2007.

MANZONI, C.G.; *et al.* Seletividade de agroquímicos utilizados na produção integrada de maçã aos parasitóides *Trichogramma pretiosum* Riley e *Trichogramma atopovirilia* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Sociedade Entomológica do Brasil**, 2: 1-11. 2007. doi: <http://dx.doi.org/10.14295/BA.v2.0.50>.

MASSAROLLI A.; PEREIRA M.J.B.; FOERSTER L.A. *Annona mucosa* Jacq. (Annonaceae): A promising phytoinsecticide for the control of *Chrysodeixis includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Entomology**, 13(4): 132-140. 2016.

MASSAROLLI, A.; PEREIRA M.J.B.; FOERSTER L.A. *Annona crassiflora* Mart. (Annonaceae): effect of crude extract of seeds on larvae of soybean looper *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Bragantia**, 76(3): 398-405. 2017.

PACHECO, D.J.P.; CORRÊA-FERREIRA, B.S. Potencial reprodutivo e longevidade do parasitóide *Telenomus podisi* Ashmead, em ovos de diferentes espécies de percevejos. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, 27: 585-591. 1998.

PAK, G.A. OSTMAN, E.R. Comparative life table, behavior and competition studies of *Trichogramma brevicapillum* and *T. pretiosum*. **Entomologia experimentalis et applicat.**, 32: 68-79.1982. doi: 10.1111/j.1570-7458.1982.tb03183.x.

PANIZI, J. B.; *et al.* Selectivity of pesticides used in rice crop on *Telenomus podisi* and *Trichogramma pretiosum*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 46: 327-335. 2016.

PERES, W, A.A.; CORRÊA-FERREIRA, B.S. Methodology of mass multiplication of *Telenomus podisi* Ash. and *Trissolcus basal*is (Woll.) (Hymenoptera: Scelionidae) on eggs of *Euschistus heros* (Fab.) (Hemiptera: Pentatomidae). **Neotropical**

Entomology 33: 457-462. 2004.
<http://dx.doi.org/10.1590/S1519566X2004000400010>.

POTRICH, M.; *et al.* Seletividade de *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* a *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Neotropical Entomology**, 38(6): 822-826. 2009.

ROCHA, L.C.D.; CARVALHO, G.A. Adaptação da metodologia padrão da IOBC para estudo de seletividade com *Trichogramma pretiosum* Riley, 1979 (hymenoptera: Trichogrammatidae) em condições de laboratório. **Acta Scientiarum Agronomy** 26: 315-320. 2004. 10.4025/actasciagron.v26i3.1825

ROSENHEIM, J.A.; HOY, M.A. Sublethal effects of pesticides on the parasitoid *Aphytis melinus* (Hymenoptera: Aphelinidae). **Journal of Economic Entomology** 81: 476-483. 1998. <https://doi.org/10.1093/jee/81.2.476>.

SILVA, D.M.; BUENO, A.F. Toxicity of organic supplies for the egg parasitoid *Telenomus podisi*. **Ciência Rural**, 44: 11-17. 2014.

SILVA, F.A.C.; *et al.* Feeding activity, salivary amylase activity, and superficial damage to soybean seed by adult *Edessa meditabunda* (F.) and *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae). **Neotropical Entomology**, 41: 386-390. 2012.

SILVA, F.A.S.; AZEVEDO, C.A.V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **Afr. J. Agric. Res**, 11(39): 3733-3740. 2016.

SMANIOTTO, L.F.; *et al.* Selectivity of alternative products to *Telenomus podisi* Ashmead (Hymenoptera: Scelionidae). **Semina Ciências Agrárias**, 34(6): 3295-3306. 2013.

STECCA, C.S. *et al.* Side-effects of glyphosate to the parasitoid *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Platygasteridae). **Neotropical Entomology**, 45(2): 1-9. 2016.

STECCA, C.S. **Seletividade de inseticidas utilizados na cultura da soja a *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Platygasteridae) e *Podisus nigrispinus* (Hemiptera: Pentatomidae)**. 2015. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, 2015.

TABASHNIK, B.E.; ROUSH, R.T. Pesticide resistance in arthropods. **New York: Chapman and Hall**, 1-3. 1990.

- TURCHEN, L.M.; *et al.* Lethal and sublethal effects of insecticides on the egg parasitoid *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Platygasteridae). **Journal of Economic Entomology**, 109: 84-92. 2015.
- TUREK, C.; STINTZING, F. C. Stability of essential oils: a review. **Comprehensive reviews in food science and food safety**, 12(1): 40-53. 2013.
- VARGAS, E.L.; *et al.* Densidade de fêmeas de *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) por pupa de *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) **SITIENTIBUS série Ciências Biológicas**, 13: 1-7. 2013.
- VIEIRA, S.S.; *et al.* Efeitos dos inseticidas utilizados no controle de *Bemisia tabaci* (Gennadius) biótipo B e sua seletividade aos inimigos naturais na cultura da soja. **Semina: Ciências Agrárias** 33: 1809-1818. 2012.
- VINSON, S.B. Comportamento de seleção hospedeira de parasitoides de ovos, com ênfase na família Trichogrammatidae. In: Parra JRP & Zucchi RA (ed.) **Trichogramma e o Controle Biológico Aplicado**. Piracicaba, FEALQ. 324p. 1997.
- ZANTEDESCHI, R. *et al.* Toxicity of soybean-registered agrochemicals to *Telenomus podisi* and *Trissolcus basal* immature stages. **Phytoparasitica**, 46(2): 203-212. 2018.