

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade

Tese



Efeitos letal e subletal de agrotóxicos registrados para a cultura da soja ao parasitoide *Telenomus podisi* Ashmead, 1893 (Hymenoptera: Platygasteridae)

Ronaldo Zantedeschi

Pelotas, 2021

Ronaldo Zantedeschi

Efeitos letal e subletal de agrotóxicos registrados para a cultura da soja ao parasitoide *Telenomus podisi* Ashmead, 1893 (Hymenoptera: Platygasteridae)

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Fitossanidade (área do conhecimento: Entomologia).

Orientador: Anderson Dionei Grützmacher

Pelotas, 2021

Ronaldo Zantedeschi

Efeitos letal e subletal de agrotóxicos registrados para a cultura da soja ao parasitoide *Telenomus podisi* Ashmead, 1893 (Hymenoptera: Platygasteridae)

Tese aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Doutor em Fitossanidade, Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 30 de abril de 2021.

Banca examinadora:

Anderson Dionei Grützmacher
Prof. Dr. Departamento de Fitossanidade, FAEM/UFPeI (Orientador)
Doutor em Entomologia pela Universidade de São Paulo.

Daniel Bernardi
Prof. Dr. Departamento de Fitossanidade, FAEM/UFPeI
Doutor em Entomologia pela Universidade de São Paulo.

Dori Edson Nava
Dr. Pesquisador Embrapa Clima Temperado
Doutor em Entomologia pela Universidade de São Paulo.

Rafael Antonio Pasini
Prof. Dr. Centro de Ensino Superior Riograndense, CESURG/RS

Doutor em Fitossanidade pela Universidade Federal de Pelotas.

Jader Ribeiro Pinto

Prof. Dr. Instituto Federal Sul-Rio-Grandense Campus Pelotas Visconde da Graça
Doutor em Fitossanidade pela Universidade Federal de Pelotas.

Aos meus pais
João Alceu Zantedeschi e Helena Grando Zantedeschi
Dedico

Agradecimentos

Aos meus pais João Alceu Zantedeschi e Helena Grando Zantedeschi pela oportunidade de ter chegado a vida e pela criação e apoio indispensáveis para que hoje qualquer conquista fosse possível.

Aos meus irmãos Simone Zantedeschi, Emerson Zantedeschi, Silvana Zantedeschi e Alexandre Zantedeschi (os dois últimos in memoriam) pela convivência, apoio, companheirismo e força em todos os momentos da minha trajetória.

Ao professor da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) Dr. Anderson Dionei Grützmacher pela orientação, confiança e apoio nessa jornada.

A todos os integrantes do Laboratório de Manejo Integrado de Pragas (LabMIP) pelo auxílio e convivência nesse período, em especial a Mariane D'Ávila Rosenthal, Franciele Silva de Armas, Matheus Rakes, Máira Chagas Moraes, Mikael Bolke Araújo e Emily Burguêz por todo o auxílio dispensado nesse período.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade (PPGFs) da UFPEL, por me oportunizar a realização do curso de Doutorado.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade (PPGFs) pelos ensinamentos transmitidos, sem os quais a evolução do conhecimento não seria possível.

Aos membros da banca avaliadora dessa tese: Dr. Anderson Dionei Grützmacher, Dr. Daniel Bernardi, Dr. Dori Edson Nava, Dr. Rafael Antonio Pasini e Dr. Jader Ribeiro Pinto por aceitarem compor a banca de avaliação.

A todas as pessoas que contribuíram, seja direta ou indiretamente, para obtenção desse título.

Muito obrigado!

“Não sei de nenhum momento da história da humanidade em que a ignorância foi melhor que o conhecimento”.

Neil deGrasse Tyson

Resumo

ZANTEDESCHI, Ronaldo. **Efeitos letal e subletal de agrotóxicos registrados para a cultura da soja ao parasitoide *Telenomus podisi* Ashmead, 1893 (Hymenoptera: Platygasteridae).** 2021. 93f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2021.

A grande importância da soja para o agronegócio brasileiro justifica o investimento realizado para o aumento da produção nacional. Tal aumento de produtividade passa, inevitavelmente, pelo controle de insetos-praga e doenças na cultura, o que é feito, em grande medida, pela aplicação de inseticidas e fungicidas. A aplicação desses agrotóxicos pode causar efeitos letais (curto prazo) e subletais (longo prazo) ao parasitoide de ovos *Telenomus podisi* Ashmead, 1893 (Hymenoptera: Platygasteridae), um dos inimigos mais eficientes no controle biológico do percevejo-marrom *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) (Hemiptera: Pentatomidae). Assim, objetivou-se avaliar os efeitos letal e subletal de 10 agrotóxicos registrados para a cultura da soja a esse parasitoide em laboratório em todas as fases de desenvolvimento do inseto. Foi seguido o padrão da “*International Organisation for Biological and Integrated Control*” (IOBC) para a classificação dos agrotóxicos quanto a sua seletividade a *T. podisi*. Nas fases imaturas, os inseticidas a base de indoxacarbe e lambda-cialotrina + tiametoxam provocaram mortalidade de 100% dos adultos emergidos até às 72 horas. Os inseticidas a base de flubendiamida, beta-ciflutrina + imidacloprido, chlorantraniliprole e metoxifenoza + espinetoram variaram em seus efeitos subletais, sendo flubendiamida e chlorantraniliprole os inseticidas mais seguros para serem utilizados, apesar de flubendiamida ter afetado a emergência de F1 em todas as fases de desenvolvimento do parasitoide. Beta-ciflutrina + imidacloprido provocou efeitos subletais na capacidade de parasitismo e emergência de F1, contudo, é uma alternativa para o controle de percevejos-praga na cultura da soja, tendo em vista que os efeitos foram levemente nocivos. Metoxifenoza + espinetoram deve ser utilizado com cautela, tendo em vista a alta mortalidade provocada nas fases de ovo e pupa do parasitoide. Baseado nos efeitos nas fases imaturas de *T. podisi*, o fungicida mais seguro para aplicação é picoxistrobina + ciproconazole seguido por trifloxistrobina + prothioconazol e azoxistrobina + ciproconazol. O fungicida a base de azoxistrobina + benzovindiflupir deve ser evitado tendo em vista o seu efeito drástico na razão sexual de *T. podisi* em todas as fases imaturas testadas. Todos os agrotóxicos testados afetaram a razão sexual de F1, o que demanda atenção na utilização desses produtos, principalmente com relação ao monitoramento das lavouras, visando a aplicação somente quando os níveis de controle forem alcançados. Na fase adulta de *T. podisi*, o inseticida diamídico a base de flubendiamida afetou a razão sexual de F1, enquanto chlorantraniliprole não causou efeito letal ou subletal ao parasitoide. Entre os fungicidas testados, trifloxistrobina + prothioconazol causou efeito subletal afetando a capacidade de parasitismo e a emergência de F1 e azoxistrobina + benzovindiflupir afetou a razão sexual do parasitoide. Nenhum dos agrotóxicos testados causou efeito letal significativo

nas fêmeas de *T. podisi* tratadas. Os inseticidas diamídicos flubendiamida e chlorantraniliprole são compatíveis com o controle biológico de *T. podisi* e podem ser recomendados no MIP da cultura da soja. O fungicida trifloxistrobina + prothioconazol deve ser utilizado com cautela, tendo em vista que causou efeitos subletais ao parasitoide.

Palavras-chave: controle químico. controle biológico. manejo integrado de pragas. seletividade de agrotóxicos. *Glycine max*.

Abstract

ZANTEDESCHI, Ronaldo. **Lethal and sublethal effects of pesticides recorded for soybean culture on the parasitoid *Telenomus podisi* Ashmead, 1893 (Hymenoptera: Platygasteridae).** 2021. 93f. Thesis (Doctorate degree) - Post-Graduation Program in Phytosanitary, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2021.

The great importance of soybean for Brazilian agribusiness justifies the investment made to increase national production. Such an increase in productivity inevitably involves the control of insect pests and diseases in the crop, which is done, to a large extent, by the application of insecticides and fungicides. The application of these pesticides can cause lethal (short term) and sublethal (long term) effects to the egg parasitoid *Telenomus podisi* Ashmead, 1893 (Hymenoptera: Platygasteridae), one of the most efficient enemies in the biological control of the brown bug *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) (Hemiptera: Pentatomidae). Thus, the objective was to evaluate the lethal and sublethal effects of 10 pesticides registered for the cultivation of soybean to this parasitoid in the laboratory in all stages of insect development. The standard of the International Organization for Biological and Integrated Control (IOBC) was followed for the classification of pesticides in terms of their selectivity to *T. podisi*. In the immature stages, insecticides based on indoxacarb and lambda-cyhalothrin + thiamethoxam caused mortality of 100% of adults that emerged up to 72 hours. The insecticides based on flubendiamide, beta-cyfluthrin + imidacloprid, chlorantraniliprole and methoxyfenozid + spinetoram varied in their sublethal effects, with flubendiamide and chlorantraniliprole being the safest insecticides to be used, despite the fact that flubendiamide affected the emergence of F1 in all phases. development of the parasitoid. Beta-cyfluthrin + imidacloprid caused sublethal effects on the parasitism and F1 emergence capacity, however, it is an alternative for the control of pest bugs in soybean culture, considering that the effects were slightly harmful. Methoxyfenozid + spinetoram should be used with caution, in view of the high mortality caused in the egg and pupal phases of the parasitoid. Based on the effects on the immature stages of *T. podisi*, the safest fungicide for application is picoxystrobin + cyproconazole followed by trifloxystrobin + prothioconazole and azoxystrobin + cyproconazole. The azoxystrobin + benzovindiflupir-based fungicide should be avoided in view of its drastic effect on the sex ratio of *T. podisi* at all immature stages tested. All of the tested pesticides affected the F1 sex ratio, which demands attention in the use of these products, especially with regard to monitoring crops, aiming at application only when the control levels are reached. In the adult stage of *T. podisi*, the diamidic insecticide based on flubendiamide affected the F1 sex ratio, while chlorantraniliprole did not cause a lethal or sublethal effect to the parasitoid. Among the tested fungicides, trifloxystrobin + prothioconazole caused a sublethal effect affecting the ability of parasitism and the emergence of F1 and azoxystrobin + benzovindiflupir affected the sex ratio of the parasitoid. None of the pesticides tested had a significant lethal effect on the treated *T. podisi* females. The diamidic insecticides flubendiamide and chlorantraniliprole are compatible with the

biological control of *T. podisi* and can be recommended in the soybean MIP. The fungicide trifloxystrobin + prothioconazole should be used with caution, considering that it caused sublethal effects to the parasitoid.

Key words: chemical control; biological control; integrated pest management; selectivity of pesticides; *Glycine max*.

Lista de Figuras

Artigo 2

Figura 1. Curva de sobrevivência de fêmeas de *Telenomus podisi* submetidas aos tratamentos com agrotóxicos registrados para a cultura da soja na fase adulta do parasitoide ($X^2= 21.6$, gl =6, $p= 0.001$), médias dos tratamentos seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste log-rank ($p \leq 0,05$)..... 85

Lista de Tabelas

Artigo 1

Tabela 1	Agrotóxicos registrados para a cultura da soja e testados nas fases imaturas de <i>Telenomus podisi</i>	50
Tabela 2	Efeito letal na mortalidade acumulada e subletal na redução da emergência e longevidade das fêmeas da geração F0 quando a aplicação dos agrotóxicos foi realizada na fase de ovo do parasitoide <i>Telenomus podisi</i>	51
Tabela 3	Efeito subletal na redução da capacidade de parasitismo da geração F0 e na redução da emergência da geração F1 de agrotóxicos registrados para a cultura da soja aplicados na fase de ovo do parasitoide <i>Telenomus podisi</i>	52
Tabela 4	Efeito letal na mortalidade acumulada e subletal na redução da emergência e longevidade das fêmeas da geração F0 após tratamento com agrotóxicos registrados para a cultura da soja na fase de larva do parasitoide <i>Telenomus podisi</i>	53
Tabela 5	Efeito subletal na redução da capacidade de parasitismo da geração F0 e na redução da emergência da geração F1 após tratamentos com agrotóxicos registrados para a cultura da soja na fase de larva do parasitoide <i>Telenomus podisi</i>	54
Tabela 6	Efeito letal na mortalidade acumulada e subletal na redução da emergência e longevidade das fêmeas da geração F0 após tratamento com agrotóxicos registrados para a cultura da soja na fase de pupa do parasitoide <i>Telenomus podisi</i>	55
Tabela 7	Efeito subletal na redução da capacidade de parasitismo da geração F0 e na redução na emergência da geração F1 após tratamentos com agrotóxicos registrados para a cultura da soja na fase de pupa do parasitoide <i>Telenomus podisi</i>	56
Tabela 8	Razão sexual da geração F1 de <i>Telenomus podisi</i> submetido ao tratamento com agrotóxicos nas fases de ovo, larva e pupa.....	57

Artigo 2

Tabela 1	Agrotóxicos registrados para a cultura da soja e testados quanto aos efeitos letais e subletais na fase adulta de <i>Telenomus Podisi</i>	82
Tabela 2	Redução do parasitismo e mortalidade acumulada de F0 de <i>Telenomus podisi</i> submetidos ao contado residual de agrotóxicos registrados para a cultura da soja na fase adulta.....	83
Tabela 3	Efeito subletal na emergência, classe de seletividade e razão sexual de fêmeas da geração F1 de <i>Telenomus podisi</i> após contado residual com agrotóxicos registrados para a cultura da soja	84

Sumário

1. Introdução Geral.....	16
2. Artigo 1 – Efeitos letal e subletal de agrotóxicos utilizados na cultura da soja nas fases imaturas de <i>Telenomus podisi</i> Ashmead, 1893 (Hymenoptera: Platygasteridae).....	23
Resumo.....	23
Abstract.....	24
1. Introdução.....	25
2. Materiais e Métodos.....	28
3. Resultados.....	30
4. Discussão.....	34
5. Referências.....	42
3. Artigo 2 – Efeitos letal e subletal de inseticidas diamídicos e fungicidas a adultos de <i>Telenomus podisi</i> Ashmead, 1893 (Hymenoptera: Platygasteridae).....	58
Resumo.....	59
Abstract.....	60
1. Introdução.....	61
2. Métodos.....	63
3. Resultados.....	66
4. Discussão.....	68
5. Referências.....	74
4. Considerações finais.....	86
5. Referências.....	88

1 Introdução Geral

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das culturas mais importantes em nível mundial, com utilização dos grãos pela agroindústria, para a produção de alimentos, óleo vegetal, ração animal e na indústria química. Além disso, existe a possibilidade de ser utilizada como fonte de energia servindo como matéria prima para a produção de biocombustível (SCOPEL et al., 2016).

No Brasil, a soja tem papel bastante favorável para o agronegócio desde os anos 70, sendo responsável pelas inúmeras mudanças e especializações produtivas do espaço agrário do país. O principal impacto da soja na balança comercial brasileira se deve ao fato dela ser o principal produto agrícola na pauta das exportações, além de ser a maior responsável pelo aumento da colheita nacional de grãos (ESPÍNDOLA; COSTA CUNHA, 2015). Assim sendo, a cadeia produtiva da soja é o carro-chefe da agricultura de grande escala no Brasil, garantindo o país como o maior produtor e exportador de soja do mundo com perspectiva de produção de 133 milhões de toneladas para esta safra 2020/21 (USDA, 2021).

A crescente demanda de derivados da soja, principalmente pela China, elevou os preços pagos pela saca comercializada no mundo. A China, que teve crescimento econômico significativo que refletiu na melhora do poder aquisitivo do país e o aumento do consumo de proteína, é o principal destino do excedente de soja brasileiro, o que manteve o mercado aquecido nos últimos anos (USDA, 2021). Os níveis crescentes de produtividade associados ao apelo econômico do agronegócio brasileiro evidenciam a necessidade de cuidados especiais na cultura da soja, principalmente no que se refere ao ataque de insetos-praga e doenças, fatores que colocam em risco a produção em todas as etapas do cultivo (ROCHA et al., 2015).

Dentre os insetos-praga, os percevejos fitófagos representam grande importância para a cultura da soja, sendo *Euschistus heros* (Fabricius, 1798), *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1837) e *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758) (Hemiptera: Pentatomidae) redutores em potencial da produtividade. Entre esses, *E. heros* possui

ampla distribuição e abundância nas regiões produtoras de soja no Brasil impondo atenção especial quanto ao seu controle (PANIZZI, 2015).

Não menos importantes para a cultura da soja, o complexo de lagartas desfolhadoras merece atenção especial durante o ciclo da cultura, tendo em vista que possuem potencial de causar grandes perdas na produtividade. Podemos destacar a lagarta-da-soja, *Anticarsia gemmatalis* (Hübner, 1818) (Lepidoptera: Erebidae) e a lagarta-falsa-medideira, *Chrysodeixis includens* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae) como as principais lagartas desfolhadoras da soja, que ao se alimentarem reduzem a área fotossintética das plantas e a produção final (MOSCARDI et al., 2012).

Na soja a ocorrência de doenças durante o ciclo da cultura é uma realidade nas condições brasileiras. Apesar da existência de mais de 40 doenças incidentes, a ferrugem asiática causada por *Phakopsora pachyrhizi* H. Sydow & P. Sydow (1914), pode ser considerada como uma das principais moléstias da cultura. Essa doença, detectada na safra 2000/2001, passou a receber a atenção dos fitossanitaristas para conter os prejuízos do seu ataque. Apesar de existirem outras estratégias de controle, o controle químico com fungicidas se configura como medida de controle comumente utilizada, muitas vezes de modo preventivo (GARCÉS-FIALHOS, 2011).

No que diz respeito ao controle químico, os inseticidas têm apresentado um papel importante no controle de insetos praga, no entanto, nos últimos anos essa tecnologia vem apresentando problemas como: casos de resistência de percevejos aos produtos, queda na eficiência no controle de populações suscetíveis (SOSA-GÓMEZ et al., 2020), reduzido número de moléculas disponíveis e falta de inovação em moléculas (SANTOS, 2019).

O controle de doenças na cultura da soja tem nos fungicidas a alternativa mais viável, associados ao manejo nutricional, espaçamento, vazio sanitário etc., uma vez que variedades de soja resistentes são facilmente vencidas pelos patógenos, principalmente fungos, os quais possuem grande número de raças (STEFANELLO et al., 2016).

Juntamente com a ocorrência das pragas na cultura da soja, existe uma grande quantidade de agentes de controle biológico, representados especialmente pelos parasitoides, predadores e patógenos, que estão presentes nas lavouras e contribuem para a redução das densidades populacionais dos insetos-praga. Com isso, o controle

biológico é uma ferramenta muito importante para o Manejo Integrado de Pragas da soja (MIP-Soja), uma vez que mantém a população dos insetos-pragas num nível tal que normalmente não causam prejuízos substanciais (CONTE et al., 2018).

No Brasil, existem pelo menos 23 espécies de micro-himenópteros parasitando ovos de percevejos da soja, dos quais *Telenomus podisi* Ashmead, 1893 (Hymenoptera: Platygasteridae) é a espécie mais abundante encontrada nas lavouras de soja (BUENO et al., 2012). Apesar de *T. podisi* parasitar preferencialmente ovos de *E. heros*, essa espécie de parasitoide é encontrada em ovos de diferentes espécies de percevejos pentatomídeos como *N. viridula* e *P. guildinii*, percevejos sugadores também importantes na cultura da soja (CORRÊA-FERREIRA et al., 2000; BUENO et al., 2012).

A importância dos parasitoides de ovos de percevejos, notadamente *T. podisi*, está ligada a supressão realizada na fase de ovo, impedindo a eclosão da ninfa e os danos posteriores. Tais parasitoides também possuem a capacidade comportamental de responder a densidade populacional de percevejos no campo, garantindo a eficiência do controle, equiparada inclusive ao controle químico com inseticidas (LAUMANN et al., 2010). Em ovos de *E. heros*, a eficiência de controle passou de 70% até o décimo dia de vida das fêmeas de *T. podisi*, com uma longevidade média de 30 dias e capacidade de parasitismo de mais de 100 ovos parasitados por fêmea nesse período. Isso demonstra a importância desse parasitoide nas lavouras de soja brasileiras, seja para o controle biológico natural ou aumentativo (PACHECO; CORRÊA-FERREIRA, 1998; SILVA et al., 2018b).

Como a utilização de agrotóxicos em larga escala ainda é uma realidade na cultura da soja, as pulverizações, que muitas vezes são feitas de forma inadequada, seja pelo número de aplicações, pelo uso de agrotóxicos não seletivos ou sem uma amostragem das pragas existentes na lavoura, levam a um desequilíbrio no agroecossistema, o que ocasiona a diminuição do complexo de inimigos naturais. Tal desequilíbrio eleva pragas secundárias ao status de pragas-chave da cultura além de aumentarem a possibilidade de evolução da resistência de insetos a inseticidas (CORRÊA-FERREIRA et al., 2010).

Por muito tempo, o impacto de agrotóxicos a inimigos naturais baseou-se unicamente em testes de letalidade, amparados dessa forma, no efeito desses

produtos em curto espaço de tempo. No entanto, sendo também uma parte deveras importante da toxicidade, o efeito subletal deve ser incorporado aos trabalhos de seletividade, já que os testes de toxicidade aguda, por si só, não fornecem uma informação completa em relação a seletividade de agrotóxicos a inimigos naturais (STECCA et al., 2016).

Os efeitos subletais de agrotóxicos a inimigos naturais podem ser caracterizados como distúrbios de ordem fisiológica e/ou comportamental. Os efeitos fisiológicos afetam basicamente a longevidade, o sistema imunológico e a reprodução, já os efeitos comportamentais tem impacto na atividade reprodutiva, na alimentação, oviposição e orientação do parasitoide. Ambos os efeitos acabam por modificar a biologia do inseto e com isso certamente na possibilidade de suprimirem os insetos-praga na lavoura (BIONDI et al., 2012).

Esses efeitos, mesmo em ocasiões em que não causam grande mortalidade do parasitoide, podem ser responsáveis pela extinção temporária desse agente na área agrícola tratada, o que, a longo prazo, prejudica o controle biológico, aumentando a possibilidade de surtos populacionais da praga, os custos do controle, além de aumentar a quantidade de resíduos de agrotóxicos na lavoura e nos alimentos (FRANCESENA et al., 2017).

Diante da importância econômica que os inimigos naturais representam, em especial os parasitoides de ovos de percevejos, os estudos que abordam os efeitos subletais de agrotóxicos em complemento aos trabalhos tradicionais de seletividade baseados unicamente na letalidade, são de extrema importância e adquirem o status de urgência para o MIP e consequentemente no auxílio na tomada de decisão do controle de insetos-praga nas lavouras de soja brasileiras (DESNEUX et al., 2007).

Considerando que os inseticidas atualmente falham no controle eficaz de *E. heros* nas lavouras de soja brasileiras e que umas das principais estratégias do MIP é o controle químico associado ao controle biológico, a utilização do parasitoide de ovos *T. podisi* demonstra grande potencial para a utilização nas lavouras de soja. Considerando também que atualmente está sendo utilizado o controle biológico aumentativo com a liberação massal desse parasitoide, os agrotóxicos a serem utilizados necessitam, além da eficiência de controle da praga, ser compatível com a utilização no MIP (BUENO et al. 2020).

A “*International Organization for Biological and Integrated Control*” (IOBC) é uma organização que padroniza testes de seletividade em níveis de laboratório e a campo com o intuito de classificar os agrotóxicos conforme o seu nível de adversidade a organismos benéficos. O guia apresentado pela IOBC combina métodos experimentais em laboratório e em condições de laboratório-ampliado que são aplicados sequencialmente: 1- com a exposição de adultos de parasitoides ou larvas de predadores a placas de vidro com uma película de agrotóxico aplicado sobre a mesma; 2- aplicação dos agrotóxicos diretamente sobre ovos do hospedeiro contendo pupas do parasitoide no seu interior; 3- exposição de adultos de parasitoides ou larvas de predadores a plantas tratadas com agrotóxicos ao longo do tempo visando testar a persistência do produto no ambiente (em condições de campo). Os efeitos subletais dos agrotóxicos são avaliados tanto pela exposição da fase adulta do parasitoide, como pela exposição nas fases imaturas (ovo, larva e pupa). Baseados na porcentagem de efeito dos tratamentos nos parâmetros estudados (R), os agrotóxicos são classificados em quatro classes de seletividade: inócuo (classe 1) ($R < 30\%$); levemente nocivo (classe 2) ($30\% \leq R \leq 79\%$); moderadamente nocivo (classe 3) ($80\% \leq R \leq 99\%$) e nocivo (classe 4) ($R > 99\%$) (HASSAN et al., 2000).

Infelizmente, devido a pandemia mundial de COVID-19 que assolou o Brasil e que começou afetar as atividades desenvolvidas no laboratório em meados do mês de março de 2020, os trabalhos direcionados ao semi-campo ou laboratório estendido não puderam ser totalmente realizados, apesar de todo o empenho da equipe laboratorial na época. Ainda assim, os resultados do trabalho realizado em laboratório fornece bases sólidas para o conhecimento acerca dos impactos dos agrotóxicos aqui testados, em nível letal e subletal, para a sua recomendação ou não no MIP na cultura da soja.

Os trabalhos avaliando a seletividade de agrotóxicos utilizados na cultura da soja a parasitoides de ovos normalmente enfocam nos efeitos letais desses produtos a parasitoides como *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) (BUENO et al., 2008; CARMO et al. 2010b; MAGANO et al., 2015; GRANDE et al., 2018), *T. podisi* e *Trissolcus basalis* (Wollaston 1858) (Hymenoptera: Platygasteridae) (ZANTEDESCHI et al., 2018a e 2018b), *Telenomus remus* Nixon (1937) (Hymenoptera: Platygasteridae) (CARMO et al., 2009; CARMO et al., 2010a), sendo concentrados basicamente nos estados do Sul do país.

Dado que efeitos subletais de agrotóxicos registrados para a cultura da soja a *T. podisi* carecem de resultados que suportem a sua utilização no MIP (BATTISTI et al., 2020; SILVA et al., 2018a; STECCA et al., 2017), o objetivo do trabalho foi classificar alguns agrotóxicos registrados para essa cultura quanto a sua seletividade (letal e subletal) em todas as fases de desenvolvimento do parasitoide (ovo, larva, pupa e adulta) para fornecer informações consistentes visando a utilização desses produtos nas lavouras de soja brasileiras, tanto para a manutenção do controle biológico conservativo quanto para a aplicação do controle biológico aplicado.

2.Artigo 1

Efeitos letal e subletal de agrotóxicos utilizados na cultura da soja nas fases imaturas de *Telenomus podisi* Ashmead, 1893 (Hymenoptera: Platygasteridae)

* Artigo redigido nas normas da revista "Ecotoxicology" (versão em português)

Efeitos letal e subletal de agrotóxicos utilizados na cultura da soja nas fases imaturas de *Telenomus podisi* Ashmead, 1893 (Hymenoptera: Platygasteridae)

Ronaldo Zantedeschi, Matheus Rakes, Franciele Silva de Armas, Rafael Antonio Pasini, Anderson Dionei Grützmacher

Resumo – O controle químico e o controle biológico são duas estratégias importantes para o controle de pragas e doenças na cultura da soja no Brasil. As crescentes produtividades brasileiras passam pela utilização ainda crescente de agrotóxicos, os quais podem causar efeitos letais e subletais ao parasitoide de ovos *Telenomus podisi* Ashmead, 1893 (Hymenoptera: Platygasteridae), um dos maiores inimigos naturais do percevejo-marrom *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) (Hemiptera: Pentatomidae). Foram testados os efeitos letal e subletal de seis inseticidas e quatro fungicidas com registro para essa cultura no Brasil, classificando os agrotóxicos com base na metodologia da “*International Organisation for Biological and Integrated Control*” (IOBC). Os inseticidas a base de indoxacarbe e lambda-cialotrina + tiametoxam devem ser preteridos para o controle de insetos-praga, tendo em vista que provocaram mortalidade de 100% dos adultos emergidos até às 72 horas em todas as fases de desenvolvimento de *T. podisi*. Os inseticidas a base de flubendiamida, beta-ciflutrina + imidacloprido, chlorantraniliprole e metoxifenoazida + espinetoram variaram em seus efeitos subletais, sendo flubendiamida e chlorantraniliprole os inseticidas mais seguros para serem utilizados, apesar de flubendiamida ter afetado a emergência de F1 em todas as fases de desenvolvimento do parasitoide. Beta-ciflutrina + imidacloprido provocou efeitos subletais na capacidade de parasitismo e emergência de F1 na fase larval, contudo, é uma alternativa para o controle de percevejos-praga na cultura da soja, tendo em vista que os efeitos foram levemente nocivos. Metoxifenoazida + espinetoram deve ter seu uso evitado, tendo em vista a

alta mortalidade provocada nas fases de ovo e pupa do parasitoide. O fungicida mais seguro para aplicação é picoxistrobina + ciproconazole seguido por trifloxistrobina + protioconazol e azoxistrobina + ciproconazol. O fungicida a base de azoxistrobina + benzovindiflupir deve ser evitado tendo em vista o seu efeito drástico na razão sexual de *T. podisi* em todas as fases de desenvolvimento testadas. Todos os agrotóxicos testados afetaram a razão sexual de F1, o que demanda atenção na utilização desses produtos. O monitoramento da lavoura deve ser realizado com frequência para reduzir aplicações desnecessárias tanto de inseticidas como de fungicidas e com isso, reduzir as chances de afetar a dinâmica populacional de *T. podisi* nas lavouras de soja.

Palavras-chave: controle biológico, controle químico, manejo integrado de pragas, seletividade de agrotóxicos, *Euschistus heros*, *Glycine max*.

Lethal and sublethal effects of pesticides used in soybean culture in the immature stages of *Telenomus podisi* Ashmead, 1893 (Hymenoptera: Platygasteridae)

Abstract - Chemical control and biological control are two important strategies for pest and disease control in soybean culture in Brazil. The growing Brazilian productivity is due to the still massive use of pesticides, which can cause lethal and sublethal effects to the egg parasitoid *Telenomus podisi* Ashmead, 1893 (Hymenoptera: Platygasteridae), one of the biggest natural enemies of the brown stink bug *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) (Hemiptera: Pentatomidae). The lethal and sublethal effects of six insecticides and four fungicides registered for this crop in Brazil were tested, classifying pesticides based on the methodology of the International Organization for Biological and Integrated Control (IOBC). Insecticides based on indoxacarb and lambda-cyhalothrin + thiamethoxam should be

disregarded for the control of pest insects, given that they caused mortality of 100% of adults that emerged up to 72 hours in all stages of development of *T. podisi*. The insecticides based on flubendiamide, beta-cyfluthrin + imidacloprid, chlorantraniliprole and methoxyfenozide + spinetoram varied in their sublethal effects, with flubendiamide and chlorantraniliprole being the safest insecticides to be used, despite the fact that flubendiamide affected the emergence of F1 in all phases. development of the parasitoid. Beta-cyfluthrin + imidacloprid caused sublethal effects on the parasitism capacity and F1 emergence in the larval stage, however, it is an alternative for the control of pest bugs in the soybean culture, considering that the effects were slightly harmful. Methoxyfenozide + espinetoram should be avoided, in view of the high mortality caused in the egg and pupal phases of the parasitoid. The safest fungicide for application is picoxystrobin + cyproconazole followed by trifloxystrobin + prothioconazole and azoxystrobin + cyproconazole. The azoxystrobin + benzovindiflupir-based fungicide should be avoided in view of its drastic effect on the sex ratio of *T. podisi* at all development stages tested. All tested pesticides affected the F1 sex ratio, which requires attention when using these products. Crop monitoring should be performed frequently to reduce unnecessary applications of both insecticides and fungicides and thereby reduce the chances of affecting the population dynamics of *T. podisi* in soybean crops.

Key Words: biological control, chemical control, integrated pest management, selectivity of pesticides, *Euschistus heros*, *Glycine max*.

Introdução

A cultura da soja (*Glycine max* L.) possui grande importância para a agricultura brasileira, pois é a principal oleaginosa cultivada no país em volume e geração de renda. Além

disso, os grãos possuem alto valor nutritivo para a fabricação de rações e como matéria-prima para vários outros produtos na indústria (Haas et al. 2018).

A produtividade da cultura, no entanto, está sujeita ao ataque de insetos-praga e doenças, ambos com potencial significativo para causar perdas. Os principais complexos de insetos-praga são as lagartas desfolhadoras e os percevejos fitófagos. A lagarta-da-soja *Anticarsia gemmatilis* (Hubner 1818) (Lepidoptera: Erebidae), a lagarta-falsa-medideira *Chrysodeixis includens* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae), o grupo das *Spodoptera* spp., além do percevejo marrom *Euschistus heros* (Fabricius, 1794) (Hemiptera: Pentatomidae) são as principais espécies de insetos-praga causadores de perdas significativas na cultura (Pereira et al. 2021). As doenças são muitas vezes causadas pelo ataque de fungos, dos quais *Phakopsora pachyrhizi* Sydow e Sydow (1914) é o principal patógeno incidente nessa cultura (Silva e Neto 2019).

As perdas provocadas por percevejos fitófagos são causadas pelos danos diretos aos grãos e na qualidade fisiológica das sementes (Pereira et al. 2021). O percevejo *E. heros* representa um dos maiores problemas a cultura, em função da sua ampla distribuição espacial nas lavouras brasileiras (Ferreira et al. 2018). A espécie começa a colonização da lavoura no início do período reprodutivo da cultura, com os prejuízos mais acentuados em R5 e permanecendo nas lavouras até a colheita, com reduções na produtividade que podem superar os 30%, o que compromete seriamente a viabilidade de setor produtivo da soja (Corrêa-Ferreira e Azevedo 2002). O ataque da ferrugem-da-soja causada pelo fungo *P. pachyrhizi* causa desfolha precoce e prejudica a capacidade fotossintética das plantas com perdas na ordem de 80% (Silva e Neto 2019).

Em função dos danos causados por insetos-praga na cultura da soja, o controle químico é comumente utilizado para evitar perdas na produtividade (Bueno et al. 2008). A utilização de inseticidas, no entanto, pode causar uma série de efeitos adversos como a evolução da

resistência dos insetos-praga e a elevação do status das pragas consideradas secundárias para o status de pragas primárias (Sosa-Gómez et al. 2020). O controle das doenças fúngicas, por sua vez, é realizado com a aplicação de fungicidas para evitar perdas na produtividade, o qual é preferido por ser um controle mais rápido e de fácil visualização dos resultados na lavoura (Delen e Tosun 2003).

O controle químico e o controle biológico são duas estratégias do Manejo Integrado de Pragas (MIP) que são usadas na cultura da soja para o manejo de *E. heros* (Van Lenteren et al. 2017). O controle biológico com o parasitoide de ovos *Telenomus podisi* Ashmead, 1893 (Hymenoptera: Platygastridae) possui eficiência de até 70% a campo e essa espécie é encontrada com frequência parasitando ovos de *E. heros* nas lavouras brasileiras, sendo o inimigo natural mais importante dessa praga (Bueno et al. 2020).

Contudo, a aplicação de agrotóxicos em lavouras de soja (inseticidas e fungicidas) pode afetar a dinâmica ecológica do ambiente, e com isso levar a mortalidade de *T. podisi* nas primeiras horas após a aplicação (efeito letal) ou causar efeitos tardios na fisiologia ou comportamento do parasitoide (efeitos subletais) (Desneux et al. 2007). Os efeitos subletais podem afetar a capacidade de parasitismo, a razão sexual da prole e ou a sua longevidade, com impactos a longo prazo que comprometem o controle biológico das pragas (Paiva et al. 2018).

Os testes que avaliam os efeitos letais (mortalidade e DL_{50}) não fornecem informações suficientes para prever a presença dos agentes de controle biológico no agroecossistema, uma vez que além dos efeitos diretos, os efeitos indiretos ou subletais comprometem a estabilidade da população do inimigo natural, levando a baixa eficiência de controle e ou a sua ausência. Dessa forma, o conhecimento dos efeitos letais e subletais são necessários para uma melhor compreensão a respeito da seletividade de agrotóxicos a inimigos naturais (Karise e Mänd 2015).

A maioria dos trabalhos de seletividade de agrotóxicos a parasitoides de ovos na fase imatura se concentra nos efeitos letais desses produtos quando são avaliados no máximo a redução na capacidade de parasitismo e a redução da emergência de F0 (Bueno et al. 2008, Carmo et al. 2009, Carmo et al. 2010b, Grande et al. 2018, Zantedeschi et al. 2018b). Assim, existe uma lacuna no conhecimento sobre os efeitos a longo prazo dos inseticidas e fungicidas utilizados na cultura da soja a esses inimigos naturais.

Assim, o objetivo do estudo foi avaliar os efeitos letal na mortalidade e subletal na emergência, capacidade de parasitismo, razão sexual e longevidade de 10 agrotóxicos utilizados na cultura da soja para o controle de pragas e doenças nas fases imaturas do parasitoide *T. podisi*.

Material e Métodos

Insetos e agrotóxicos

Os experimentos de letalidade e subletalidade de agrotóxicos ao parasitoide de ovos de percevejo *T. podisi* foram conduzidos no Laboratório de Manejo Integrado de Pragas (LabMIP) do Departamento de Fitossanidade, na Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas-RS. Os agrotóxicos foram testados na máxima dosagem recomendada e registrada para a cultura da soja (Tabela 1) e a metodologia adotada consta de adaptação de Paiva et al. (2018) para o parasitoide *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae).

Os parasitoides foram oriundos de criação massal obtida junto a empresa “BUG Brasil Agentes Biológicos[®]” e mantidos em laboratório (temperatura: 25 ± 1 °C; umidade relativa: $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas) sobre ovos do percevejo *E. heros* em cilindros de vidro e alimentados com mel puro (Peres e Corrêa-Ferreira 2004).

A criação de *E. heros*, oriunda de insetos adultos coletados a campo no estado do Rio Grande do Sul no ano de 2017, foi mantida em laboratório (temperatura: 25 ± 1 °C; umidade relativa: $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas) em potes plásticos de 5 L, alimentados com vagens frescas de feijão, amendoim e água *ad libitum* até a realização dos ensaios (Silva et al. 2008).

Ensaio de letalidade e subletalidade

Oito cartões confeccionados em cartolina azul (5,0 x 1,0 cm) contendo 25 ovos de *E. heros* com aproximadamente 24 horas foram colados com goma arábica e oferecidos ao parasitismo de fêmeas individualizadas de *T. podisi* por seis horas. Nos intervalos de 24, 96 e 144 horas após o parasitismo que compreende as fases de ovo, larva e pupa, respectivamente, os cartões foram mergulhados por cinco segundos na solução de cada agrotóxico. Depois de secos em temperatura ambiente, cada cartão foi individualizado em tubos de vidro de 10 x 2,0 cm e acondicionados em sala climatizada (temperatura: 25 ± 1 °C; umidade relativa: $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas) até o momento da emergência dos adultos. Cada tubo recebeu um filete de mel puro depositado em papel alumínio de 3,0 x 1,0 cm de espessura antes da emergência dos parasitoides para a alimentação dos mesmos. Foram utilizados oito cartões (repetições) por tratamento.

Diariamente foi anotada a mortalidade dos adultos após a emergência até 72 horas. Após 24 horas da emergência, 20 fêmeas de *T. podisi* foram individualizadas em tubos de vidro (10 x 2,0 cm), alimentadas com um filete de mel fornecido em papel alumínio de 3,0 x 1,0 cm. Aos 4, 5 e 6 dias após a emergência foi ofertado para cada fêmea um cartão contendo 25 ovos de *E. heros*, os quais foram removidos após 24 horas. A longevidade das fêmeas foi anotada diariamente para comparação com o controle no qual a aplicação foi realizada com água destilada. A razão sexual (número de fêmeas / número de machos + fêmeas) foi calculada após a separação de 200 indivíduos por tratamento observando em lupa as características da antena de cada indivíduo.

Classificação dos agrotóxicos

A redução do parasitismo e emergência em F1 foi calculada pela equação: $R (\%) = [(1 - T / C) * 100]$, em que R é a porcentagem de redução do parasitismo/emergência; T é o parasitismo/emergência média para o tratamento e C é o parasitismo/emergência média para o controle. De posse dos resultados, os agrotóxicos foram classificados em quatro classes de seletividade, sendo classe 1, inócuo ($R < 30\%$); classe 2, levemente nocivo ($30\% \leq R \leq 79\%$); classe 3, moderadamente nocivo ($80\% \leq R \leq 99\%$); e classe 4, nocivo ($R > 99\%$) (Hassan et al. 2000).

Análise dos dados

Os valores obtidos referentes a mortalidade, longevidade média, parasitismo médio, emergência média e razão sexual nas fases de ovo, larva e pupa na geração F0 e F1, foram submetidos a análise quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk, à homocedasticidade pelo teste de Barlett e a independência dos resíduos foi verificada graficamente. Quando atendidos os pressupostos, estes dados foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$) (ANOVA). Constatando-se significância estatística, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Quando não atenderam os pressupostos de normalidade, homocedasticidade e independência dos resíduos os dados foram submetidos a análise de Kruskal-Wallis para analisar a significância ($p \leq 0,05$) e posteriormente ao teste de média de Dunn, com correção de Bonferroni a 5% ($p \leq 0,05$).

Resultados

Efeitos letal e subletal na fase de ovo do parasitoide

Os inseticidas indoxacarbe e flubendiamida e os fungicidas picoxistrobina + ciproconazole, trifloxistrobina + protioconazol e azoxistrobina + ciproconazol não diferiram significativamente da testemunha, não afetaram a emergência do parasitoide e foram

classificados como inócuos (classe 1) (Tabela 2). No entanto, para esse mesmo parâmetro, os inseticidas beta-ciflutrina + imidacloprido, metoxifenoza + espinetoram e chlorantraniliprole, além do fungicida azoxistrobina + benzovindiflupir, apesar de não diferirem significativamente da testemunha, foram levemente nocivos (classe 2) (Tabela 2). O inseticida lambda-cialotrina + tiametoxam diferiu significativamente da testemunha e foi classificado como moderadamente nocivo (classe 3) (Tabela 2) para a redução da emergência de F1.

Os inseticidas indoxacarbe, lambda-cialotrina + tiametoxam e metoxifenoza + espinetoram causaram 100% de mortalidade dos parasitoides emergidos até as 72 horas, mas os demais agrotóxicos não afetaram significativamente esse parâmetro (Tabela 2). A longevidade das fêmeas oriundas dos tratamentos foi afetada somente para o fungicida azoxistrobina + ciproconazol, o qual diferiu significativamente da testemunha (Tabela 2).

Nenhum dos tratamentos afetou significativamente a capacidade de parasitismo até às 72 horas das fêmeas tratadas e todos foram classificados, dessa forma, como inócuos (classe 1) (Tabela 3). A emergência dos adultos, no entanto, foi prejudicada por flubendiamida e azoxistrobina + benzovindiflupir, ambos classificados como levemente nocivos (classe 2) para esse parâmetro (Tabela 3).

Efeitos letal e subletal na fase de larva do parasitoide

Na fase larval do parasitoide, houve diferença significativa entre os tratamentos para emergência e mortalidade acumulada em F0 (Tabela 4). Entre os inseticidas, apenas lambda-cialotrina + tiametoxam diferiu significativamente dos demais tratamentos para a emergência em F0, sendo classificado como nocivo (classe 4). Os inseticidas beta-ciflutrina + imidacloprido, metoxifenoza + espinetoram e chlorantraniliprole, apesar de não diferirem significativamente da testemunha, foram classificados como levemente nocivos (classe 2)

para a redução da emergência de F0, ao passo que os demais tratamentos foram inócuos (classe 1) para esse parâmetro (Tabela 4). Quanto ao efeito na mortalidade acumulada, os inseticidas indoxacarbe e lambda-cialotrina + tiametoxam foram os únicos a diferirem significativamente da testemunha, com 100% de mortalidade dos parasitoides emergidos até as 72 horas. A longevidade das fêmeas em F1 não diferiu significativamente entre os tratamentos nessa fase de desenvolvimento (Tabela 4).

A capacidade de parasitismo de F0 não diferiu significativamente entre os tratamentos para a fase larval. Apesar disso, o inseticida beta-ciflutrina + imidacloprido e os fungicidas trifloxistrobina + protioconazol e azoxistrobina + ciproconazol foram classificados como levemente nocivos (classe 2) para esse parâmetro (Tabela 5).

Houve diferença significativa entre os tratamentos para a redução da emergência de F1, sendo que apenas o inseticida chlorantraniliprole não diferiu significativamente da testemunha. O inseticida chlorantraniliprole e o fungicida picoxistrobina + ciproconazole, apesar desse último ter diferido significativamente da testemunha, foram classificados como inócuos (classe 1), enquanto os demais tratamentos foram classificados como levemente nocivos (classe 2) afetando negativamente esse parâmetro (Tabela 5).

Efeitos letal e subletal na fase de pupa do parasitoide

A emergência em F0 foi afetada pelos inseticidas flubendiamida e lambda-cialotrina + tiametoxam e pelo fungicida picoxistrobina + ciproconazole, os quais diferiram em significância da testemunha. No entanto, o inseticida lambda-cialotrina + tiametoxam foi classificado como moderadamente nocivo (classe 3), os inseticidas flubendiamida e chlorantraniliprole e o fungicida picoxistrobina + ciproconazole foram classificados como levemente nocivos (classe 2), apesar de chlorantraniliprole não ter diferido significativamente da testemunha (Tabela 6).

Foi encontrada diferença significativa entre os tratamentos para mortalidade acumulada, em que os inseticidas indoxacarbe, lambda-cialotrina + tiametoxam e metoxifenoazida + espinetoram causaram 100% de mortalidade até as 72 horas. Os demais tratamentos não diferiram significativamente da testemunha (Tabela 6). A longevidade das fêmeas em F1 foi afetada por chlorantraniliprole e trifloxistrobina + protioconazol, os quais diferiram significativamente da testemunha (Tabela 6).

A redução na capacidade de parasitismo de F0 foi significativa em relação a testemunha para o inseticida metoxifenoazida + espinetoram que foi classificado como levemente nocivo (classe 2) e para os fungicidas trifloxistrobina + protioconazol e azoxistrobina + ciproconazol também classificados como levemente nocivos (classe 2) (Tabela 7). A redução na emergência de F1 diferiu significativamente para os tratamentos com os inseticidas flubendiamida e metoxifenoazida + espinetoram e para os fungicidas trifloxistrobina + protioconazol e azoxistrobina + ciproconazol, que foram classificados como levemente nocivos a *T. podisi* (classe 2) (Tabela 7).

Efeito subletal na razão sexual nas fases de ovo, larva e pupa do parasitoide

A razão sexual de *T. podisi* diferiu significativamente da testemunha para todos os tratamentos na fase de ovo, sendo que os inseticidas flubendiamida, metoxifenoazida + espinetoram e chlorantraniliprole provocaram a emergência somente de indivíduos machos e a razão sexual do tratamento com beta-ciflutrina + imidacloprido provocou redução acentuada no número de fêmeas emergidas. Os tratamentos com os fungicidas trifloxistrobina + protioconazol e azoxistrobina + ciproconazol, apesar de diferirem da testemunha, causaram menor redução na emergência de fêmeas comparativamente aos tratamentos com os fungicidas picoxistrobina + ciproconazole e azoxistrobina + benzovindiflupir, nos quais o efeito foi mais tóxico, com redução acentuada no número de fêmeas emergidas (Tabela 8).

A razão sexual na fase larval diferiu significativamente para todos os tratamentos em relação a testemunha, sendo os efeitos mais drásticos observados para os inseticidas beta-ciflutrina + imidacloprido e metoxifenoazida + espinetoram, os quais provocaram a emergência de apenas indivíduos do sexo masculino. Flubendiamida e chlorantraniliprole também causaram a emergência de um número bastante baixo de fêmeas na progênie (Tabela 8). Os fungicidas testados, apesar de diferirem significativamente da testemunha, tiveram um impacto menor na razão sexual da progênie, comparativamente aos inseticidas testados nessa fase de desenvolvimento do parasitoide (Tabela 8).

A razão sexual da progênie após tratamentos na fase de pupa do parasitoide diferiu significativamente em relação a testemunha. O inseticida flubendiamida e o fungicida trifloxistrobina + protioconazol não diferiram significativamente da testemunha. Azoxistrobina + ciproconazol diferiu significativamente da testemunha mas, como o tratamento com o fungicida apresentou um número maior de fêmeas emergidas, é considerado benéfico do ponto de vista do controle biológico porque houve um acréscimo no número de fêmeas na progênie. O inseticida metoxifenoazida + espinetoram causou a maior redução no número de fêmeas na progênie, seguido pelo inseticida beta-ciflutrina + imidacloprido e pelo fungicida azoxistrobina + benzovindiflupir (Tabela 8). Os tratamentos com o inseticida chlorantraniliprole e com o fungicida picoxistrobina + ciproconazol, embora tenham diferido significativamente da testemunha, causaram impacto menor na razão sexual da progênie (Tabela 8).

Discussão

No manejo integrado de pragas é imprescindível que conheçamos os impactos negativos da aplicação de agrotóxicos sobre espécies benéficas e, para tanto, o conhecimento dos efeitos a longo prazo ou subletais é fundamental para o conhecimento completo dos possíveis

impactos e assim tomarmos os devidos cuidados quanto a pulverização de agrotóxicos (Desneux et al. 2007). Evidenciamos a necessidade de tais estudos baseados no fato de que os agrotóxicos ainda são a estratégia mais usada para o controle de pragas e doenças (Roubos et al. 2014).

Nossos resultados demonstram que os inseticidas variam em função dos efeitos letais e subletais. Indoxacarbe e lambda-cialotrina + tiametoxam são inseticidas com efeitos letais severos (100% de letalidade até as 72 horas) e devem ser evitados dentro do MIP da cultura da soja. Estudo recente indica que indoxacarbe e lambda-cialotrina causam danos em nível molecular que afeta os hemócitos, e essa genotoxicidade aumenta significativamente o nível de risco desses inseticidas (Shan et al. 2020).

Os efeitos subletais em F1 de indoxacarbe e lambda-cialotrina + tiametoxam não foram avaliados em função da sua letalidade. Indoxacarbe, no entanto, não reduziu significativamente a emergência dos parasitoides em F0, ao passo que lambda-cialotrina + tiametoxam foi moderadamente nocivo nas fases de ovo e pupa, mas nocivo na fase larval. Indoxacarbe também causou 100% de mortalidade de *Copidosoma truncatellum* (Dalman, 1820) (Hymenoptera: Encyrtidae) após contato do parasitoide com residual do inseticida (Ramos et al. 2018). Barros et al. (2018) encontraram 100% de mortalidade de *T. podisi* causada por lambda-cialotrina e tiametoxam tanto na menor quanto na maior dosagem registrada para os inseticidas na cultura do algodoeiro. Paiva et al. (2018) observaram redução da emergência do parasitoide *T. pretiosum* quando a aplicação de lambda-cialotrina + tiametoxam se deu na fase de pupa do parasitoide, embora em F1 os autores não tenham encontrado efeito do inseticida na emergência, longevidade e capacidade de parasitismo.

De um modo geral, os inseticidas neurotóxicos, caso de ambos os supracitados inseticidas, são tóxicos para inimigos naturais. No caso dos neonicotinoides como tiametoxam, há evidências de maior taxa de absorção via cutícula do inseto, o que resulta em

maior toxicidade, bem como de acumulação do inseticida no tecido adiposo (Tomizawa e Casida 2005), além de afetar várias funções nos insetos em função de atuar nos receptores da acetilcolina, a qual é usada como neurotransmissor envolvido em várias funções sensoriais (Cook et al. 2016). O sub-grupo dos piretroides também causam efeitos letais evidentes, alterando vários comportamentos em insetos benéficos como os parasitoides (Desneux et al. 2006). Aqui, a combinação desses dois sub-grupos de inseticidas neurotóxicos, lambda-cialotrina + tiametoxam, se mostrou letal para *T. podisi* na concentração mais alta recomendada.

Por outro lado, beta-ciflutrina + imidacloprido, apesar de pertencer aos mesmos grupos químicos de lambda-cialotrina + tiametoxam, foi pouco tóxico a *T. podisi*, causando baixa mortalidade acumulada, apesar de afetar levemente os parâmetros de emergência em F0 e F1 e a capacidade de parasitismo de F1 na fase larval da aplicação do inseticida. De acordo com Hemingway (2000), para alguns inseticidas, os insetos conseguem metabolizar os ingredientes ativos com maior eficácia, o que resulta em menor toxicidade. No entanto, é preciso considerar que o contato desse inseticida na fase adulta de parasitoides como *T. podisi* e *Trissolcus basalis* (Wollaston 1858) (Hymenoptera: Platygasteridae) foi tóxico para a capacidade de parasitismo (Zantedeschi et al. 2018a) e moderadamente nocivo para a capacidade de parasitismo e emergência de *Telenomus remus* (Nixon, 1937) (Hymenoptera: Platygasteridae) (Carmo et al. 2010a).

O inseticida flubendiamida atua por ingestão e pouco por contato em insetos e, geralmente não apresenta efeitos letais significativos. Sua seletividade está mais ligada a esse modo de ação, atuando em insetos fitófagos com mais frequência (Lahm et al. 2009). Além disso, a atividade enzimática como detoxificadora desse inseticida foi demonstrada como eficiente em algumas espécies como *C. truncatellum*, possibilitando um menor impacto desse inseticida, embora afete a locomoção dos adultos tratados desse inseto (Ramos et al. 2018). A

locomção das fêmeas do parasitoide é crucial para a busca do hospedeiro, assim esse efeito subletal afeta o controle biológico. Encontramos efeito subletal de flubendiamida na emergência dos adultos de F1 em todas as fases imaturas de *T. podisi*, o que afeta a dinâmica populacional do parasitoide. Na fase de pupa de *T. pretiosum*, Paiva et al. (2018) também observaram a redução da emergência, o que confirma o efeito subletal desse inseticida a parasitoides em fases imaturas.

Metoxifenoazida + espinetoram combina os grupos dos agonistas dos receptores de ecddisteróides com moduladores alostéricos de receptores nicotínicos da acetilcolina, respectivamente. Este último, reportado como nocivo ao parasitoide *T. pretiosum*, em todas as fases imaturas, nas quais afetou a emergência do parasitoide, bem como causou 100% de mortalidade na fase adulta (Khan et al. 2015, Khan e Ruberson 2017). Encontramos resultados semelhantes com alta mortalidade acumulada além de efeitos na emergência em F0 e F1, embora o parasitismo em F1 tenha sido pouco afetado. Acreditamos que os efeitos adversos se devam principalmente ao espinetoram, por causa do seu modo de atuação, uma vez que metoxifenoazida, por ser um inseticida regulador do crescimento dos insetos, possui maior especificidade e geralmente não afeta o controle biológico (Carmo et al. 2009).

Quanto ao inseticida chlorantraniliprole, que atua ativando um receptor de rianodina no músculo dos insetos causando paralisia e morte, é seletivo a espécies não alvo como os parasitoides, uma vez que o seu modo de atuação é específico para lepidópteros e coleópteros. Brugger et al. (2010) confirmaram a seletividade de chlorantraniliprole a sete espécies de parasitoides, os quais não foram afetados na capacidade de parasitismo e na emergência após contato com resíduos secos do inseticida. No entanto, quando aplicado na fase de pupa de *T. pretiosum*, chlorantraniliprole reduziu a emergência desse parasitoide (Paiva et al. 2018). Na presente pesquisa também encontramos efeitos desse inseticida na emergência nas três fases imaturas de *T. podisi*, além de afetar a longevidade quando testado na fase de pupa do

374 parasitoide. Assim, a utilização de inseticidas que contenham esse ingrediente ativo deve ser
375 utilizado com cautela no MIP, uma vez que os efeitos letais e subletais impactam na
376 sobrevivência do parasitoide.

377 Apesar dos fungicidas terem seu efeito direcionado a patógenos incidentes na cultura da
378 soja, eles podem ter efeitos letais e ou subletais sobre organismos não alvo como os
379 parasitoides (Magano et al. 2015). Além disso, os fungicidas podem afetar indiretamente os
380 insetos benéficos através da inibição de enzimas detoxificantes como as monooxigenases
381 (Schmuck et al. 2003, Wade et al. 2019).

382 Testando a seletividade de fungicidas a adultos de *T. pretiosum*, Magano et al. (2015)
383 concluíram que mais de 60% dos produtos testados afetam a capacidade de parasitismo do
384 parasitoide. Fungicidas como trifloxistrobina + protioconazol e azoxistrobina + ciproconazol
385 foram levemente nocivos nessa fase de desenvolvimento. Aqui demonstramos que na fase
386 imatura (larva e pupa) esses dois fungicidas também afetaram a capacidade de parasitismo em
387 F1, bem como a emergência. Também observamos a redução na longevidade das fêmeas
388 tratadas na fase de ovo para azoxistrobina + ciproconazol e na fase de pupa para
389 trifloxistrobina + protioconazol.

390 Embora trabalhos testando os efeitos letais e principalmente os efeitos subletais de
391 fungicidas a parasitoides sejam escassos, isso não retira a necessidade de avaliações nesse
392 sentido. Como já exposto, embora os sítios de atuação dos fungicidas não existam em insetos,
393 eles podem afetar outros parâmetros biológicos e assim prejudicar a eficácia do controle
394 biológico natural e aplicado (Pratissoli et al. 2010).

395 A razão sexual de *T. podisi* foi a mais afetada pela aplicação dos agrotóxicos nas fases
396 imaturas. A presença de parasitoides de ovos no campo está diretamente ligada a razão sexual
397 da população do inseto nesse ambiente, uma vez que a presença de um número maior de
398 fêmeas, além de garantir a dinâmica populacional para as próximas gerações, também permite

o controle mais eficiente das populações de insetos-praga na lavoura (Delpuech e Meyet 2003). A mudança na razão sexual em *T. podisi* está relacionada a fatores estressantes do ambiente como temperatura, tempo de exposição ao parasitismo e densidade de fêmeas (Pacheco e Corrêa-Ferreira 1998). Na presente pesquisa esses fatores foram isolados, de tal forma que o efeito se deve aos agrotóxicos testados. Segundo Delpuech e Meyet (2003), os agrotóxicos, principalmente os inseticidas, afetam o número de ovos fertilizados pelas fêmeas, provocando a emergência de mais indivíduos do sexo masculino.

Esse efeito subletal pode ter ocorrido após o contato das fêmeas com os agrotóxicos no momento da emergência. Apesar do córion do ovo hospedeiro ser uma importante barreira ao contato das fases imaturas do parasitoide com os agrotóxicos aplicados, as fêmeas entram em contato com a superfície tratada dos ovos ao emergirem (Parsaeyan et al. 2020), os quais podem afetar sua sobrevivência ou provocar efeitos subletais como observado nessa pesquisa.

A razão sexual de *T. podisi* em F1 após tratamento em F0 nas fases imaturas foi pouco avaliado em trabalhos anteriores (Silva et al. 2018a). O contato na fase adulta com os inseticidas a base de clorantraniliprole, imidacloprido e spinosad, no entanto, não afetou a razão sexual de F1 de *Trichogramma achaeae* Nagaraja & Nagarkatti, 1970 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) (Fontes et al. 2018). Dessa forma, as avaliações dos efeitos subletais após aplicação nas fases imaturas de parasitoides é essencial, tendo em vista que os impactos nessa fase de desenvolvimento diferem em grande medida dos efeitos observados na fase adulta.

A razão sexual da geração F1 do parasitoide *Ooencyrtus submetallicus* Howard, 1897 (Hymenoptera: Encyrtidae) após contato da fase adulta com imidacloprido + beta - ciflutrina não foi igualmente afetada pelo inseticida (Sanomia et al. 2020). Outros efeitos de imidacloprido pôde ser observado na capacidade sensorial das fêmeas do parasitoide *Nasonia vitripennis* (Walker, 1836) (Hymenoptera: Pteromalidae), o qual afetou a percepção de

posturas pré-parasitadas por parte das fêmeas tratadas, interferindo na razão sexual da prole, com custos na adaptação do parasitoide ao ambiente (Cook et al. 2016). Nesse caso também deve-se levar em consideração as diferenças entre espécies, as quais podem reagir de modo diverso aos agrotóxicos aplicados, embora, de maneira geral, os parasitoides da ordem Hymenoptera tenham muitas semelhanças quanto aos parâmetros biológicos (Flanders 1965).

O inseticida a base de clorantraniliprole não afetou a razão sexual de F1 de *T. podisi* quando aplicado na fase de pupa do parasitoide em ensaio de Silva et al (2018a). Nesta pesquisa, embora tenha afetado a razão sexual nessa fase, o impacto foi menor do que o observado nas fases de ovo e larva, quando a razão sexual foi drasticamente afetada, sendo 0,00 e 0,19, respectivamente. Já o inseticida metoxifenoazida geralmente possui seletividade a espécies não alvo pelo fato de atuar como acelerador da ecdise de insetos. Acreditamos que seus efeitos subletais na razão sexual de *T. podisi* se deva a mistura com o inseticida espinetoram, o qual apresenta maior impacto a inimigos naturais (Parsaeyan et al. 2020).

Da mesma forma que os inseticidas, os fungicidas carecem de informações a respeito de seus efeitos na razão sexual quando as fases imaturas de *T. podisi* recebem o tratamento. Quando em contato com a fase adulta do parasitoide *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner, 1983 (Hymenoptera: Trichogrammatidae), no entanto, o fungicida a base de azoxistrobina afetou negativamente a razão sexual do parasitoide (Pratissoli et al. 2010). Nosso trabalho demonstra que o fungicida mais prejudicial a *T. podisi* para esse parâmetro é a combinação de azoxistrobina + benzovindiflupir, devendo sempre que possível ser evitado nos programas de MIP na cultura da soja.

O controle químico em associação com o controle biológico são duas das estratégias do MIP usados na cultura da soja. O conhecimento dos efeitos letais e subletais dos inseticidas e fungicidas potencialmente utilizados nessa cultura fornece informações importantes para a escolha dos agrotóxicos para o manejo de insetos-praga e doenças. Os inseticidas a base de

indoxacarbe e lambda-cialotrina + tiametoxam devem ser preteridos para o controle de insetos-praga, tendo em vista que provocaram mortalidade de 100% dos adultos emergidos até às 72 horas em todas as fases de desenvolvimento de *T. podisi*. Os inseticidas a base de flubendiamida, beta-ciflutrina + imidacloprido, chlorantraniliprole e metoxifenoizida + espinetoram variaram em seus efeitos subletais, sendo flubendiamida e chlorantraniliprole os inseticidas mais seguros para serem utilizados, apesar de flubendiamida ter afetado a emergência de F1 em todas as fases de desenvolvimento do parasitoide. Beta-ciflutrina + imidacloprido provocou efeitos subletais na capacidade de parasitismo e emergência de F1, contudo, é uma alternativa para o controle de percevejos-praga na cultura da soja, tendo em vista que os efeitos foram levemente nocivos. Metoxifenoizida + espinetoram deve ser utilizado com cautela, tendo em vista a alta mortalidade provocada nas fases de ovo e pupa do parasitoide. O fungicida mais seguro para aplicação é picoxistrobina + ciproconazole seguido por trifloxistrobina + prothioconazol e azoxistrobina + ciproconazol. O fungicida a base de azoxistrobina + benzovindiflupir deve ser evitado tendo em vista o seu efeito drástico na razão sexual de *T. podisi* em todas as fases de desenvolvimento testadas. Todos os agrotóxicos testados afetaram a razão sexual de F1, o que demanda atenção na utilização desses produtos. O monitoramento da lavoura deve ser realizado com frequência para reduzir aplicações desnecessárias tanto de inseticidas como de fungicidas e com isso, reduzir as chances de afetar a dinâmica populacional de *T. podisi* nas lavouras de soja.

Agradecimentos

Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro.

Referências

Agrofit – Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários (2020) Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Consulta em: 10 de janeiro de 2020.

Barros EM, Silva-Torres CSA, Torres JB, Rolim GG (2018) Short-term toxicity of insecticides residues to key predators and parasitoids for pest management in cotton. *Phytoparasitica* 46(3):391-404

Brugger KE, Cole PG, Newman IC, Parker N, Scholz B, Suvagia P, Walker G, Hammond TG (2010) Selectivity of chlorantraniliprole to parasitoid wasps. *Pest Management Science* 66(10):1075-1081

Bueno AF, Braz EC, Favetti BM, França-Neto JB, Silva GV (2020) Release of the egg parasitoid *Telenomus podisi* to manage the Neotropical Brown Stink Bug, *Euschistus heros*, in soybean production. *Crop Protection* 137:105310.

Bueno AF, Bueno RCOF, Parra JRP, Vieira SS (2008) Effects of pesticides used in soybean crops to the egg parasitoid *Trichogramma pretiosum*. *Ciência Rural* 38(6):1495-1503

Carmo EL, Bueno AF, Bueno RCOF (2010a) Pesticide selectivity for the insect egg parasitoid *Telenomus remus*. *Biocontrol* 55:455-464

Carmo EL, Bueno AF, Bueno RCOF, Vieira SS, Goulart MMP, Carneiro TR (2010b) Seletividade de produtos fitossanitários utilizados na cultura da soja para pupas de

499 *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Arquivos do
 500 Instituto Biológico 77(2):283-290
 501
 502 Carmo EL, Bueno AF, Bueno RCOF, Vieira SS, Gobbi AL, Vasco FR (2009) Seletividade de
 503 diferentes agrotóxicos usados na cultura da soja ao parasitoide de ovos *Telenomus remus*.
 504 Ciência Rural 39(8):2293-2300
 505
 506 Cook N, Green J, Shuker DM, Whitehorn PR (2016) Exposure to the neonicotinoid
 507 imidacloprid disrupts sex allocation cue use during superparasitism in the parasitoid wasp
 508 *Nasonia vitripennis*. Ecological Entomology 41(6): 693-697
 509
 510 Corrêa-Ferreira BS, Azevedo J (2002) Soybean seed damage by different species of stink
 511 bugs. Agricultural and Forest Entomology 4:145-150
 512
 513 Delen N, Tosun N (2003) Fungicidas: mecanismos de ação e resistência. Parte 1: Fungicidas
 514 com mecanismos de ação não-específica. In: Luz WC. (Ed.) Revisão Anual de Patologia de
 515 Plantas 43-69
 516
 517 Delpuech JM, Meyet J (2003) Reduction in the sex ratio of the progeny of a parasitoid wasp
 518 (*Trichogramma brassicae*) surviving the insecticide chlorpyrifos. Archives of Environmental
 519 Contamination and Toxicology 45:203-208
 520
 521 Desneux N, Decourtye A, Delpuech JM (2007) The sublethal effects of pesticides on
 522 beneficial arthropods. Annual Review of Entomology 52:81-106
 523

524 Desneux N, Ramirez-Romero R, Kaiser L (2006) Multistep bioassay to predict recolonization
 525 potential of emerging parasitoids after a pesticide treatment. *Environmental Toxicology and*
 526 *Chemistry* 25: 2675.

527

528 Ferreira SB, Peixoto MF, Oliveira RRC, Quintino GB, Bortolani PAA (2018) Danos causados
 529 por *Euschistus heros* (Fabr. 1974) em soja (*Glycine max*). *Global Science and Technology*
 530 11(3):01-09

531

532 Flanders SE (1965) On the sexuality and sex ratios of hymenopterous populations. *The*
 533 *American Naturalist* 99:489-494

534

535 Fontes J, Roja IS, Tavares J, Oliveira L (2018) Lethal and sublethal effects of various
 536 pesticides on *Trichogramma achaeae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Journal of*
 537 *Economic Entomology* (111):1219-1226

538

539 Grande MLM, Braz ÉC, Bueno AF, Silva DM, Queiroz AP, Ventura MU (2018) Effect of
 540 increasing rate of insecticides on its selectivity for *Trichogramma pretiosum* Riley
 541 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Semina: Ciências Agrárias* 39(3):933-946

542

543 Haas BA, Pasini MPB, Engel E, Horz DC, Vincensi CP, Masiero CEP, Costa RMD, Campos
 544 RS, Feltrin BB, Souza LM (2018) Eficiência econômica de inseticidas sobre *Anticarsia*
 545 *gemmatilis* na cultura da soja. *Revista Interdisciplinar de Ensino, Pesquisa e Extensão* 6:358-
 546 365

547

548 Hassan SA, Halsall N, Gray AP, Kuehner C, Moll M, Bakker FM, Roembke J, Yousef A,
 549 Nasr F, Abdelgader H (2000). A laboratory method to evaluate the side effects of plant
 550 protection products on *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hymenoptera:
 551 Trichogrammatidae) In Candolfi MP, Blümel S, Forster R, Bakker FM, Grimm C, Hassan
 552 AS, Heimbach U, Mead-Briggs MA, Reber B, Schmuck R, Vogt H (eds) Guidelines to
 553 evaluate side-effects of plant protection products to non-target arthropods 107–119 Reinheim:
 554 IOBC/WPRS
 555
 556 Hemingway J (2000) The molecular basis of two contrasting metabolic mechanisms of
 557 insecticide resistance. *Insect Biochemistry and Molecular Biology* 30(11):1009-1015
 558
 559 Karise R, Mänd M (2015) Recent insights into sublethal effects of pesticides on insect
 560 respiratory physiology. *Open Access Insect Physiology* 5:31-39
 561
 562 Khan MA, Khan H, Ruberson JR (2015) Lethal and behavioral effects of selected novel
 563 pesticides on adults of *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Pest*
 564 *Management Science* 71(12):1640-1648.
 565
 566 Khan MA, Ruberson JR (2017) Lethal effects of selected novel pesticides on immature stages
 567 of *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Pest Management Science*
 568 73(12):2465-2472
 569
 570 Lahm GP, Cordova D, Barry JD (2009) New and selective ryanodine receptor activators for
 571 insect control. *Bioorganic & Medicinal Chemistry* 17:4127-4133
 572

573 Magano DA, Grutzmacher AD, De Armas FS, Paulus LF, Panozzo LE, Mentnech KJ, Zotti
 574 MJ (2015) Evaluating the selectivity of registered fungicides for soybean against
 575 *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). African Journal of
 576 Agricultural Research 10(40):3825-3831
 577

578 Pacheco DJP, Corrêa-Ferreira BS (1998) Potencial reprodutivo e longevidade do parasitóide
 579 *Telenomus podisi* Ashmead, em ovos de diferentes espécies de percevejos. Anais da
 580 Sociedade Entomológica do Brasil 27(4):585-591
 581

582 Paiva ACR, Beloti VH, Yamamoto PT (2018) Sublethal effects of insecticides used in
 583 soybean on the parasitoid *Trichogramma pretiosum*. Ecotoxicology 27(4):448-456
 584

585 Parsaeyan E, Saber M, Safavi SA, Poorjavad N, Biondi A (2020) Side effects of
 586 chlorantraniliprole, phosalone and spinosad on the egg parasitoid, *Trichogramma brassicae*.
 587 Ecotoxicology (29):1052-1061
 588

589 Pereira RM, Martins WR, Moreira LS, Oliveira HMS, Ribeiro DO, Tomás RG, Silva AJ
 590 (2021) Distribuição espacial do *Euschistus heros* na cultura da soja. Brazilian Journal of
 591 Development 7(1):4051-4065
 592

593 Peres WAA, Corrêa-Ferreira BS (2004) Methodology of mass multiplication of *Telenomus*
 594 *podisi* Ash. and *Trissolcus basal* (Woll.) (Hymenoptera: Scelionidae) on eggs of *Euschistus*
 595 *heros* (Fab.) (Hemiptera: Pentatomidae). Neotropical Entomology 33(4):457-462
 596

597 Pratissoli D, Milanez AM, Barbosa WF, Celestino FN, Andrade GS, Polanczyk RA (2010)
 598 Side effects of fungicides used in cucurbitaceous crop on *Trichogramma atopovirilia* Oatman
 599 & Platner (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Chilean Journal of Agricultural Research
 600 70(2):323-327
 601
 602 Ramos RS, Araújo VCR, Pereira RR, Martins JC, Queiroz OS, Silva RS, Picanço MC (2018)
 603 Investigation of the lethal and behavioral effects of commercial insecticides on the parasitoid
 604 wasp *Copidosoma truncatellum*. Chemosphere 191:770-778
 605
 606 Roubos CR, Rodriguez-Saona C, Isaacs R (2014) Mitigating the effects of insecticides on
 607 arthropod biological control at field and landscape scales. Biological Control 75:28-38
 608
 609 Sanomia WY, Pereira FF, Silva IF (2020) Insecticide selectivity to *Ooencyrtus submetallicus*
 610 (Hymenoptera: Encyrtidae) under extended laboratory conditions. Pesquisa Agropecuária
 611 Tropical (50):e61793
 612
 613 Schmuck R, Stadler T, Schmidt HW (2003) Field relevance of a synergistic effect observed in
 614 the laboratory between an EBI fungicide and a chloronicotinyl insecticide in the honeybee
 615 (*Apis mellifera* L, Hymenoptera). Pest Management Science 59(3):279-286
 616
 617 Shan Y-X, Zhu Y, Li J-J, Wang, N-M, Yu Q-T, Xue C-B (2020) Acute lethal and sublethal
 618 effects of four insecticides on the lacewing (*Chrysoperla sinica* Tjeder). Chemosphere
 619 250:126321
 620

621 Silva CC, Laumann RA, Blassioli MC, Pareja M, Borges M (2008) *Euschistus heros* mass
622 rearing technique for the multiplication of *Telenomus podisi*. Pesquisa Agropecuária
623 Brasileira 43(5):575-580
624

625 Silva GV, Bueno AF, Favetti BM, Neves PMOJ (2018a) Selectivity of chlorantraniliprole and
626 lambda-cyhalothrin to the egg parasitoid *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Platygasteridae).
627 Semina: Ciências Agrárias (39):549-564
628

629 Silva GV, Bueno AF, Neves PMOJ, Favetti BM (2018b) Biological characteristics and
630 parasitism capacity of *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Platygasteridae) on eggs of *Euschistus*
631 *heros* (Hemiptera: Pentatomidae). Journal of Agricultural Science 10(8):210-220
632

633 Silva LL, Neto N (2019) Análise de eficiência de diferentes fungicidas no controle do fungo
634 *Phakopsora pachyrhizi* na cultura da soja. Ciência & Tecnologia 3(1):44-51
635

636 Sosa-gómez DR; Corrêa-Ferreira BS, Kraemer B, Pasini A, Husch PE, Delfino Vieira CE,
637 Reis Martinez CB, Negrão Lopes IO (2020) Prevalence, damage, management and insecticide
638 resistance of stink bug populations (Hemiptera: Pentatomidae) in commodity crops.
639 Agricultural and Forest Entomology 22(2):99-118
640

641 Tomizawa M, Casida JE (2005) Neonicotinoid insecticide toxicology: mechanisms of
642 selective action. Annual Review of Pharmacology and Toxicology 45:247-248
643

Van Lenteren JC, Bolckmans K, Kohl J, Ravensberg WJ, Urbaneja A (2017) Biological control using invertebrates and microorganisms: Plenty of new opportunities. *BioControl* 62:1-25

Wade A, Lin C-H, Kurkul C, Regan ER, Johnson RM (2019) Combined toxicity of insecticides and fungicides applied to California almond orchards to honey bee larvae and adults. *Insects* 10(1):10-20

Zantedeschi R, Grützmacher AD, Pazini JB, Bueno FA, Machado LL (2018a) Selectivity of pesticides registered for soybean crop on *Telenomus podisi* and *Trissolcus basalis*. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 48: 52-58

Zantedeschi R, Rakes M, Pasini RA, Araújo MB, Bueno FA, Grützmacher AD (2018b) Toxicity of soybean-registered agrochemicals to *Telenomus podisi* and *Trissolcus basalis* immature stages. *Phytoparasitica* 46:203-212

Tabela 1 Agrotóxicos registrados para a cultura da soja e testados nas fases imaturas de *Telenomus podisi*.

Produto comercial ¹	Ingrediente ativo	CIA ²	DC ³
Inseticidas			
Avatar [®]	indoxacarbe	150	400
Belt [®]	flubendiamida	480	70
Connect [®]	beta-ciflutrina + imidacloprido	12,5 + 100	1000
Engeo [®] Pleno	lambda-cialotrina + tiametoxam	106 + 141	250
Intrepid [®] Edge	metoxifenoazida + espinetoram	300 + 60	300
Premio [®]	chlorantraniliprole	200	50
Fungicidas			
Aproach [®] Prima	picoxistrobina + ciproconazole	200 + 80	300
Elatus [®]	azoxistrobina + benzoindiflupir	300 + 150	300
Fox [®]	trifloxistrobina + protioconazol	150 + 175	400
Priori [®] Xtra	azoxistrobina + ciproconazol	200 + 80	300

¹ Produto comercial registrado no Agrofite (2020); ² Concentração do ingrediente ativo no produto comercial (g ou mL/L); ³ Dosagem máxima do produto comercial com registro para aplicação por hectare.

Tabela 2 Efeito letal na mortalidade acumulada e subletal na redução da emergência e longevidade das fêmeas da geração F0 quando a aplicação dos agrotóxicos foi realizada na fase de ovo do parasitoide *Telenomus podisi*.

Tratamento	M (%) ¹	E ($\bar{x} \pm EP$) ²	R E (%) ³	C ⁴	L ($\bar{x} \pm EP$) ⁵
Indoxacarbe	100 a	14,75 $\pm$ 1,41 a	0,00	1	-
Flubendiamida	9,09 b	9,25 $\pm$ 0,79 ab	18,28	1	38,4 $\pm$ 3,67abc
Beta-ciflutrina + imidacloprido	7,14 b	9,50 $\pm$ 1,58 ab	35,47	2	35,8 $\pm$ 2,19 abc
Lambda-cialotrina + tiametoxam	100 a	0,32 $\pm$ 0,35 c	96,93	3	-
Metoxifenoizida + espinetoram	100 a	8,37 $\pm$ 1,74 ab	34,65	2	30,0 $\pm$ 2,29 bc
Chlorantraniliprole	0,00 b	6,50 $\pm$ 1,09 ab	34,21	2	31,7 $\pm$ 3,70 abc
Picoxistrobina + ciproconazole	0,00 b	7,75 $\pm$ 0,52 ab	29,68	1	39,0 $\pm$ 3,23 abc
Azoxistrobina + benzovindiflupir	13,33 b	8,12 $\pm$ 1,49 ab	30,14	2	45,1 $\pm$ 3,83 a
Trifloxistrobina + protioconazol	8,68 b	10,87 $\pm$ 1,39 a	9,68	1	28,0 $\pm$ 3,13 bc
Azoxistrobina + ciproconazol	5,88 b	13,50 $\pm$ 0,75 a	4,61	1	24,5 $\pm$ 2,45 c
Testemunha	0,00 b	13,37 $\pm$ 1,44 a	0,00	-	42,9 $\pm$ 3,38 ab

¹ Taxa de mortalidade acumulada até as 72 horas após a emergência dos parasitoides (p<0,0001); ² Emergência (média $\pm$ erro padrão) de *T. podisi* após tratamento na fase de ovo do parasitoide (p=0,001); ³ Redução da emergência calculada pela equação $R E (\%) = [(1 - T / C) * 100]$; ⁴ Classe de seletividade preconizada pela IOBC sendo: classe 1, inócuo ($R < 30\%$); classe 2, levemente nocivo ($30\% \leq R \leq 79\%$); classe 3, moderadamente nocivo ($80\% \leq R \leq 99\%$); e classe 4, nocivo ($R > 99\%$); ⁵ Longevidade (média $\pm$ erro padrão) (p<0,0001).

Tabela 3 Efeito subletal na redução da capacidade de parasitismo da geração F0 e na redução da emergência da geração F1 de agrotóxicos registrados para a cultura da soja aplicados na fase de ovo do parasitoide *Telenomus podisi*.

Tratamento	P ($\bar{x} \pm EP$) ¹	R P ²	C ³	E ($\bar{x} \pm EP$) ⁴	R E ²	C ³
Flubendiamida	10,67 ± 1,29 b	24,71	1	6,47 ± 1,35 b	38,02	2
Beta-ciflutrina + imidacloprido	16,60 ± 1,61 a	0,00	1	10,53 ± 1,15 a	0,00	1
Metoxifenoazida + espinetoram	14,27 ± 1,27 ab	0,00	1	9,57 ± 0,92 ab	8,31	1
Chlorantraniliprole	12,87 ± 1,15 ab	9,18	1	8,30 ± 0,75 ab	20,45	1
Picoxistrobina + ciproconazole	12,27 ± 1,44 ab	13,41	1	8,00 ± 1,03 ab	23,32	1
Azoxistrobina + benzovindiflupir	11,00 ± 1,57 ab	22,35	1	6,77 ± 0,97 b	35,14	2
Trifloxistrobina + protioconazol	15,10 ± 1,40 ab	0,00	1	10,53 ± 0,96 a	0,00	1
Azoxistrobina + ciproconazol	15,13 ± 0,95 ab	0,00	1	10,00 ± 0,94 a	4,15	1
Testemunha	14,17 ± 1,17 ab	-	-	10,43 ± 0,81 a	-	-

¹ Parasitismo (média ± erro padrão) de fêmeas de *T. podisi* até 72 horas após tratamento na fase de ovo do parasitoide (p<0,0001); ² Redução do parasitismo e ou emergência calculada pela equação R (%) = [(1 - T / C) * 100]; ³ Classe de seletividade preconizada pela IOBC sendo: classe 1, inócuo (R <30%); classe 2, levemente nocivo (30% ≤ R ≤ 79%); classe 3, moderadamente nocivo (80% ≤ R ≤ 99%); e classe 4, nocivo (R > 99%); ⁴ Emergência (média ± erro padrão) da geração F2 após parasitismo de fêmeas da geração F1 tratadas com agrotóxicos (p<0,0001).

Tabela 4 Efeito letal na mortalidade acumulada e subletal na redução da emergência e longevidade das fêmeas da geração F0 após tratamento com agrotóxicos registrados para a cultura da soja na fase de larva do parasitoide *Telenomus podisi*.

Tratamento	M (%) ¹	E ($\bar{x} \pm EP$) ²	R E (%) ³	C ⁴	L ($\bar{x} \pm EP$) ⁵
Indoxacarbe	100 a	10,50 $\pm$ 1,41 a	9,83	1	-
Flubendiamida	1,70 b	7,38 $\pm$ 1,20 ab	29,15	1	26,00 $\pm$ 1,08 ^{ns}
Beta-ciflutrina + imidacloprido	6,00 b	5,88 $\pm$ 1,32 ab	46,20	2	23,40 $\pm$ 0,87
Lambda-cialotrina + tiametoxam	100 a	0,00 $\pm$ 0,00 b	100	4	-
Metoxifenoazida + espinetoram	3,50 b	8,38 $\pm$ 1,09 a	30,73	2	29,10 $\pm$ 1,35
Chlorantraniliprole	0,00 b	6,88 $\pm$ 0,62 ab	32,42	2	28,70 $\pm$ 1,44
Picoxistrobina + ciproconazole	0,00 b	7,88 $\pm$ 1,08 ab	17,91	1	27,40 $\pm$ 1,83
Azoxistrobina + benzovindiflupir	3,77 b	6,63 $\pm$ 0,98 ab	27,79	1	25,60 $\pm$ 1,12
Trifloxistrobina + protioconazol	2,22 b	11,25 $\pm$ 1,43 a	0,49	1	25,40 $\pm$ 1,66
Azoxistrobina + ciproconazol	0,60 b	11,50 $\pm$ 1,12 a	8,17	1	26,10 $\pm$ 0,65
Testemunha	0,00 b	11,63 $\pm$ 1,29 a	-	-	26,9 $\pm$ 1,08

¹ Taxa de mortalidade acumulada até as 72 horas após a emergência dos parasitoides (p<0,0001); ² Emergência (média $\pm$ erro padrão) de *T. podisi* após tratamento na fase de larva do parasitoide (p<0,0001); ³ Redução da emergência calculada pela equação R E (%) = [(1 - T / C) * 100]; ⁴ Classe de seletividade preconizada pela IOBC sendo: classe 1, inócuo (R <30%); classe 2, levemente nocivo (30% $\leq$ R $\leq$ 79%); classe 3, moderadamente nocivo (80% $\leq$ R $\leq$ 99%); e classe 4, nocivo (R > 99%); ⁵ Longevidade (média $\pm$ erro padrão) (p=0,2529) ns= não significativo pelo teste de Kruskal-Wallis a 0,05%.

Tabela 5 Efeito subletal na redução da capacidade de parasitismo da geração F0 e na redução da emergência da geração F1 após tratamentos com agrotóxicos registrados para a cultura da soja na fase de larva do parasitoide *Telenomus podisi*.

Tratamento	P ($\bar{x} \pm EP$) ¹	R P ²	C ³	E ($\bar{x} \pm EP$) ⁴	R E ²	C ³
Flubendiamida	14,13 $\pm$ 1,48 ^{ns}	14,34	1	7,43 $\pm$ 0,57 b	31,17	2
Beta-ciflutrina + imidacloprido	10,83 $\pm$ 0,88	34,34	2	6,10 $\pm$ 0,63 b	43,52	2
Metoxifenoazida + espinetoram	11,57 $\pm$ 1,16	29,90	1	6,77 $\pm$ 0,64 b	37,34	2
Chlorantraniliprole	16,47 $\pm$ 2,71	0,20	1	8,67 $\pm$ 0,39 ab	19,75	1
Picoxistrobina + ciproconazole	13,37 $\pm$ 1,86	18,99	1	7,90 $\pm$ 0,65 b	26,85	1
Azoxistrobina + benzovindiflupir	13,60 $\pm$ 1,48	17,58	1	6,53 $\pm$ 0,72 b	39,51	2
Trifloxistrobina + protioconazol	10,63 $\pm$ 1,07	35,55	2	6,63 $\pm$ 0,68 b	38,58	2
Azoxistrobina + ciproconazol	11,33 $\pm$ 1,59	31,31	2	7,03 $\pm$ 0,37 b	34,88	2
Testemunha	16,50 $\pm$ 1,16	-	-	10,80 $\pm$ 0,33 a	-	-

¹ Parasitismo (média $\pm$ erro padrão) de fêmeas de *T. podisi* até 72 horas após tratamento na fase de larva do parasitoide (p=0,9471); ² Redução do parasitismo e ou emergência calculada pela equação $R (\%) = [(1 - T / C) * 100]$; ³ Classe de seletividade preconizada pela IOBC sendo: classe 1, inócuo ($R < 30\%$); classe 2, levemente nocivo ($30\% \leq R \leq 79\%$); classe 3, moderadamente nocivo ($80\% \leq R \leq 99\%$); e classe 4, nocivo ($R > 99\%$); ⁴ Emergência (média $\pm$ erro padrão) da geração F2 após parasitismo de fêmeas da geração F1 tratadas com agrotóxicos (p<0,001).

791 **Tabela 6** Efeito letal na mortalidade acumulada e subletal na redução da emergência e
792 longevidade das fêmeas da geração F0 após tratamento com agrotóxicos registrados para a
793 cultura da soja na fase de pupa do parasitoide *Telenomus podisi*.

Tratamento	M (%) ¹	E ($\bar{x} \pm EP$) ²	R E (%) ³	C ⁴	L ($\bar{x} \pm EP$) ⁵
Indoxacarbe	100 a	14,63 $\pm$ 1,60 a	0,00	1	-
Flubendiamida	1,52 b	8,25 $\pm$ 1,06 bc	38,06	2	31,75 $\pm$ 1,75 ab
Beta-ciflutrina + imidacloprido	3,70 b	10,13 $\pm$ 1,15 abc	18,61	1	22,00 $\pm$ 1,66 abc
Lambda-cialotrina + tiametoxam	100 a	1,00 $\pm$ 0,53 d	93,43	3	-
Metoxifenoazida + espinetoram	100 a	12,00 $\pm$ 1,22 abc	16,38	1	23,57 $\pm$ 0,85 abc
Chlorantraniliprole	0,00 b	10,00 $\pm$ 1,17 abc	30,72	2	20,62 $\pm$ 4,08 bc
Picoxistrobina + ciproconazole	1,96 b	6,50 $\pm$ 1,48 cd	42,51	2	28,00 $\pm$ 2,94 abc
Azoxistrobina + benzovindiflupir	0,00 b	11,88 $\pm$ 0,82 abc	19,97	1	30,10 $\pm$ 1,76 abc
Trifloxistrobina + protioconazol	2,75 b	13,63 $\pm$ 1,06 ab	9,55	1	18,90 $\pm$ 2,71 c
Azoxistrobina + ciproconazol	0,00 b	12,50 $\pm$ 1,98 ab	7,46	1	23,85 $\pm$ 0,55 abc
Testemunha	0,00 b	13,25 $\pm$ 0,49 ab	-	-	32,87 $\pm$ 1,87 a

¹ Taxa de mortalidade acumulada até as 72 horas após a emergência dos parasitoides (p<0,0001); ² Emergência (média $\pm$ erro padrão) de *T. podisi* após tratamento na fase de pupa do parasitoide (p<0,0001); ³ Redução da emergência calculada pela equação R E (%) = [(1 - T / C) * 100]; ⁴ Classe de seletividade preconizada pela IOBC sendo: classe 1, inócuo (R <30%); classe 2, levemente nocivo (30% $\leq$ R $\leq$ 79%); classe 3, moderadamente nocivo (80% $\leq$ R $\leq$ 99%); e classe 4, nocivo (R > 99%); ⁵ Longevidade (média $\pm$ erro padrão) (p<0,001).

Tabela 7 Efeito subletal na redução da capacidade de parasitismo da geração F0 e na redução na emergência da geração F1 após tratamentos com agrotóxicos registrados para a cultura da soja na fase de pupa do parasitoide *Telenomus podisi*.

Tratamento	P ($\bar{x} \pm EP$) ¹	R P ²	C ³	E ($\bar{x} \pm EP$) ⁴	R E ²	C ³
Flubendiamida	10,43 ± 1,03 ab	27,04	1	6,50 ± 0,71 bcd	33,90	2
Beta-ciflutrina + imidacloprido	10,37 ± 0,27 ab	27,51	1	7,00 ± 0,55 abc	28,81	1
Metoxifenoza + espinetoram	8,73 ± 0,71 b	38,93	2	5,47 ± 0,61 cd	44,41	2
Chlorantraniliprole	11,80 ± 0,73 ab	17,48	1	7,57 ± 0,53 abc	23,05	1
Picoxistrobina + ciproconazole	13,68 ± 0,53 a	4,43	1	9,10 ± 0,56 ab	7,46	1
Azoxistrobina + benzovindiflupir	11,83 ± 0,97 ab	17,25	1	8,07 ± 0,72 abc	17,97	1
Trifloxistrobina + protioconazol	7,30 ± 1,04 b	48,95	2	4,30 ± 0,84 d	56,27	2
Azoxistrobina + ciproconazol	8,80 ± 0,71 b	38,46	2	5,80 ± 0,52 cd	41,02	2
Testemunha	14,30 ± 0,39 a	-	-	9,83 ± 0,33 a	-	-

¹ Parasitismo (média ± erro padrão) de fêmeas de *T. podisi* até 72 horas após tratamento na fase de pupa do parasitoide (p<0,0001); ² Redução do parasitismo e ou emergência calculada pela equação R (%) = [(1 - T / C) * 100]; ³ Classe de seletividade preconizada pela IOBC sendo: classe 1, inócuo (R <30%); classe 2, levemente nocivo (30% ≤ R ≤ 79%); classe 3, moderadamente nocivo (80% ≤ R ≤ 99%); e classe 4, nocivo (R > 99%); ⁴ Emergência (média ± erro padrão) da geração F2 após parasitismo de fêmeas da geração F1 tratadas com agrotóxicos (p<0,0001).

833 **Tabela 8** Razão sexual da geração F1 de *Telenomus podisi* submetido ao tratamento com
834 agrotóxicos nas fases de ovo, larva e pupa.

Tratamento	Fase de desenvolvimento		
	Ovo ($\bar{x} \pm EP$) ¹	Larva ($\bar{x} \pm EP$) ¹	Pupa ($\bar{x} \pm EP$) ¹
Flubendiamida	0,00 ± 0,00 f	0,13 ± 0,01 e	0,84 ± 0,01 ab
Beta-ciflutrina + Imidacloprido	0,34 ± 0,02 d	0,00 ± 0,00 f	0,26 ± 0,01 d
Metoxifenoazida + espinetoram	0,00 ± 0,00 f	0,00 ± 0,00 f	0,15 ± 0,02 e
Chlorantraniliprole	0,00 ± 0,00 f	0,19 ± 0,02 e	0,68 ± 0,02 c
Picoxistrobina + ciproconazole	0,42 ± 0,02 c	0,49 ± 0,03 d	0,57 ± 0,02 c
Azoxistrobina + benzovindiflupir	0,12 ± 0,01 e	0,57 ± 0,02 cd	0,27 ± 0,01 d
Trifloxistrobina + protioconazol	0,72 ± 0,02 b	0,60 ± 0,02 bc	0,85 ± 0,03 ab
Azoxistrobina + ciproconazol	0,68 ± 0,02 b	0,66 ± 0,02 b	0,88 ± 0,01 a
Testemunha	0,91 ± 0,02 a	0,81 ± 0,01 a	0,79 ± 0,01 b

835 ¹ Razão sexual (média ± erro padrão) de *T. podisi* (número de fêmeas/ número de machos +
836 fêmeas) (n=200) após tratamentos nas fases de ovo, larva e pupa do parasitoide (p<0,001)
837 médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de
838 Bonferroni-Dunn a 0,05%.

3. Artigo 2

Efeitos letal e subletal de inseticidas diamídicos e fungicidas a adultos de *Telenomus podisi* Ashmead, 1893 (Hymenoptera: Platygasteridae)

* Artigo redigido nas normas da revista “Journal of Economic Entomology” (versão em português)

Efeitos letal e subletal de inseticidas diamídicos e fungicidas a adultos de *Telenomus podisi* Ashmead, 1893 (Hymenoptera: Platygasteridae)

Ronaldo Zantedeschi, Matheus Rakes, Mikael Bolke Araújo, Maíra Chagas Morais,
Franciele Silva de Armas, Anderson Dionei Grützmacher

Resumo – O controle químico e o controle biológico são ferramentas importantes do Manejo Integrado de Pragas (MIP). *Telenomus podisi* Ashmead, 1893 (Hymenoptera: Platygasteridae) é o principal parasitoide de ovos do percevejo-marrom *Euschistus heros* (Fabr., 1974) (Hemiptera: Pentatomidae), um dos insetos-praga de maior importância na cultura da soja. *T. podisi* já é utilizado no controle biológico aumentativo por causa da sua eficiência comprovada na supressão de *E. heros*. Foram testados os efeitos letal e subletal de dois inseticidas diamídicos e quatro fungicidas utilizados para o controle de lepidópteros-praga e doenças, respectivamente, na fase adulta do parasitoide. Foi utilizada a metodologia da “International Organisation for Biological and Integrated Control” (IOBC) para a classificação dos agrotóxicos visando analisar a sua compatibilidade com o MIP. Flubendiamida afetou a razão sexual e a longevidade de F1, enquanto chlorantraniliprole não causou efeito letal ou subletal. Entre os fungicidas testados, trifloxistrobina + prothioconazol causou efeito subletal afetando a capacidade de parasitismo e a emergência de F1 enquanto picoxistrobina + ciproconazole e azoxistrobina + benzovindiflupir reduziram a longevidade em F1, além de azoxistrobina + benzovindiflupir ter afetado a quantidade de fêmeas da progênie. Nenhum dos agrotóxicos testados causou efeito letal significativo nas fêmeas de *T. podisi* tratadas. Os inseticidas diamídicos flubendiamida e chlorantraniliprole são compatíveis com o controle biológico de *T. podisi* e podem ser recomendados no MIP da cultura da soja. O fungicida trifloxistrobina +

protioconazol deve ser evitado para o controle de doenças na cultura, tendo em vista que causou efeitos subletais significativos na capacidade de parasitismo das fêmeas tratadas e na emergência de F1 do parasitoide.

Palavras-chave – controle químico, controle biológico, manejo integrado de pragas, *Glycine max*, seletividade de agrotóxicos.

Abstract - Chemical control associated with biological control are important tools for Integrated Pest Management (IPM). *Telenomus podisi* Ashmead, 1893 (Hymenoptera: Platygasteridae) is the main egg parasitoid of the brown stink bug *Euschistus heros* (Fabr., 1974) (Hemiptera: Pentatomidae), one of the most important pest insects in soybean culture. *T. podisi* is already used in augmentative biological control because of its proven efficiency in suppressing *E. heros*. The lethal and sublethal effects of two diamidic insecticides and four fungicides used to control lepidopteran pests and diseases, respectively, in the adult parasitoid phase were tested. The methodology of the International Organization for Biological and Integrated Control (IOBC) was used for the classification of pesticides in order to analyze their compatibility with the IPM. Flubendiamide affected the F1 sex ratio and longevity, while chlorantraniliprole did not cause a lethal or sublethal effect. Among the tested fungicides, trifloxystrobin + protioconazole caused a sublethal effect affecting the capacity of parasitism and the emergence of F1 while picoxystrobin + cyproconazole and azoxystrobin + benzovindiflupir reduced the longevity in F1, in addition to azoxystrobin + benzovindiflupir having affected the amount of progenies of the female progeny. None of the pesticides tested had a significant lethal effect on the *T. podisi* females treated. The diamidic insecticides flubendiamide and chlorantraniliprole are compatible with the biological control of *T. podisi* and can be recommended in the soybean MIP. The fungicide

trifloxystrobin + prothioconazole should be avoided for the control of diseases in the culture, considering that it caused significant sublethal effects in the parasitism capacity of the treated females and in the emergence of F1 of the parasitoid.

Key-words - chemical control, biological control, integrated pest management, *Glycine max*, selectivity of pesticides.

Introdução

A utilização intensiva de agrotóxicos no Brasil, apesar da sua importância para o controle de pragas, é também um problema de saúde pública, uma vez que pode contaminar o meio ambiente. Dentre todas as culturas produzidas no país, a soja consome mais de 60% de todos os agrotóxicos comercializados (Pignati et al. 2017).

Diversas espécies de insetos-praga atacam a cultura da soja, sendo o percevejo-marrom *Euschistus heros* (Fabr. 1974) (Hemiptera: Pentatomidae) um dos principais agentes de perdas pela redução do peso e tamanho das sementes, além de provocar a morte de embriões e a contaminação por fungos (Corrêa-Ferreira e Azevedo 2002, Bueno et al. 2020). Lagartas desfolhadoras como *Chrysodeixis includens* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae) são encontradas com frequência atacando a cultura da soja, para a qual os inseticidas a base de Diamidas são utilizados como estratégia de controle (Stacke et al. 2019). Juntamente com os insetos-praga, a incidência de doenças fúngicas na cultura da soja também requer especial atenção do produtor para evitar perdas na produtividade. O controle químico com fungicidas é utilizado na maioria das vezes como estratégia para o controle desses patógenos (Chechi et al. 2020). No Brasil, as doenças fúngicas são representadas principalmente pela ferrugem asiática que tem como agente causal o fungo *Phakopsora pachyrhizi* Sydow e Sydow (1914), com potencial de reduzir em até 100% a produtividade da cultura (Garcés-Fialhos 2011).

Em contrapartida, o parasitoide de ovos *Telenomus podisi* Ashmead, 1893 (Hymenoptera: Platygasteridae) é um aliado no controle de percevejos praga, principalmente *E. heros* (Van Lenteren et al. 2017, Silva et al. 2018), com taxas de controle que podem chegar a 80% de ovos parasitados dessa praga (Pacheco e Corrêa-Ferreira 2000). O controle biológico desempenhado por esse parasitoide é fundamental na regulação de espécies de percevejos, mantendo-os em níveis que não causam prejuízos significativos para a cultura, tendo como benefícios a redução das perdas ocasionadas por essas pragas e a diminuição no uso de inseticidas para o seu controle (Pereira et al. 2018).

A utilização do controle biológico aumentativo com *T. podisi* nas lavouras de soja é uma realidade no Brasil e se caracteriza como opção ao uso de inseticidas comumente usados para o controle de percevejos nessa cultura, os quais, dentre outros problemas, apresentam baixa eficiência e causam a seleção de resistência de percevejos a essas moléculas inseticidas (Bueno et al. 2020).

O uso desenfreado de inseticidas e fungicidas nas lavouras de soja pode afetar a eficiência do controle biológico de *T. podisi* a curto e a longo prazo. Assim, testes que avaliam somente o efeito letal não fornecem informações suficientes para o entendimento do seu impacto sobre os inimigos naturais, sendo necessária a realização de testes de subletalidade para o conhecimento e uso efetivo do Manejo Integrado de Pragas (MIP) (Karise e Mänd 2015). Efeitos subletais devem ser levados em consideração tendo em vista que efeitos na fisiologia e ou comportamento de parasitoides afetam seriamente a sua dinâmica populacional, colocando em risco o controle biológico e seus benefícios reconhecidos (Desneux et al. 2007).

É sabido que a utilização de técnicas isoladas para o manejo de pragas tem eficiência limitada. É por esse motivo que o MIP prevê o uso de várias técnicas para o controle/supressão de pragas (Torres e Bueno 2018). Dessa forma, quando o controle

químico com agrotóxicos seletivos a inimigos naturais é utilizado em conjunto com o controle biológico há um ganho na efetividade do controle de insetos-praga com ganhos econômicos e ambientais, através da maior sustentabilidade do sistema (Bueno et al. 2017).

A “*International Organization for Biological and Integrated Control*” (IOBC) possui metodologia mundialmente utilizada para classificação dos agrotóxicos quanto a sua compatibilidade com inimigos naturais, possibilitando a utilização de agrotóxicos seletivos em conjunto com o controle biológico, conservativo ou aumentativo (Hassan et al. 2000).

Os testes realizados no Brasil para a classificação de agrotóxicos utilizados na cultura da soja quanto a seletividade a parasitoides de ovos na fase adulta normalmente classificam os produtos baseados em seus efeitos letais e quanto muito a subletalidade é avaliada em F0 pela redução da capacidade de parasitismo ou emergência (Carmo et al. 2010, Magano et al. 2015, Grande et al. 2018, Zantedeschi et al. 2018), desprezando os efeitos subletais na razão sexual e longevidade, os quais estão diretamente ligados com a dinâmica populacional do parasitoide e seu sucesso na supressão da praga no campo.

Dessa forma, o objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos letal na mortalidade de F0 e subletal na capacidade de parasitismo de F0 e na emergência, razão sexual e longevidade de F1 de dois inseticidas diamídicos e quatro fungicidas com registro para a cultura da soja na fase adulta de *T. podisi*.

Métodos

Material biológico

Os ensaios de letalidade e subletalidade dos agrotóxicos ao parasitoide de ovos *T. podisi* foram conduzidos no Laboratório de Manejo Integrado de Pragas (LabMIP) do Departamento de Fitossanidade, na Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas-RS. Foram testados seis agrotóxicos

registrados para a cultura da soja para o controle de lepidópteros e doenças (Tabela 1) na fase adulta do parasitoide e avaliados os efeitos letal e subletal em F1.

A criação do hospedeiro *E. heros* oriundos de insetos adultos coletados a campo foi conduzida em gaiolas confeccionadas com potes plásticos de 6,0 L alimentados com vagens de feijão, grãos de soja, amendoim e água *ad libitum* fornecida em tubos ependorff de 1,5 mL cobertos por algodão (Silva et al. 2008). O parasitoide *T. podisi* é oriundo de criação massal obtida junto a empresa “BUG Brasil Agentes Biológicos[®]” e mantidos em laboratório sobre ovos do percevejo *E. heros* em cilindros de vidro e alimentados com mel puro (Peres e Corrêa-Ferreira 2004). Todos os insetos foram criados em salas climatizadas (temperatura: 25 ± 1 °C; umidade relativa: $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas).

Agrotóxicos

Foram testados dois inseticidas diamídicos e quatro fungicidas (Tabela 1) registrados para a cultura da soja. Foram testados dois inseticidas do grupo das Diamidas por ser um grupo químico utilizado para o controle de lagartas na cultura da soja e que pode coincidir com a liberação de *T. podisi* nas lavouras para o controle de *E. heros*, além de diferentes grupos de fungicidas utilizados para o controle de doenças na cultura.

Efeitos letal e subletal

Fêmeas adultas de *T. podisi* com até 48 horas de emergência foram testadas quanto aos efeitos letal e subletal conforme adaptação da metodologia utilizada por Sosa-Gómez et al. (2001). Foram testados os agrotóxicos na máxima dosagem recomendada para a cultura da soja para pulverizações a campo (Agrofit 2020).

Cada agrotóxico, na máxima dosagem registrada, foi aplicado em frascos de vidro (2,4 cm de diâmetro $\times$ 8,0 cm de altura = 64,84 cm²) no volume de 600 µL de modo a

impregnar toda a superfície interna. Em seguida, os frascos foram colocados em uma estrutura rotativa para a secagem uniforme da calda. Após 24 horas, foram inseridas 10 fêmeas de *T. podisi* em cada frasco por quatro horas. Decorrido esse tempo, os insetos foram transferidos para frascos de vidro (2,4 cm de diâmetro × 8,0 cm de altura) descontaminados para avaliação da mortalidade até as 72 horas. Foram utilizadas cinco repetições para cada tratamento com 10 fêmeas, totalizando 50 insetos por tratamento.

Após 72 horas foram individualizadas 20 fêmeas sobreviventes de *T. podisi* por tratamento em frascos nas mesmas dimensões dos tratamentos anteriores, alimentadas com um filete de mel puro. Cada fêmea recebeu três cartões contendo 25 ovos de *E. heros* confeccionados em cartolina azul (1,0 x 5,0 cm) em três ocasiões distintas espaçadas 24 horas. Após esse período, os cartões foram retirados dos tubos e acondicionados em tubos de vidro vedados com tecido *voile* em sala climatizada. Foram avaliadas a capacidade de parasitismo, a emergência de F1 e a razão sexual de F1 em comparação com a testemunha. A longevidade das fêmeas foi verificada após individualização de 20 fêmeas emergidas de F1 em frascos de vidro (2,4 cm de diâmetro × 8,0 cm de altura), alimentadas com mel puro em comparação com a testemunha tratada com água destilada.

Classes de Seletividade de agrotóxicos

Os testes que classificam os agrotóxicos levam em consideração o seu impacto sobre parâmetros biológicos dos parasitoides, sendo avaliados a letalidade a adultos expostos aos agrotóxicos. Em testes de subletalidade, no entanto, a avaliação foi feita sobre parâmetros como a fertilidade, fecundidade, longevidade e razão sexual das gerações seguintes dos parasitoides que sobreviveram a dose letal estipulada. Os agrotóxicos foram classificados baseado na redução do parâmetro em teste calculado pela fórmula: $R(\%) = [(1 - T / C) * 100]$, em que: R é a porcentagem de redução do parâmetro avaliado (emergência,

parasitismo ou longevidade); T é a média para o tratamento e C é a média da testemunha. Segundo as normas da IOBC, cada agrotóxico foi classificado em: classe 1, inócuo ($R < 30\%$); classe 2, levemente nocivo ($30\% \leq R \leq 79\%$); classe 3, moderadamente nocivo ($80\% \leq R \leq 99\%$); e classe 4, nocivo ($R > 99\%$) (Hassan et al. 2000).

Análise estatística

Os valores obtidos referentes a mortalidade acumulada, parasitismo médio de fêmeas em F0, emergência, razão sexual e longevidade média das fêmeas em F1 foram submetidos a análise quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk, à homocedasticidade pelo teste de Barlett e a independência dos resíduos foi verificada graficamente. Para a variável mortalidade acumulada e longevidade, não foi encontrada normalidade nos resíduos, mesmo após transformação. Pelo teste de Levene, no entanto, os dados foram homocedásticos para a variável mortalidade acumulada, assim foi decidido realizar a análise paramétrica. Para a longevidade média procedeu-se a análise não paramétrica e os dados foram utilizados para a construção da curva de sobrevivência utilizando o estimador Kaplan-Meier e comparado com o teste log-rank ($p \leq 0,05$). Para as variáveis parasitismo médio de fêmeas em F0, emergência e razão sexual, foram atendidos os pressupostos ao que procedeu-se a análise de variância ($p \leq 0,05$) (ANOVA). Constatando-se significância estatística, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

As análises foram realizadas no software R 4.0.2 (2020), utilizando os pacotes agricolae (Mendiburu 2017), openxlsx 4.1.0 (Walker 2018) e car (Fox e Weisberg 2019).

Resultados

Efeitos letal e subletal em F0 de *Telenomus podisi*

O fungicida trifloxistrobina + protioconazol afetou significativamente a capacidade de parasitismo das fêmeas de *T. podisi* ($p < 0,001$) e foi classificado como levemente nocivo ao parasitoide (classe 2) (Tabela 2). Os demais tratamentos foram inócuos (classe 1) ao parasitoide. Ambos os inseticidas a base de diamidas apresentaram baixo impacto para esse parâmetro, sendo que flubendiamida causou 5,80% de redução do parasitismo e chlorantraniliprole reduziu 8,43% a capacidade de parasitismo das fêmeas tratadas.

Nenhum dos agrotóxicos testados causou mortalidade significativa aos adultos de *T. podisi* em teste comparados com a testemunha ($p = 0,3$), até às 72 horas da aplicação dos tratamentos (Tabela 2), sendo classificados, do ponto de vista do efeito letal, como inócuos (classe 1) ao parasitoide.

Efeito subletal em F1 de *Telenomus podisi*

Foram encontrados efeitos subletais na geração F1 de *T. podisi* para a emergência do parasitoide ($p = 0,007$). Para este parâmetro, somente o fungicida a base de trifloxistrobina + protioconazol diferiu significativamente da testemunha causando uma redução na emergência de 38,31%, sendo classificado como levemente nocivo (classe 2) (Tabela 3).

A razão sexual de F1 foi afetada negativamente pelo inseticida flubendiamida e pelo fungicida azoxistrobina + benzovindiflupir, os quais diferiram significativamente da testemunha (Tabela 3).

Foi encontrada diferença significativa entre os tratamentos para longevidade em F1 ($p = 0,001$) com extremos de 30,10 dias de longevidade das fêmeas do tratamento testemunha e 22,00 dias para o tratamento com azoxistrobina + benzovindiflupir. O inseticida flubendiamida e os fungicidas picoxistrobina + ciproconazole e azoxistrobina + benzovindiflupir diferiram significativamente pelo teste log-rank ($p \leq 0,05$) (Figura 1).

Discussão

O parasitoide de ovos *T. podisi* é um dos mais importantes inimigos naturais de percevejos que atacam a cultura da soja no Brasil (Bueno et al. 2020). A fase adulta do parasitoide é a mais sensível a ação de agrotóxicos aplicados, principalmente àqueles não seletivos e essa espécie de parasitoide (Turchen et al. 2015).

A introdução dos inseticidas diamídicos na década de 90 proporcionou o controle eficiente e mais seletivo de uma gama de lepidópteros-praga em várias culturas com os ingredientes flubendiamida e chlorantraniliprole sendo os pioneiros dessa classe de inseticidas no mercado brasileiro com registro definitivo a partir do ano de 2009 (Lahm et al. 2009). A ação desses inseticidas se concentra na membrana do retículo sarcoplasmático do músculo dos insetos alvo causando a liberação de íons Ca_{2+} no citosol, o que resulta na paralisia irreversível da praga até sua morte (Nauen 2006).

O inseticida flubendiamida afetou significativamente a razão sexual e a longevidade de F1, causando uma redução de 7,61% no número de fêmeas emergidas e de 26,58% no tempo de sobrevivência em comparação com a testemunha. O efeito na razão sexual pode estar ligado a toxicidade diferencial entre machos e fêmeas ou a efeitos na fisiologia das fêmeas, já que a fertilização é um ato voluntário das mesmas e os ovos não fecundados geram indivíduos do sexo masculino (Morais et al. 2016). Esse efeito também foi observado após exposições repetidas com subdoses do inseticida em *Trichogramma chilonis* Ishii, 1941 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) e *Bracon hebetor* Say, 1857 (Hymenoptera: Braconidae) (Mallick 2014) e após aplicação do inseticida na fase de pupa do parasitoide *T. pretiosum* (Paiva et al. 2018). O efeito do inseticida na longevidade é classificado como inócuo (classe 1) segundo as normas da IOBC, embora os seus impactos na dinâmica populacional possam comprometer o sucesso do parasitoide ou mesmo não ser significativo, dependendo da performance de parasitismo em tempo limitado que varia de

espécie para espécie (Desneux et al. 2007). Esse inseticida, por exemplo, não afetou significativamente a longevidade do polinizador *Bombus impatiens* Cresson, 1863 (Hymenoptera: Apidae) mesmo após a ingestão de mel contaminado com o produto (Gradish et al. 2012).

Considerando que os efeitos na razão sexual são pouco pronunciados, e que o impacto na longevidade do parasitoide, embora significativa, pode não afetar a dinâmica populacional de forma contundente, sabendo-se que a maior capacidade de parasitismo e com geração de um número maior de fêmeas na prole de *T. podisi* parasitando ovo de *E. heros* acontece até o oitavo dia após a emergência da fêmea (Pacheco e Corrêa-Ferreira 1998), a utilização desse inseticida no MIP pode ser recomendada, mantendo sempre que possível a rotação de princípios ativos de inseticidas seletivos.

De um modo geral, chlorantraniliprole é um inseticida seletivo para muitos parasitoides quando testado em exposições em laboratório. Tanto a capacidade de parasitismo de adultos tratados com o inseticida, como a mortalidade pós-exposição e a emergência não foram afetados por esse ingrediente ativo (Brugger et al. 2010). A fase adulta de *Cotesia flavipes* (Cameron, 1891) (Hymenoptera: Braconidae) em contato com resíduos secos de chlorantraniliprole não sofreu efeitos na mortalidade das fêmeas tratadas. O inseticida também não impacta na razão sexual da geração F1 desse parasitoide (Matioli et al. 2018). Da mesma forma, a longevidade e a sobrevivência de *Trissolcus japonicus* (Ashmead, 1904) (Hymenoptera: Scelionidae) não foram afetadas quando adultos do parasitoide estiveram em contato com a dosagem de campo aplicada em frascos de vidro em laboratório e a campo (Lowenstein et al. 2019). A mortalidade e emergência do parasitoide *Aphidius colemani* Viereck, 1912 (Hymenoptera: Braconidae) de igual modo não foi significativa em testes de laboratório com adultos expostos (Garantonakis et al. 2016).

Tanto flubendiamida quanto chlorantraniliprole não afetaram a capacidade de parasitismo de *T. podisi*, *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879, *Trichogramma achaeae* Nagaraja & Nagarkatti, 1970 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) e *Trissolcus basalis* (Wollaston 1858) (Hymenoptera: Platygasteridae) (Pazini et al. 2016, Zantedeschi et al. 2018, Gallego et al. 2019) e a sobrevivência de *Copidosoma truncatellum* (Dalman, 1820) (Hymenoptera: Encyrtidae) (Ramos et al. 2018), quando adultos foram expostos aos inseticidas. Chlorantraniliprole não teve efeito subletal na longevidade, capacidade de parasitismo, emergência e razão sexual de *T. achaeae* (Fontes et al. 2018). Contudo, esses efeitos em *T. podisi* quando adultos são expostos a resíduos secos ainda careciam de resultados comprobatórios de sua seletividade. Tais efeitos implicariam em um número menor de fêmeas na população, além de reduzir o tempo do parasitoide no campo realizando a supressão da praga, afetando indiretamente o controle biológico, seja ele natural ou aumentativo (Desneux et al. 2007).

Testes de compatibilidade de inseticidas a determinado inimigo natural a ser usado em um programa de MIP já foram preconizados. Tais testes devem avaliar os efeitos letais e subletais antes mesmo do registro do produto (Gentz et al. 2010). Aqui comprovamos a compatibilidade de dois inseticidas diamídicos com o controle biológico de *T. podisi* em lavouras de soja, fornecendo bases seguras para a utilização conjunta de ambas as estratégias química e biológica.

Os fungicidas são agrotóxicos usados com frequência na cultura da soja e o fato desses produtos se destinarem ao controle de patógenos muitas vezes são desconsiderados do ponto de vista de sua seletividade a inimigos naturais. A fase adulta de *Telenomus remus* (Nixon, 1937) (Hymenoptera: Platygasteridae) não foi afetada pela maioria dos fungicidas testados, exceto azoxistrobina + ciproconazol, o qual foi classificado como levemente nocivo (classe 2) (Carmo et al. 2010). Na presente pesquisa, somente

trifloxistrobina + prothioconazol afetou a capacidade de parasitismo dos adultos tratados. Esse fungicida também teve efeito subletal na emergência de F1, em ambos os casos sendo classificado como levemente nocivo (classe 2).

O efeito de fungicidas na capacidade de parasitismo de adultos tratados com fungicidas já foi relatado nos parasitoides *T. podisi* (Pazini et al. 2017), *T. pretiosum* (Magano et al. 2015), *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner, 1983 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) (Pratissoli et al. 2010), *Aphidius rhopalosiphii* DeStefani-Perez, 1902 (Hymenoptera: Aphidiidae) (Jansen 1999), *Aphelinus mali* (Haldeman, 1851) (Hymenoptera: Aphelinidae) (Heunis e Pringle 2003) e *T. chilonis* (Khan 2019). A seletividade dos fungicidas para este parâmetro é variável de espécie para espécie e produto comercial, o que indica a necessidade de testes de seletividade para o conhecimento dos fungicidas menos prejudiciais aos parasitoides para uso no MIP. Em sua maioria, esses trabalhos abordam muitos fungicidas protetores, os quais estão sendo utilizados recentemente em combinações com os fungicidas sitio-específicos em virtude da perda de eficiência desses últimos no controle das doenças da cultura da soja (Ribeiro et al. 2019). Assim, trabalhos futuros devem abordar a mistura de diferentes fungicidas e sua seletividade a *T. podisi*.

O fungicida azoxistrobina não afetou a longevidade, a capacidade de parasitismo, a emergência e a razão sexual de *T. achaeae* (Fontes et al. 2018). No presente estudo, esse ingrediente ativo, associado a benzovindiflupir, além do fungicida picoxistrobina + prothioconazol afetaram a longevidade de *T. podisi*, sendo que azoxistrobina + benzovindiflupir também afetou a razão sexual do parasitoide. A redução no número de fêmeas na progênie, causada por azoxistrobina + benzovindiflupir, no entanto, foi de apenas 7,61%, o que é considerado seguro para utilização em programas de MIP (Grützmacher et al. 2004). A redução da longevidade, como já destacado, pode não

representar efeitos negativos na população, visto que mesmo num período reduzido, o parasitoide pode desempenhar o controle biológico de forma satisfatória (Desneux et al. 2007).

O impacto da aplicação de fungicidas em pomares foi relatado como prejudicial a determinadas espécies de parasitoides em níveis que poderiam levar ao seu desaparecimento do agroecossistema (Delpuech e Allemand 2011). Para polinizadores como *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 (Hymenoptera: Apidae), a aplicação com mistura em tanque de fungicidas protetores afetou a sobrevivência de forrageiras (Fisher et al. 2017). Assim, sugere-se que o impacto dos fungicidas em nível subletal pode estar sendo subestimado nas lavouras em que a aplicação de fungicidas é frequente, como é o caso da cultura da soja. Aqui também acreditamos que a utilização de cultivares de soja resistentes aos principais patógenos incidentes na cultura propicia um menor número de aplicações de fungicidas garantindo a presença de inimigos naturais (Pennington et al. 2018), sabendo-se que o efeito subletal é pouco pronunciado para a maioria dos fungicidas aqui testados.

Para que haja eficiência dentro do MIP é necessário o uso combinado de estratégias, assim, é imperativo que os inseticidas aplicados para o controle de lepidópteros na cultura da soja sejam seletivos aos inimigos naturais presentes naturalmente ou utilizados para controle biológico aumentativo (Paiva et al. 2018). Flubendiamida e chlorantraniliprole são eficientes no controle dessas pragas na cultura, oferecem riscos letais e subletais reduzidos a *T. podisi* e são importantes aliados para o MIP quando se objetiva o uso do controle biológico associado ao controle químico (Singh et al. 2016). Os fungicidas aqui testados, exceto trifloxistrobina + prothioconazol, podem ser associados ao controle biológico de *T. podisi*, desde que a sua utilização obedeça boas práticas preconizadas pelo MIP na cultura da soja (Panizzi 2013).

Embora a utilização de agrotóxicos seja essencial para o controle de pragas na agricultura, os critérios adotados para o manejo devem incluir agrotóxicos seletivos a espécies não-alvo, as quais proporcionam estabilidade ao setor produtivo além da redução dos custos associados a produtividade (Guedes et al. 2016). É importante destacar também que a seletividade dos produtos comerciais a espécies de parasitoides está relacionada com a concentração do ingrediente ativo na calda a ser aplicada a campo e com a fase de desenvolvimento do parasitoide (Asma et al. 2018). É sabido que o incremento na dosagem de inseticidas como chlorantraniliprole aumenta a sua toxicidade a parasitoides. Isso é determinante porque a dosagem recomendada é diferente dependendo da cultura e da praga a ser controlada (Grande et al. 2018).

Além disso, sabendo-se que a aplicação com mistura em tanque é uma prática corriqueira nas lavouras brasileiras, o efeito sinérgico no aumento da toxicidade de inseticidas aplicados conjuntamente com fungicidas ou a mistura de mais de um fungicida formulado a parasitoides deve ser levado em consideração na medida em que esses agrotóxicos sejam testados quanto a essa possibilidade. É sabido também que a mistura de agrotóxicos ou de diferentes ingredientes ativos aumenta a toxicidade a inimigos naturais (Pazini et al. 2017, Willow et al. 2019).

A eficiência do MIP, no que diz respeito a integração do controle químico com o controle biológico (natural ou aumentativo), somente será alcançada quando houver conhecimento suficiente do impacto dos agrotóxicos utilizados nas lavouras aos principais inimigos naturais aí existentes. Isso inclui inevitavelmente o conhecimento do efeito letal e subletal desses produtos a espécies não alvo (Mills et al. 2016). Assim, conforme os resultados aqui encontrados, os inseticidas diamídicos flubendiamida e chlorantraniliprole são compatíveis com o controle biológico de *T. podisi* e podem ser recomendados no MIP

da cultura da soja. O fungicida trifloxistrobina + prothioconazol deve ser evitado para o controle de doenças na cultura, tendo em vista que causou efeitos subletais significativos.

Referências

Agrofit – Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. 2020. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Consulta em: 10 de janeiro de 2020.

Asma, C., I. Ons, B-A. Sabrine, L-G. Kaouthar. 2018. Life-stage-dependent side effects of selected insecticides on *Trichogramma cacoeciae* (Marchal) (Hymenoptera: Trichogrammatidae) under laboratory conditions. *Phytoparasitica*. 46: 105-113.

Brugger, K. E., P. G. Cole, I. C. Newman, N. Parker, B. Scholz, P. Suvagia, G. Walker, T. G. Hammond. 2010. Selectivity of chlorantraniliprole to parasitoid wasps. *Pest. Manag. Sci*. 66: 1075-1081.

Bueno, A. F., G. A. Carvalho, A. C. Santos, D. R. Sosa-Gómez, D. M. Silva. 2017. Pesticide selectivity to natural enemies: challenges and constraints for research and field recommendation. *Ciênc. Rural*. 47: e20160829.

Bueno, A. F., E. C. Braz, B. M. Favetti, J. B. França-Neto, G. V. Silva. 2020. Release of the egg parasitoid *Telenomus podisi* to manage the Neotropical Brown Stink Bug, *Euschistus heros*, in soybean production. *Crop Prot*. 137: 105310.

Carmo, E. L., A. F. Bueno, R. C. O. F. Bueno. 2010. Pesticide selectivity for the insect egg parasitoid *Telenomus remus*. *BioControl*. 55: 455-464.

Chechi, A., C. C. Deuner, C. A. Forcelini, W. Boller. 2020. Asian soybean rust control in response to rainfall simulation after fungicide application. *Acta Sci. Agron*. 43: e45689.

Corrêa-Ferreira, B. S., J. Azevedo. 2002. Soybean seed damage by different species of stink bugs. *Agric. Forest Entomol*. 4: 145-150.

398 **Delpuech, J-M., R. Allemand. 2011.** Side effects of fungicides on the abundance and the
 399 species diversity of the natural populations of *Drosophila* and their hymenopterous
 400 parasitoids in orchards. *Phytoparasitica*. 39: 429-435.

401 **Desneux, N., A. Decourtye, J. M. Delpuech. 2007.** The sublethal effects of pesticides on
 402 beneficial arthropods. *Annu. Rev. Entomol.* 52: 81-106.

403 **Fisher, A., C. Coleman, C. Hoffmann, B. Fritz, J. Rangel. 2017.** The synergistic effects
 404 of almond protection fungicides on honey bee (Hymenoptera: Apidae) forager survival. *J.*
 405 *Econom. Entomol.* 110: 802-808.

406 **Fontes, J., I. S. Roja, J. Tavares, L. Oliveira. 2018.** Lethal and sublethal effects of
 407 various pesticides on *Trichogramma achaeae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *J.*
 408 *Econom. Entomol.* 111: 1219-1226.

409 **Fox, J., S. Weisberg. 2019.** An companion to applied regression, third edition. Thousand
 410 Oaks CA: Sage. URL: <https://socialsciences.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion/>.

411 **Gallego, J. R., J. Guerrero-Manzano, F. J. Fernández-Maldonado, T. Cabello. 2019.**
 412 Susceptibility of the egg parasitoid *Trichogramma achaeae* (Hymenoptera:
 413 Trichogrammatidae) to selected insecticides used in tomato greenhouses. *Span. J. Agric.*
 414 *Res.* 17: e1009.

415 **Garantonakis, N., K. Varikou, A. Birouraki. 2016.** Comparative selectivity of pesticides
 416 used in greenhouses, on the aphid parasitoid *Aphidius colemani* (Hymenoptera:
 417 Braconidae). *Biocontrol Sci. Technol.* 26: 678-690.

418 **Garcés-Fialhos, F. R. 2011.** A ferrugem asiática da soja causado por *Phakopsora*
 419 *pachyrhizi* Sydow e Sydow. *Ciên. Tecnol.* 2: 45-60.

420 **Gentz, M. C., G. Murdoch, G. F. King. 2010.** Tandem use of selective insecticides and
 421 natural enemies for effective, reduced-risk pest management. *Biol. Control.* 52: 208-215.

422 **Gradish, A. E., C.D. Scott-Dupree, A.J. Frewin, G.C. Cutler. 2012.** Lethal and
 423 sublethal effects of some insecticides recommended for wild blueberry on the pollinator
 424 *Bombus impatiens*. Can. Entomol. 144: 478-486.

425 **Grande, M. L. M., É. C. Braz, A. F. Bueno, D. M. Silva, A. P. Queiroz, M. U. Ventura.**
 426 **2018.** Effect of increasing rate of insecticides on its selectivity for *Trichogramma*
 427 *pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Semin. Cienc. Agrar. 39: 933-946.

428 **Grützmacher, A. D., O. Zimmermann, A. Yousef, S. A. Hassan. 2004.** The side-effects
 429 of pesticides used in integrated production of peaches in Brazil on the egg parasitoid
 430 *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hym., Trichogrammatidae). J. Appl. Entomol. 128:
 431 377-383.

432 **Guedes, R. N. C., G. Smaghe, J. D. Stark, N. Desneux. 2016.** Pesticide induced stress
 433 in arthropod pests for optimized integrated pest management programs. Annu. Rev.
 434 Entomol. 61:43-62.

435 **Hassan, S. A., N. Halsall, A. P. Gray, C. Kuehner, M. Moll, F. M. Bakker, J.**
 436 **Roembke, A. Yousef, F. Nasr, H. Abdelgader. 2000.** A laboratory method to evaluate the
 437 side effects of plant protection products on *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hym.,
 438 Trichogrammatidae). In: Candolfi, M. P., S. Blümel, R. Forster, F. M. Bakker, C. Grimm,
 439 S. A. Hassan, U. Heimbach, M. A. Mead-Briggs, B. Reber, R. Schmuck, H. Vogt (eds.):
 440 Guidelines to evaluate side-effects of plant protection products to non-target arthropods.
 441 IOBC/WPRS, Gent. p. 107-119.

442 **Heunis, J. M., K. L. Pringle. 2003.** The susceptibility of *Aphelinus mali* (Haldeman), a
 443 parasitoid of *Eriosoma lanigerum* (Hausmann), to pesticides used in apple orchards in the
 444 Elgin area, Western Cape Province, South Africa. Afr. Entomol. 11: 91-95.

445 **Jansen, J. P. 1999.** Effects of wheat foliar fungicides on the aphid endoparasitoid *Aphidius*
 446 *rhopalosiphi* DeStefani-Perez (Hym., Aphidiidae) on glass plates and on plants. J. Appl.
 447 Ent. 123: 217-223.

448 **Karise, R., M. Mänd. 2015.** Recent insights into sublethal effects of pesticides on insect
 449 respiratory physiology. Insect Physiol. 5: 31-39.

450 **Khan, M. A. 2019.** Lethal and parasitism effects of selected novel pesticides on adult
 451 *Trichogramma chilonis* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). J. Plant Dis. Prot. 127: 81-90.

452 **Lahm, G. P., D. Cordova, J. D. Barry. 2009.** New and selective ryanodine receptor
 453 activators for insect control. Bioorg. Med. Chem. 17:4127-4133.

454 **Lowenstein, D. M., H. Andrews, A. Mugica, N. G. Wiman. 2019.** Sensitivity of the egg
 455 parasitoid *Trissolcus japonicus* (Hymenoptera: Scelionidae) to field and laboratory applied
 456 insecticide residue. J. Econom. Entomol. 112: 2077-2084.

457 **Magano, D. A., A. D. Grutzmacher, F. S. De Armas, L. F. Paulus, L. E. Panozzo, K. J.**
 458 **Mentnech, M. J. Zotti. 2015.** Evaluating the selectivity of registered fungicides for
 459 soybean against *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera:
 460 Trichogrammatidae). Afr. J. Agric. Res. 10: 3825-3831.

461 **Mallick, S. 2014.** Acute and chronic toxicity of some new generation insecticides against
 462 two important natural enemies of lepidopteran crop pests. Approved Ph. D. Thesis, Bidhan
 463 Chandra Krishi Viswavidyalaya, Mohanpur, Nadia, West Bengal, India.

464 **Matioli, T. F., O. Z. Zanardi, P. T. Yamamoto. 2018.** Impacts of seven insecticides on
 465 *Cotesia flavipes* (Cameron) (Hymenoptera: Braconidae). Ecotoxicol. 28: 1210-1219.

466 **Mendiburu, F. 2017.** Agricolae: Statistical procedures for agricultural research. R package
 467 version 1.2-7. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=agricolae>>. Acesso
 468 em: 1 jan. 2019.

469 **Mills, N. J., E. H. Beers, P. W. Shearer, T. R. Unruh, K. G. Amarasekare. 2016.**
 470 Comparative analysis of pesticide effects on natural enemies in western orchards: A
 471 synthesis of laboratory bioassay data. *Biol. Control*. 102: 17-25.

472 **Morais, M. R., O. Z. Zanardi, G. R. Rugno, P. T. Yamamoto. 2016.** Impact of five
 473 insecticides used to control citrus pests on the parasitoid *Ageniaspis citricola*
 474 Longvinovskaya (Hymenoptera: Encyrtidae). *Ecotoxicol*. 25: 1011-1020.

475 **Nauen, R. 2006.** Insecticide mode of action: return of the ryanodine receptor. *Pest Manag.*
 476 *Sci*. 62:690-692.

477 **Pacheco, D. J. P., B. S. Corrêa-Ferreira. 2000.** Parasitismo de *Telenomus podisi*
 478 Ashmead (Hymenoptera: Scelionidae) em populações de percevejos pragas da soja. *An.*
 479 *Soc. Entomol. Bras.* 29: 295-302.

480 **Pacheco, D. J. P., B. S. Corrêa-Ferreira. 1998.** Potencial reprodutivo e longevidade do
 481 parasitóide *Telenomus podisi* Ashmead, em ovos de diferentes espécies de percevejos. *An.*
 482 *Soc. Entomol. Bras.* 27: 585-591.

483 **Paiva, A. C. R., V. H. Beloti, P. T. Yamamoto. 2018.** Sublethal effects of insecticides
 484 used in soybean on the parasitoid *Trichogramma pretiosum*. *Ecotoxicol*. 27: 448-456.

485 **Pazini, J. B., A. D. Grützmacher, J. F. S. Martins, R. A. Pasini, M. Rakes. 2016.**
 486 Selectivity of pesticides used in rice crop on *Telenomus podisi* and *Trichogramma*
 487 *pretiosum*. *Pesq. Agropec. Trop*. 46: 327-335.

488 **Pazini, J. B., R. A. Pasini, M. Rakes, F. S. Armas, E. J. Seidel, J. F. S. Martins, A. D.**
 489 **Grützmacher. 2017.** Toxicity of pesticide tank mixtures from rice crops against
 490 *Telenomus podisi* Ashmead (Hymenoptera: Platygasteridae). *Neotrop. Entomol*. 46: 461-
 491 470.

492 **Panizzi, A. R. 2013.** History and contemporary perspectives of the Integrated Pest
 493 Management of soybean in Brazil. *Neotrop. Entomol*. 42: 119-127.

494 **Pennington, T., J. M. Reiff, K. Theiss, M. H. Entling, C. Hoffmann. 2018.** Reduced
 495 fungicide applications improve insect pest control in grapevine. *BioControl*. 63: 687-695.

496 **Pereira, R. R., D. V. C. Neves, J. N. Campos, P. A. Santana Júnior, T. E. Hunt, M. C.**
 497 **Picanço. 2018.** Natural biological control of *Chrysodeixis includens*. *B. Entomol. Res.*
 498 109: 1-12.

499 **Peres, W. A. A., B. S. Corrêa-Ferreira. 2004.** Methodology of mass multiplication of
 500 *Telenomus podisi* Ash. and *Trissolcus basalis* (Woll.) (Hymenoptera: Scelionidae) on eggs
 501 of *Euschistus heros* (Fab.) (Hemiptera: Pentatomidae). *Neotrop. Entomol.* 33: 457-462.

502 **Pignati, W. A., F. A. N. S. Lima, S. S. Lara, M. L. M. Correa, J. R. Barbosa, L. H. C.**
 503 **Leão, M. G. Pignatti. 2017.** Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: uma
 504 ferramenta para a vigilância em saúde. *Ciênc. Saúde Colet.* 22:3281-3293.

505 **Pratissoli, D., A. M. Milanez, W. F. Barbosa, F. N. Celestino, G. S. Andrade, R. A.**
 506 **Polanczyk. 2010.** Side effects of fungicides used in cucurbitaceous crop on *Trichogramma*
 507 *atopovirilia* Oatman & Platner (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Chil. J. Agric. Res.* 70:
 508 323-327.

509 **Ramos, R. S., V. C. R. Araújo, R. R. Pereira, J. C. Martins, O. S. Queiroz, R. S.**
 510 **Silva, M. C. Picanço. 2018.** Investigation of the lethal and behavioral effects of
 511 commercial insecticides on the parasitoid wasp *Copidosoma truncatellum*. *Chemosphere.*
 512 191: 770-778.

513 **Ribeiro, F. C., G. A. Colombo, P. O. S. S. Bezerra, M. C. Dotto, E. A. L. Erasmo.**
 514 **2019.** Desempenho de fungicidas protetor e sistêmicos no controle de mancha-alvo
 515 (*Corynespora cassiicola*) em soja. *Rev. Agrotec.* 10: 100-114.

516 **Silva, C. C., R. A. Laumann, M. C. Blassioli, M. Pareja, M. Borges. 2008.** *Euschistus*
 517 *heros* mass rearing technique for the multiplication of *Telenomus podisi*. *Pesq. Agropec.*
 518 *Bras.* 43: 575-580.

519 **Silva, G. V., A. F. Bueno, P. M. O. J. Neves, B. M. Favetti. 2018.** Biological
520 characteristics and parasitism capacity of *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Platygasteridae)
521 on eggs of *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae). J. Agric. Sci. 10: 210-220.

522 **Singh, V., N. Sharma, S. K. Sharma. 2016.** A review on effects of new chemistry
523 insecticides on natural enemies of crop pests. Int. J. Sci. Environ. Technol. 5: 4339-4361.

524 **Sosa-Gómez, D. R., I. C. Corso, L. Morales. 2001.** Insecticide resistance to endosulfan,
525 monocrotophos and metamidophos in the neotropical brown stink bug, *Euschistus heros*
526 (F.). Neotrop. Entomol. 20: 317-320.

527 **Stacke, R. F., T. Giacomelli, E. S. Bronzatto, S. A. Halberstadt, C. G. Garlet, D. S.**
528 **Muraro, J. V. C. Guedes, O. Bernardi. 2019.** Susceptibility of brazilian populations of
529 *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) to selected insecticides. J. Econom.
530 Entomol. 112: 1378-1387.

531 **Torres, J. B., A. F. Bueno. 2018.** Conservation biological control using selective
532 insecticides – a valuable tool for IPM. Biol. Control. 126: 53-64.

533 **Turchen, L. M., V. Golin, A. R. Butnariu, R. N. C. Guedes, M. J. B. Pereira. 2015.**
534 Lethal and sublethal effects of insecticides on the egg parasitoid *Telenomus podisi*
535 (Hymenoptera: Platygasteridae). J. Econ. Entomol. 109: 84-92.

536 **Van Lenteren, J. C.; K. Bolckmans, J. Kohl, W. J. Ravensberg, A. Urbaneja. 2017.**
537 Biological control using invertebrates and microorganisms: Plenty of new opportunities.
538 BioControl. 62: 1-25.

539 **Walker, A. 2018.** openxlsx: Read, write and edit xlsx files. R package version 4.1.0.
540 Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=openxlsx>>. Acesso em: 1 jan. 2019.

541 **Willow, J., A. Silva, E. Veromann, G. Smagghe. 2019.** Acute effect of low-dose
542 thiacloprid exposure synergised by tebuconazole in a parasitoid wasp. PLoS One. 14 :
543 e0212456.

544 **Zantedeschi, R., A. D. Grützmacher, J. B. Pazini, F. A. Bueno, L. L. Machado. 2018.**
545 Selectivity of pesticides registered for soybean crop on *Telenomus podisi* and *Trissolcus*
546 *basalis*. Pesq. Agropec. Trop. 48: 52-58.

547

548

549

550

551

552

553

554

555

556

557

558

559

560

561

562

563

564

565

566

567

Tabela 1 Agrotóxicos registrados para a cultura da soja e testados quanto aos efeitos letais e subletais na fase adulta de *Telenomus Podisi*.

Produto comercial ¹	Ingrediente ativo	CIA ²	DC ³
Inseticidas			
Belt [®]	flubendiamida	480	70
Premio [®]	chlorantraniliprole	200	50
Fungicidas			
Approach [®] Prima	picoxistrobina + ciproconazole	200 + 80	300
Elatus [®]	azoxistrobina + benzovindiflupir	300 + 150	300
Fox [®]	trifloxistrobina + prothioconazol	150 + 175	400
Priori [®] Xtra	azoxistrobina + ciproconazol	200 + 80	300

¹ Produto comercial registrado no Agrofite (2020); ² Concentração do ingrediente ativo no produto comercial (g ou mL/L); ³ Dosagem máxima do produto comercial com registro para aplicação por hectare.

Tabela 2 Redução do parasitismo e mortalidade acumulada de F0 de *Telenomus podisi* submetidos ao contendo residual de agrotóxicos registrados para a cultura da soja na fase adulta.

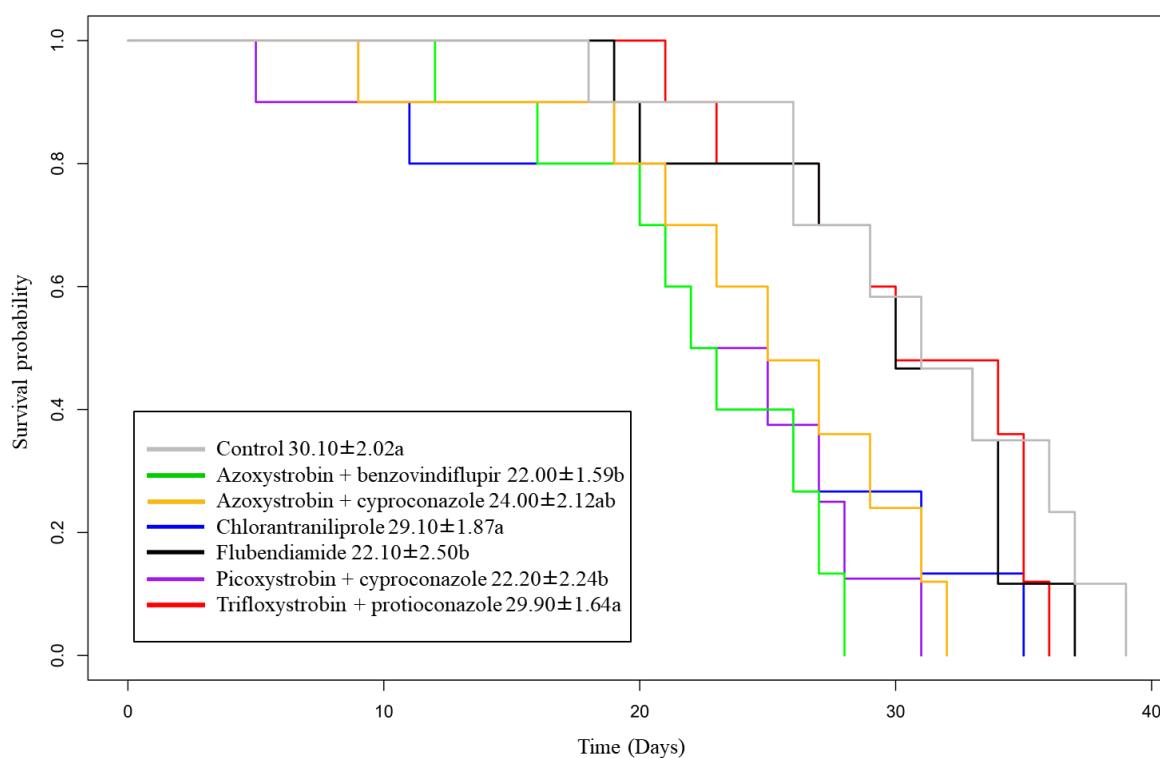
Tratamento	P ($\bar{x} \pm EP$) ¹	R P ²	C ³	M (%) ⁴
Flubendiamida	14,50 ± 0,93 a	5,80	1	4,00 ± 2,45 ^{ns}
Chlorantraniliprole	16,22 ± 0,96 a	8,43	1	4,00 ± 2,45
Picoxistrobina + ciproconazol	16,45 ± 0,57 a	6,10	1	2,00 ± 2,00
Azoxistrobina + benzovindiflupir	14,89 ± 0,72 a	14,83	1	2,00 ± 2,00
Trifloxistrobina + protioconazol	11,18 ± 0,47 b	39,24	2	8,00 ± 2,00
Azoxistrobina + ciproconazol	15,96 ± 0,40 a	12,21	1	6,00 ± 4,00
Testemunha	17,16 ± 0,41 a	-	-	0,00 ± 0,00

¹ Parasitismo médio de fêmeas de *T. podisi* até 72 horas após tratamento na fase adulta do parasitoide (p<0,001) médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 0,05%; ² Redução do parasitismo calculada pela equação $R (\%) = [(1 - T / C) * 100]$; ³ Classe de seletividade preconizada pela IOBC sendo: classe 1, inócuo ($R < 30\%$); classe 2, levemente nocivo ($30\% \leq R \leq 79\%$); classe 3, moderadamente nocivo ($80\% \leq R \leq 99\%$); e classe 4, nocivo ($R > 99\%$); ⁴ Taxa de mortalidade acumulada até as 72 horas dos parasitoides após tratamentos na fase adulta (p=0,3) ns= não significativo pela análise da variância (ANOVA) a 0,05%.

Tabela 3 Efeito subletal na emergência, classe de seletividade e razão sexual de fêmeas da geração F1 de *Telenomus podisi* após contado residual com agrotóxicos registrados para a cultura da soja.

Tratamento	E ($\bar{x} \pm EP$) ¹	R E ²	C ³	R S ⁴
Flubendiamida	12,78 ± 0,69 ab	19,16	1	0,85 ± 0,01 b
Chlorantraniliprole	14,28 ± 0,59 a	10,39	1	0,91 ± 0,01 ab
Picoxistrobina + ciproconazole	14,76 ± 0,64 a	6,17	1	0,87 ± 0,02 ab
Azoxistrobina + benzovindiflupir	13,87 ± 0,83 a	12,01	1	0,85 ± 0,03 b
Trifloxistrobina + protioconazol	10,23 ± 0,46 b	38,31	2	0,87 ± 0,02 ab
Azoxistrobina + ciproconazol	14,02 ± 0,60 a	13,96	1	0,88 ± 0,02 ab
Testemunha	15,52 ± 0,39 a	-	-	0,92 ± 0,01 a

¹ Emergência média de *T. podisi* após tratamento na fase adulta do parasitoide (p=0,007) médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 0,05%; ² Redução da emergência calculada pela equação R E (%) = [(1 - T / C) * 100]; ³ Classe de seletividade preconizada pela IOBC sendo: classe 1, inócuo (R <30%); classe 2, levemente nocivo (30% ≤ R ≤ 79%); classe 3, moderadamente nocivo (80% ≤ R ≤ 99%); e classe 4, nocivo (R > 99%); ⁴ Razão sexual média de F1 (♀/(♀+♂)) médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 0,05%.



661

662 **Figura 1** Curva de sobrevivência de fêmeas de *Telenomus podisi* submetidas aos
 663 tratamentos com agrotóxicos registrados para a cultura da soja na fase adulta do parasitoide
 664 ($X^2 = 21.6$, gl = 6, $p = 0.001$), médias dos tratamentos seguidas pela mesma letra na coluna
 665 não diferem significativamente pelo teste log-rank ($p \leq 0,05$).

4 Considerações Finais

Baseado nos resultados obtidos em nossos ensaios, considerando os agrotóxicos testados, suas concentrações devidamente registradas para a cultura da soja para a aplicação no campo e as condições laboratoriais empregadas para a obtenção dos resultados, é possível concluir que:

Quanto aos ensaios de letalidade e subletalidade nas fases imaturas de *Telenomus podisi*:

- Os inseticidas indoxacarbe e lambda-cialotrina + tiametoxam devem ser evitados no MIP da cultura da soja, tendo em vista que causaram alta mortalidade acumulada em todas as fases imaturas testadas. Os inseticidas flubendiamida e chlorantraniliprole são os mais seguros para utilização no MIP da cultura da soja, apesar de flubendiamida ter afetado a emergência em F1 em todas as fases imaturas testadas. O inseticida beta-ciflutrina + imidacloprido, apesar de afetar a emergência de F1 na fase larval, é uma alternativa para o controle de insetos-praga sugadores na cultura da soja, particularmente os percevejos fitófagos. O inseticida metoxifenoazida + espinetoram deve ser utilizado com cautela, haja vista os efeitos letais causados nas fases de ovo e pupa do parasitoide.

- O fungicida mais seguro para a utilização no MIP da cultura da soja, considerando os testes nas fases imaturas, é picoxistrobina + ciproconazole seguido por trifloxistrobina + protioconazol e azoxistrobina + ciproconazol. O fungicida azoxistrobina + benzovindiflupir deve ser evitado em função do efeito drástico na razão sexual de F1 em todas as fases testadas, além de afetar a emergência de F0 e F1 na fase de ovo e a emergência de F1 na fase larval do parasitoide.

Quanto aos ensaios de letalidade e subletalidade na fase adulta de *T. podisi*:

- Os inseticidas flubendiamida e chlorantraniliprole podem ser utilizados no MIP da cultura da soja, tendo em vista que não causaram efeitos letais e subletais significativos a *T. podisi*.

- O fungicida trifloxistrobina + protioconazol deve ser evitado em programas de MIP da cultura da soja, considerando que afetou levemente a capacidade de parasitismo de F0 e a emergência de F1 do parasitoide. O demais fungicidas: picoxistrobina + ciproconazole, azoxistrobina + benzovindiflupir e azoxistrobina +

ciproconazol são seguros para utilização no MIP da cultura da soja, considerando que os seus efeitos letal e subletal nessa fase de desenvolvimento de *T. podisi* não foram significativos.

Nossos resultados fornecem bases sólidas para a utilização de alguns agrotóxicos registrados para a cultura da soja alicerçados no MIP dessa cultura. Mais estudos devem ser conduzidos com esse parasitoide com testagem de outros agrotóxicos com vistas ao aumento do leque de possibilidades para o MIP na cultura da soja. Isso inclui testes com inseticidas mais tóxicos ainda em utilização para o controle de pragas, bem como a associação de inseticidas/fungicidas com mistura em tanque. Tendo em vista a utilização cada vez maior de fungicidas protetores, isolados ou em combinações com fungicidas sítio-específicos, esses testes também deverão abordar a compatibilidade dessas misturas a *T. podisi*.

5 Referências

BATTISTI, Lucas; WARMLING, Jheniffer Valmira; VIEIRA, Claudinei de Freitas; OLIVEIRA, Darlin Henrique Ramos de; LIMA, Yuri Renan Alves de; POTRICH, Michele; BUENO, Adeney de Freitas; LOZANO, Everton Ricardo. Side effects of organic products on *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Platygasteridae). **Journal of Economic Entomology**, Maryland, v. 113, n. 4, p. 1694-1701. jun. 2020.

BIONDI, Antonio; MONMAERTS, Veerle; SMAGGHE, Guy; VINUELA, Elisa; ZAPPALÁ, Lucia; DESNEUX, Nicolas. The non-target impact of spinosyns on beneficial arthropods. **Pest Management Science**, New Jersey, v. 68, n. 8, p. 1523-1536. out. 2012.

BUENO, Adeney de Freitas; BRAZ, Erica Caroline; FAVETTI, Bruna Magda; FRANÇANETO, Jose de Barros; SILVA, Gabriela Vieira. Release of the egg parasitoid *Telenomus podisi* to manage the Neotropical Brown Stink Bug, *Euschistus heros*, in soybean production. **Crop Protection**, Amsterdã, v. 137, p. 105310. nov. 2020.

BUENO, Adeney de Freitas; BUENO, Regiane Cristina Oliveira de Freitas; PARRA, José Roberto Postali; VIEIRA, Simone Silva. Effects of pesticides used in soybean crops to the egg parasitoid *Trichogramma pretiosum*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 6, p. 1495-1503, set. 2008.

BUENO, Adeney de Freitas; SOSA-GÓMEZ, Daniel Ricardo CORRÊA-FERREIRA, Beatriz Spalding; MOSCARDI, Flavio; BUENO, Regiane Cristina Oliveira de Freitas. **Inimigos naturais das pragas da soja: Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Londrina: Embrapa, 2012. p. 493-629.

CARMO, Eduardo Lima do; BUENO, Adeney de Freitas; BUENO, Regiane Cristina Oliveira de Freitas. Pesticide selectivity for the egg parasitoid *Telenomus remus*. **BioControl**, Berlim, v. 55, p. 455-464. aug. 2010a.

CARMO, Eduardo Lima do; BUENO, Adeney de Freitas; BUENO, Regiane Cristina Oliveira de Freitas; VIEIRA, Simone Silva; GOBBI, Alysson Luis; VASCO, Fabrício Rodrigues. Seletividade de diferentes agrotóxicos usados na cultura da soja ao parasitoide de ovos *Telenomus remus*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 8, p. 2293-2300. nov. 2009.

CARMO, Eduardo Lima do; BUENO, Adeney de Freitas; BUENO, Regiane Cristina Oliveira de Freitas; VIEIRA, Simone Silva; GOULART, Maria Mirmes de Paiva; CARNEIRO, Tatiana Rodrigues. Seletividade de produtos fitossanitários utilizados na cultura da soja para pupas de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 77, n. 2, p. 283-290. abr./jun. 2010.

CONTE, Osmar; OLIVEIRA, Fernando Teixeira de; HARGER, Nelson; CORRÊA-FERREIRA, Beatriz Spalding; ROGGIA, Samuel; PRANDO, André Mateus; SERATTO, Celso Daniel. **Resultados do manejo integrado de pragas da soja na safra 2017/18 no Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2018. 67p. (Documentos 402).

CORRÊA-FERREIRA, Beatriz Spalding; ALEXANDRE, Talita Moretto; PELLIZZARO, Enioir Cristiano; MOSCARDI, Flavio; BUENO, Adeney de Freitas. **Práticas de manejo de pragas utilizadas na soja e seu impacto sobre a cultura**. Londrina: Embrapa, 2010. 16 p.

CORRÊA-FERREIRA, Beatriz Spalding; DOMIT, Lineu Alberto; MORALES, Lauro; GUIMARÃES, Roberto Carlos. Integrated soybean pest management in micro river basins in Brazil. **Integrated Pest Management Review**, New York, v. 5, n. 2, p. 75-80. dez. 2000.

DESNEUX, Nicolas; DECOURTYE, Axel; DELPUECH, Jean-Marie. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 52, n. 52, p. 81-106. jul. 2007.

ESPÍNDOLA, Carlos José; COSTA CUNHA, Roberto César. A dinâmica geoeconômica recente da cadeia produtiva da soja no Brasil e no mundo. **GeoTextos**, Salvador, v.11, n.1, p. 217-238. jul. 2015.

FRANCESENA, Natalia; DESNEUX, Nicolas; CAMPOS, Mateus Ribeiro de; SCHNEIDER, Marcela Inés. Side effects of spirotetramat on pupae and adults of a neotropical strain of *Eretmocerus mundus* (Hymenoptera: Aphelinidae): effects on the life parameters and demography. **Environmental Science and Pollution Research**, Basingstoke, v. 24, n. 36, p. 17719-17730. jul. 2017.

GARCÉS-FIALHOS, Felipe Rafael. A ferrugem asiática da soja causador por *Phakopsora pachyrhizi* Sydow e Sydow. **Ciência Y Tecnologia**, Missiones, v. 2, n. 4, p. 45-60. nov. 2011.

GRANDE, Marcela Laiz Mora; BRAZ, Érica Caroline; BUENO, Adeney de Freitas; SILVA, Débora Mello da; QUEIROZ, Ana Paula de; VENTURA, Maurício Ursi. Effect of increasing rate of insecticides on its selectivity for *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 39, n. 3, p. 933-946. maio/jun. 2018.

GUEDES, Jerson Vanderlei Carus; ARNEMANN, Jonas André; STÜRMER, Glauber Renato; MELO, Artur Alves; BIGOLIN, Marcio; PERINI, Clerison Regis; SARI, Bruno Giacomini. Percevejos da soja: novos cenários, novo manejo. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v.1, n.1, p.28-34. mar. 2012.

HASSAN, A. S.; HALSALL N.; GRAY, A. P.; KUEHNER, C.; MOLL, M.; BAKKER, F.; ROEMBKE J.; YOUSEF, A.; NASR, F.; ABDELGADER, H. (2000). A laboratory method to evaluate the side effects of plant protection products on *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hymenoptera: Trichogrammatidae) In: CANDOLFI, M. P.; BLÜMEL, S.; FORSTER, R.; BAKKER, F. M.; GRIMM, C.; HASSAN, A. S.; HEIMBACH, U.; MEAD-BRIGGS, M. A.; REBER, B.; SCHMUCK, R.; VOGT, H. (eds) **Guidelines to evaluate**

side-effects of plant protection products to non-target arthropods. Montfavet: IOBC/WPRS, 2000. p.107-119.

LAUMANN, Raúl Alberto; MORAES, Maria Carolina Blassioli; SILVA, Joseane Padilha da; VIEIRA, Afrânio Márcio Corrêa; SILVEIRA, Samantha da; BORGES, Miguel. Egg parasitoid wasps as natural enemies of the neotropical stink bug *Dichelops melacanthus*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 5, p.442-449. mai. 2010.

MAGANO, Deivid Araújo; GRUTZMACHER, Anderson Dione; DE ARMAS, Franciele Silva; PAULUS, Luiz Fernando; PANOZZO, Luis Eduardo; ZOTTI, Moisés João. Evaluating the selectivity of registered fungicides for soybean against *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **African Journal of Agricultural Research**, Nigeria, v. 10, n. 40, p. 3825-3831. oct. 2015.

MOSCARDI, Flavio; BUENO, Adeney de Freitas; SOSA-GOMEZ, Daniel Ricardo; ROGGIA, Samuel; HOFFMANN-CAMPO, Clara Beatriz; POMARI, Aline Farhat; CORSO, Ivan Carlos; YANO, Silvia Akimi Cavaguchi. **Artrópodes que atacam as folhas da soja**. In: HOFFMANN-CAMPO, Clara Beatriz; CORRÊA-FERREIRA, Beatriz Spalding; MOSCARDI, Flavio (Ed.). Soja: Manejo Integrado de Insetos e outros Artrópodes-Praga. Brasília: EMBRAPA, 2012. p. 213-334.

PACHECO, Deoclecio; CORRÊA-FERREIRA, Beatriz Spalding. Potencial reprodutivo e longevidade do parasitóide *Telenomus podisi* Ashmead, em ovos de diferentes espécies de percevejos. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Goiás, v. 27, n. 4. p. 585-591. dez. 1998.

PANIZZU, Antônio Ricardo. Growing problems with stink bugs (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae): species invasive to the U.S. and potential neotropical invaders. **American Entomologist**, Annapolis, v. 61, n. 4, p. 223-233. dez. 2015.

ROCHA, Fabiani da; VIEIRA, Caio Canella; FERREIRA, Mônica Christina; OLIVEIRA, Kênia Carvalho de; MOREIRA, Fabiana Freitas; PINHEIRO, José Baldin. Selection of soybean lines exhibiting resistance to stink bug complex in distinct environments. **Food and Energy Security**, New Jersey, v. 4, n. 2, p. 133-143. mai. 2015.

SANTOS, Ana Letícia Zéro dos. **Atividade inseticida de metabólitos produzidos por *Streptomyces* sp. Ent-21 sobre lagartas de *Diatraea saccharalis* (Fabricius) (Lepidoptera: Crambidae)**. 2019. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2019.

SCOPEL, Wanessa; SALVADORI, José Roberto; PANIZZI, Antônio Ricardo; PEREIRA, Paulo Roberto Valle da Silva. Danos de *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae) em soja infestada no estágio de grão cheio. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 29, n. 3, p. 81-84, set./dez. 2016.

SILVA, Gabriela Vieira; BUENO, Adeney de Freitas; FAVETTI, Bruna Magda; NEVES, Pedro Manuel Oliveira Janeiro. Selectivity of chlorantraniliprole and lambda-cyhalothrin to the egg parasitoid *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Platygasteridae). **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 39, n. 2, p. 549-564. mar./abr. 2018a.

SILVA, Gabriela Vieira; BUENO, Adeney de Freitas; NEVES, Pedro Manuel Oliveira Janeiro; FAVETTI, Bruna Magda. Biological characteristics and parasitism capacity of *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Platygasteridae) on eggs of *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae). **Journal of Agricultural Science**, Ontário, v. 10, n. 8, p. 210-220. jul. 2018b.

SOSA-GÓMEZ, Daniel Ricardo; CORRÊA-FERREIRA, Beatriz Spalding; KRAEMER, Beatriz; PASINI, Amarildo; HUSCH, Patrícia Elizabeth; DELFINO VIEIRA, Carlos Eduardo; REIS MARTINEZ, Cláudia Bueno; NEGRÃO LOPES, Ivani de Oliveira. Prevalence, damage, management and insecticide resistance of stink bug populations (Hemiptera: Pentatomidae) in commodity crops. **Agricultural and Forest Entomology**, New Jersey, v. 22, n. 2, p. 99-118. mai. 2020.

STECCA, Cristiane dos Santos; BUENO, Adeney de Freitas; PASINI, Amarildo; SILVA, Débora Mello da; ANDRADE, Karen; ZIRONDI FILHO, Daumir Marcilio. Impact of insecticides used in soybean crops to the egg parasitoid *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Platygasteridae). **Neotropical Entomology**, Goiânia, v. 45, n. 1, p. 192-200. abr. 2016.

STECCA, Cristiane dos Santos; BUENO, Adeney de Freitas; PASINI, Amarildo; SILVA, Débora Mello da; ANDRADE, Karen; ZIRONDI FILHO, Daumir Marcilio. Side-effects of glyphosate to the parasitoid *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Platygasteridae). **Neotropical Entomology**, Goiânia, v. 47, n. 2, p. 281-291. ago. 2017.

STEFANELLO, Marlon Tagliapietra; MARQUES, Leandro Nascimento; PINTO, Felipe Frigo; RAMOS, Juliano Perlin de; CADORE, Pedro Ceretta; BALARDIN, Ricardo Silveiro. Dinâmica do controle químico de *Phakopsora pachyrhizi* em plantas de soja submetidas a diferentes regimes hídricos. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 83, n. 3, p. 1-6. dez. 2016.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Oilseeds: World Markets and Trade. on line. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/oilseeds.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2021.

ZANTEDESCHI, Ronaldo; GRÜTZMACHER, Anderson Dionei; PAZINI, Juliano de Bastos; BUENO, Flávio Amaral; MACHADO, Larissa Longaray. Selectivity of pesticides registered for soybean crop on *Telenomus podisi* and *Trissolcus basal*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 48, n. 1, p. 52-58, jan./mar. 2018a.

ZANTEDESCHI, Ronaldo; RAKES, Matheus; PASINI, Rafael Antonio; ARAÚJO, Mikael Bolke; BUENO, Flávio Amaral; GRÜTZMACHER, Anderson Dionei. Toxicity of soybean-registered agrochemicals to *Telenomus podisi* and *Trissolcus basal* immature stages. **Phytoparasitica**, Berlim, v. 46, n. 2, p. 203–212. apr. 2018b.