

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 Morais, 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 metoxifenozida + 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. Metoxifenozida + 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 + 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 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 + protioconazol 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 + protioconazol 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 ($\chi^2= 21.6$, 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 *Telenomus podisi*..... 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 *Telenomus podisi*..... 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 *Telenomus podisi*..... 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 *Telenomus podisi*..... 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 *Telenomus podisi*..... 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 *Telenomus podisi*..... 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 *Telenomus podisi*..... 56
- Tabela 8** Razão sexual da geração F1 de *Telenomus podisi* 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 conseqüentemente 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 basal* (Wollaston 1858) (Hymenoptera: Platygastriidae) (ZANTEDESCHI et al., 2018a e 2018b), *Telenomus remus* Nixon (1937) (Hymenoptera: Platygastriidae) (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)

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

3

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

6

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

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

35

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

38

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

41

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

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

68

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

71

72 **Introdução**

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

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

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

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

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

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

105 O controle químico e o controle biológico são duas estratégias do Manejo Integrado de
106 Pragas (MIP) que são usadas na cultura da soja para o manejo de *E. heros* (Van Lenteren et al.
107 2017). O controle biológico com o parasitoide de ovos *Telenomus podisi* Ashmead, 1893
108 (Hymenoptera: Platygasteridae) possui eficiência de até 70% a campo e essa espécie é
109 encontrada com frequência parasitando ovos de *E. heros* nas lavouras brasileiras, sendo o
110 inimigo natural mais importante dessa praga (Bueno et al. 2020).

111 Contudo, a aplicação de agrotóxicos em lavouras de soja (inseticidas e fungicidas) pode
112 afetar a dinâmica ecológica do ambiente, e com isso levar a mortalidade de *T. podisi* nas
113 primeiras horas após a aplicação (efeito letal) ou causar efeitos tardios na fisiologia ou
114 comportamento do parasitoide (efeitos subletais) (Desneux et al. 2007). Os efeitos subletais
115 podem afetar a capacidade de parasitismo, a razão sexual da prole e ou a sua longevidade,
116 com impactos a longo prazo que comprometem o controle biológico das pragas (Paiva et al.
117 2018).

118 Os testes que avaliam os efeitos letais (mortalidade e DL_{50}) não fornecem informações
119 suficientes para prever a presença dos agentes de controle biológico no agroecossistema, uma
120 vez que além dos efeitos diretos, os efeitos indiretos ou subletais comprometem a estabilidade
121 da população do inimigo natural, levando a baixa eficiência de controle e ou a sua ausência.
122 Dessa forma, o conhecimento dos efeitos letais e subletais são necessários para uma melhor
123 compreensão a respeito da seletividade de agrotóxicos a inimigos naturais (Karise e Mänd
124 2015).

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

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

135

136 **Material e Métodos**

137 **Insetos e agrotóxicos**

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

145 Os parasitoides foram oriundos de criação massal obtida junto a empresa “BUG Brasil
146 Agentes Biológicos[®]” e mantidos em laboratório (temperatura: 25 ± 1 °C; umidade relativa:
147 $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas) sobre ovos do percevejo *E. heros* em cilindros de vidro e
148 alimentados com mel puro (Peres e Corrêa-Ferreira 2004).

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

153 **Ensaio de letalidade e subletalidade**

154 Oito cartões confeccionados em cartolina azul (5,0 x 1,0 cm) contendo 25 ovos de *E.*
155 *heros* com aproximadamente 24 horas foram colados com goma arábica e oferecidos ao
156 parasitismo de fêmeas individualizadas de *T. podisi* por seis horas. Nos intervalos de 24, 96 e
157 144 horas após o parasitismo que compreende as fases de ovo, larva e pupa, respectivamente,
158 os cartões foram mergulhados por cinco segundos na solução de cada agrotóxico. Depois de
159 secos em temperatura ambiente, cada cartão foi individualizado em tubos de vidro de 10 x 2,0
160 cm e acondicionados em sala climatizada (temperatura: 25 ± 1 °C; umidade relativa: $70 \pm$
161 10% e fotofase de 14 horas) até o momento da emergência dos adultos. Cada tubo recebeu um
162 filete de mel puro depositado em papel alumínio de 3,0 x 1,0 cm de espessura antes da
163 emergência dos parasitoides para a alimentação dos mesmos. Foram utilizados oito cartões
164 (repetições) por tratamento.

165 Diariamente foi anotada a mortalidade dos adultos após a emergência até 72 horas.
166 Após 24 horas da emergência, 20 fêmeas de *T. podisi* foram individualizadas em tubos de
167 vidro (10 x 2,0 cm), alimentadas com um filete de mel fornecido em papel alumínio de 3,0 x
168 1,0 cm. Aos 4, 5 e 6 dias após a emergência foi ofertado para cada fêmea um cartão contendo
169 25 ovos de *E. heros*, os quais foram removidos após 24 horas. A longevidade das fêmeas foi
170 anotada diariamente para comparação com o controle no qual a aplicação foi realizada com
171 água destilada. A razão sexual (número de fêmeas / número de machos + fêmeas) foi
172 calculada após a separação de 200 indivíduos por tratamento observando em lupa as
173 características da antena de cada indivíduo.

174 **Classificação dos agrotóxicos**

175 A redução do parasitismo e emergência em F1 foi calculada pela equação: $R (\%) = [(1 -$
176 $T / C) * 100]$, em que R é a porcentagem de redução do parasitismo/emergência; T é o
177 parasitismo/emergência média para o tratamento e C é o parasitismo/emergência média para o
178 controle. De posse dos resultados, os agrotóxicos foram classificados em quatro classes de
179 seletividade, sendo classe 1, inócuo ($R < 30\%$); classe 2, levemente nocivo ($30\% \leq R \leq 79\%$);
180 classe 3, moderadamente nocivo ($80\% \leq R \leq 99\%$); e classe 4, nocivo ($R > 99\%$) (Hassan et
181 al. 2000).

182 **Análise dos dados**

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

193

194 **Resultados**

195 **Efeitos letal e subletal na fase de ovo do parasitoide**

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

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

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

211 Nenhum dos tratamentos afetou significativamente a capacidade de parasitismo até às
212 72 horas das fêmeas tratadas e todos foram classificados, dessa forma, como inócuos (classe
213 1) (Tabela 3). A emergência dos adultos, no entanto, foi prejudicada por flubendiamida e
214 azoxistrobina + benzovindiflupir, ambos classificados como levemente nocivos (classe 2)
215 para esse parâmetro (Tabela 3).

216

217 **Efeitos letal e subletal na fase de larva do parasitoide**

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

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

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

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

240

241 **Efeitos letal e subletal na fase de pupa do parasitoide**

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

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

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

263

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

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

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

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

294

295 **Discussão**

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

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

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

309 Os efeitos subletais em F1 de indoxacarbe e lambda-cialotrina + tiametoxam não foram
310 avaliados em função da sua letalidade. Indoxacarbe, no entanto, não reduziu
311 significativamente a emergência dos parasitoides em F0, ao passo que lambda-cialotrina +
312 tiametoxam foi moderadamente nocivo nas fases de ovo e pupa, mas nocivo na fase larval.
313 Indoxacarbe também causou 100% de mortalidade de *Copidosoma truncatellum* (Dalman,
314 1820) (Hymenoptera: Encyrtidae) após contato do parasitoide com residual do inseticida
315 (Ramos et al. 2018). Barros et al. (2018) encontraram 100% de mortalidade de *T. podisi*
316 causada por lambda-cialotrina e tiametoxam tanto na menor quanto na maior dosagem
317 registrada para os inseticidas na cultura do algodoeiro. Paiva et al. (2018) observaram redução
318 da emergência do parasitoide *T. pretiosum* quando a aplicação de lambda-cialotrina +
319 tiametoxam se deu na fase de pupa do parasitoide, embora em F1 os autores não tenham
320 encontrado efeito do inseticida na emergência, longevidade e capacidade de parasitismo.

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

324 maior toxicidade, bem como de acumulação do inseticida no tecido adiposo (Tomizawa e
325 Casida 2005), além de afetar várias funções nos insetos em função de atuar nos receptores da
326 acetilcolina, a qual é usada como neurotransmissor envolvido em várias funções sensoriais
327 (Cook et al. 2016). O sub-grupo dos piretroides também causam efeitos letais evidentes,
328 alterando vários comportamentos em insetos benéficos como os parasitoides (Desneux et al.
329 2006). Aqui, a combinação desses dois sub-grupos de inseticidas neurotóxicos, lambda-
330 cialotrina + tiametoxam, se mostrou letal para *T. podisi* na concentração mais alta
331 recomendada.

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

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

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

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

365 Quanto ao inseticida chlorantraniliprole, que atua ativando um receptor de rianodina no
366 músculo dos insetos causando paralisia e morte, é seletivo a espécies não alvo como os
367 parasitoides, uma vez que o seu modo de atuação é específico para lepidópteros e coleópteros.
368 Brugger et al. (2010) confirmaram a seletividade de chlorantraniliprole a sete espécies de
369 parasitoides, os quais não foram afetados na capacidade de parasitismo e na emergência após
370 contato com resíduos secos do inseticida. No entanto, quando aplicado na fase de pupa de *T.*
371 *pretiosum*, chlorantraniliprole reduziu a emergência desse parasitoide (Paiva et al. 2018). Na
372 presente pesquisa também encontramos efeitos desse inseticida na emergência nas três fases
373 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

399 o controle mais eficiente das populações de insetos-praga na lavoura (Delpuech e Meyet
400 2003). A mudança na razão sexual em *T. podisi* está relacionada a fatores estressantes do
401 ambiente como temperatura, tempo de exposição ao parasitismo e densidade de fêmeas
402 (Pacheco e Corrêa-Ferreira 1998). Na presente pesquisa esses fatores foram isolados, de tal
403 forma que o efeito se deve aos agrotóxicos testados. Segundo Delpuech e Meyet (2003), os
404 agrotóxicos, principalmente os inseticidas, afetam o número de ovos fertilizados pelas fêmeas,
405 provocando a emergência de mais indivíduos do sexo masculino.

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

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

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

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

429 O inseticida a base de clorantraniliprole não afetou a razão sexual de F1 de *T. podisi*
430 quando aplicado na fase de pupa do parasitoide em ensaio de Silva et al (2018a). Nesta
431 pesquisa, embora tenha afetado a razão sexual nessa fase, o impacto foi menor do que o
432 observado nas fases de ovo e larva, quando a razão sexual foi drasticamente afetada, sendo
433 0,00 e 0,19, respectivamente. Já o inseticida metoxifenoazida geralmente possui seletividade a
434 espécies não alvo pelo fato de atuar como acelerador da ecdise de insetos. Acreditamos que
435 seus efeitos subletais na razão sexual de *T. podisi* se deva a mistura com o inseticida
436 espinetoram, o qual apresenta maior impacto a inimigos naturais (Parsaeyan et al. 2020).

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

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

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

468

469 **Agradecimentos**

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

473

474 **Referências**

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

478

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

482

483 Brugger KE, Cole PG, Newman IC, Parker N, Scholz B, Suvagia P, Walker G, Hammond TG
484 (2010) Selectivity of chlorantraniliprole to parasitoid wasps. *Pest Management Science*
485 66(10):1075-1081

486

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

490

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

493

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

496

497 Carmo EL, Bueno AF, Bueno RCOF, Vieira SS, Goulart MMP, Carneiro TR (2010b)
498 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 *gemmaalis* 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, Tomáz 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 Pratisoli 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

644 Van Lenteren JC, Bolckmans K, Kohl J, Ravensberg WJ, Urbaneja A (2017) Biological
645 control using invertebrates and microorganisms: Plenty of new opportunities. *BioControl*
646 62:1-25
647
648 Wade A, Lin C-H, Kurkul C, Regan ER, Johnson RM (2019) Combined toxicity of
649 insecticides and fungicides applied to California almond orchards to honey bee larvae and
650 adults. *Insects* 10(1):10-20
651
652 Zantedeschi R, Grützmacher AD, Pazini JB, Bueno FA, Machado LL (2018a) Selectivity of
653 pesticides registered for soybean crop on *Telenomus podisi* and *Trissolcus basalis*. *Pesquisa*
654 *Agropecuária Tropical* 48: 52-58
655
656 Zantedeschi R, Rakes M, Pasini RA, Araújo MB, Bueno FA, Grützmacher AD (2018b)
657 Toxicity of soybean-registered agrochemicals to *Telenomus podisi* and *Trissolcus basalis*
658 immature stages. *Phytoparasitica* 46:203-212
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677

678 **Tabela 1** Agrotóxicos registrados para a cultura da soja e testados nas fases imaturas de
 679 *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 + benzovindiflupir	300 + 150	300
Fox [®]	trifloxistrobina + protioconazol	150 + 175	400
Priori [®] Xtra	azoxistrobina + ciproconazol	200 + 80	300

680 ¹ Produto comercial registrado no Agrofit (2020); ² Concentração do ingrediente ativo no
 681 produto comercial (g ou mL/L); ³ Dosagem máxima do produto comercial com registro para
 682 aplicação por hectare.
 683
 684
 685
 686
 687
 688
 689
 690
 691
 692
 693
 694
 695
 696
 697
 698
 699
 700
 701
 702
 703
 704

705 **Tabela 2** Efeito letal na mortalidade acumulada e subletal na redução da emergência e
 706 longevidade das fêmeas da geração F0 quando a aplicação dos agrotóxicos foi realizada na
 707 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 ± 1,41 a	0,00	1	-
Flubendiamida	9,09 b	9,25 ± 0,79 ab	18,28	1	38,4 ± 3,67abc
Beta-ciflutrina + imidacloprido	7,14 b	9,50 ± 1,58 ab	35,47	2	35,8 ± 2,19 abc
Lambda-cialotrina + tiametoxam	100 a	0,32 ± 0,35 c	96,93	3	-
Metoxifenoizida + espinetoram	100 a	8,37 ± 1,74 ab	34,65	2	30,0 ± 2,29 bc
Chlorantraniliprole	0,00 b	6,50 ± 1,09 ab	34,21	2	31,7 ± 3,70 abc
Picoxistrobina + ciproconazol	0,00 b	7,75 ± 0,52 ab	29,68	1	39,0 ± 3,23 abc
Azoxistrobina + benzovindiflupir	13,33 b	8,12 ± 1,49 ab	30,14	2	45,1 ± 3,83 a
Trifloxistrobina + protioconazol	8,68 b	10,87 ± 1,39 a	9,68	1	28,0 ± 3,13 bc
Azoxistrobina + ciproconazol	5,88 b	13,50 ± 0,75 a	4,61	1	24,5 ± 2,45 c
Testemunha	0,00 b	13,37 ± 1,44 a	0,00	-	42,9 ± 3,38 ab

708 ¹ Taxa de mortalidade acumulada até as 72 horas após a emergência dos parasitoides
 709 (p<0,0001); ² Emergência (média ± erro padrão) de *T. podisi* após tratamento na fase de ovo
 710 do parasitoide (p=0,001); ³ Redução da emergência calculada pela equação R E (%) = [(1 - T /
 711 C) * 100]; ⁴ Classe de seletividade preconizada pela IOBC sendo: classe 1, inócuo (R <30%);
 712 classe 2, levemente nocivo (30% ≤ R ≤ 79%); classe 3, moderadamente nocivo (80% ≤ R ≤
 713 99%); e classe 4, nocivo (R > 99%); ⁵ Longevidade (média ± erro padrão) (p<0,0001).

714
 715
 716
 717
 718
 719
 720
 721
 722
 723
 724

725 **Tabela 3** Efeito subletal na redução da capacidade de parasitismo da geração F0 e na redução
 726 da emergência da geração F1 de agrotóxicos registrados para a cultura da soja aplicados na
 727 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	-	-

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

735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747

748 **Tabela 4** Efeito letal na mortalidade acumulada e subletal na redução da emergência e
 749 longevidade das fêmeas da geração F0 após tratamento com agrotóxicos registrados para a
 750 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 ± 1,41 a	9,83	1	-
Flubendiamida	1,70 b	7,38 ± 1,20 ab	29,15	1	26,00 ± 1,08 ^{ns}
Beta-ciflutrina + imidacloprido	6,00 b	5,88 ± 1,32 ab	46,20	2	23,40 ± 0,87
Lambda-cialotrina + tiametoxam	100 a	0,00 ± 0,00 b	100	4	-
Metoxifenoazida + espinetoram	3,50 b	8,38 ± 1,09 a	30,73	2	29,10 ± 1,35
Chlorantraniliprole	0,00 b	6,88 ± 0,62 ab	32,42	2	28,70 ± 1,44
Picoxistrobina + ciproconazol	0,00 b	7,88 ± 1,08 ab	17,91	1	27,40 ± 1,83
Azoxistrobina + benzovindiflupir	3,77 b	6,63 ± 0,98 ab	27,79	1	25,60 ± 1,12
Trifloxistrobina + protioconazol	2,22 b	11,25 ± 1,43 a	0,49	1	25,40 ± 1,66
Azoxistrobina + ciproconazol	0,60 b	11,50 ± 1,12 a	8,17	1	26,10 ± 0,65
Testemunha	0,00 b	11,63 ± 1,29 a	-	-	26,9 ± 1,08

751 ¹ Taxa de mortalidade acumulada até as 72 horas após a emergência dos parasitoides
 752 (p<0,0001); ² Emergência (média ± erro padrão) de *T. podisi* após tratamento na fase de larva
 753 do parasitoide (p<0,0001); ³ Redução da emergência calculada pela equação R E (%) = [(1 - T
 754 / C) * 100]; ⁴ Classe de seletividade preconizada pela IOBC sendo: classe 1, inócuo (R
 755 <30%); classe 2, levemente nocivo (30% ≤ R ≤ 79%); classe 3, moderadamente nocivo (80%
 756 ≤ R ≤ 99%); e classe 4, nocivo (R > 99%); ⁵ Longevidade (média ± erro padrão) (p=0,2529)
 757 ns= não significativo pelo teste de Kruskal-Wallis a 0,05%.

758
 759
 760
 761
 762
 763
 764
 765
 766
 767

768 **Tabela 5** Efeito subletal na redução da capacidade de parasitismo da geração F0 e na redução
 769 da emergência da geração F1 após tratamentos com agrotóxicos registrados para a cultura da
 770 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 ± 1,48 ^{ns}	14,34	1	7,43 ± 0,57 b	31,17	2
Beta-ciflutrina + imidacloprido	10,83 ± 0,88	34,34	2	6,10 ± 0,63 b	43,52	2
Metoxifenoazida + espinetoram	11,57 ± 1,16	29,90	1	6,77 ± 0,64 b	37,34	2
Chlorantraniliprole	16,47 ± 2,71	0,20	1	8,67 ± 0,39 ab	19,75	1
Picoxistrobina + ciproconazole	13,37 ± 1,86	18,99	1	7,90 ± 0,65 b	26,85	1
Azoxistrobina + benzovindiflupir	13,60 ± 1,48	17,58	1	6,53 ± 0,72 b	39,51	2
Trifloxistrobina + protioconazol	10,63 ± 1,07	35,55	2	6,63 ± 0,68 b	38,58	2
Azoxistrobina + ciproconazol	11,33 ± 1,59	31,31	2	7,03 ± 0,37 b	34,88	2
Testemunha	16,50 ± 1,16	-	-	10,80 ± 0,33 a	-	-

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

778
 779
 780
 781
 782
 783
 784
 785
 786
 787
 788
 789
 790

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

794 ¹ Taxa de mortalidade acumulada até as 72 horas após a emergência dos parasitoides
 795 ($p < 0,0001$); ² Emergência (média ± erro padrão) de *T. podisi* após tratamento na fase de pupa
 796 do parasitoide ($p < 0,0001$); ³ Redução da emergência calculada pela equação $R E (\%) = [(1 - T$
 797 $/ C) * 100]$; ⁴ Classe de seletividade preconizada pela IOBC sendo: classe 1, inócuo (R
 798 $< 30\%$); classe 2, levemente nocivo ($30\% \leq R \leq 79\%$); classe 3, moderadamente nocivo (80%
 799 $\leq R \leq 99\%$); e classe 4, nocivo ($R > 99\%$); ⁵ Longevidade (média ± erro padrão) ($p < 0,001$).

800
 801
 802
 803
 804
 805
 806
 807
 808

809 **Tabela 7** Efeito subletal na redução da capacidade de parasitismo da geração F0 e na redução
 810 na emergência da geração F1 após tratamentos com agrotóxicos registrados para a cultura da
 811 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
Metoxifenoazida + 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	-	-

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

819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832

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)

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

3

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

6

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

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

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

31
32 Abstract - Chemical control associated with biological control are important tools for
33 Integrated Pest Management (IPM). *Telenomus podisi* Ashmead, 1893 (Hymenoptera:
34 Platygasteridae) is the main egg parasitoid of the brown stink bug *Euschistus heros* (Fabr.,
35 1974) (Hemiptera: Pentatomidae), one of the most important pest insects in soybean
36 culture. *T. podisi* is already used in augmentative biological control because of its proven
37 efficiency in suppressing *E. heros*. The lethal and sublethal effects of two diamidic
38 insecticides and four fungicides used to control lepidopteran pests and diseases,
39 respectively, in the adult parasitoid phase were tested. The methodology of the
40 International Organization for Biological and Integrated Control (IOBC) was used for the
41 classification of pesticides in order to analyze their compatibility with the IPM.
42 Flubendiamide affected the F1 sex ratio and longevity, while chlorantraniliprole did not
43 cause a lethal or sublethal effect. Among the tested fungicides, trifloxystrobin +
44 protioconazole caused a sublethal effect affecting the capacity of parasitism and the
45 emergence of F1 while picoxystrobin + cyproconazole and azoxystrobin +
46 benzovindiflupir reduced the longevity in F1, in addition to azoxystrobin +
47 benzovindiflupir having affected the amount of progenies of the female progeny. None of
48 the pesticides tested had a significant lethal effect on the *T. podisi* females treated. The
49 diamidic insecticides flubendiamide and chlorantraniliprole are compatible with the
50 biological control of *T. podisi* and can be recommended in the soybean MIP. The fungicide

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

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

56

57 **Introdução**

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

62 Diversas espécies de insetos-praga atacam a cultura da soja, sendo o percevejo-
63 marrom *Euschistus heros* (Fabr. 1974) (Hemiptera: Pentatomidae) um dos principais
64 agentes de perdas pela redução do peso e tamanho das sementes, além de provocar a morte
65 de embriões e a contaminação por fungos (Corrêa-Ferreira e Azevedo 2002, Bueno et al.
66 2020). Lagartas desfolhadoras como *Chrysodeixis includens* (Walker, 1858) (Lepidoptera:
67 Noctuidae) são encontradas com frequência atacando a cultura da soja, para a qual os
68 inseticidas a base de Diamidas são utilizados como estratégia de controle (Stacke et al.
69 2019). Juntamente com os insetos-praga, a incidência de doenças fúngicas na cultura da
70 soja também requer especial atenção do produtor para evitar perdas na produtividade. O
71 controle químico com fungicidas é utilizado na maioria das vezes como estratégia para o
72 controle desses patógenos (Chechi et al. 2020). No Brasil, as doenças fúngicas são
73 representadas principalmente pela ferrugem asiática que tem como agente causal o fungo
74 *Phakopsora pachyrhizi* Sydow e Sydow (1914), com potencial de reduzir em até 100% a
75 produtividade da cultura (Garcés-Fialhos 2011).

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

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

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

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

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

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

108 Os testes realizados no Brasil para a classificação de agrotóxicos utilizados na
109 cultura da soja quanto a seletividade a parasitoides de ovos na fase adulta normalmente
110 classificam os produtos baseados em seus efeitos letais e quanto muito a subletalidade é
111 avaliada em F0 pela redução da capacidade de parasitismo ou emergência (Carmo et al.
112 2010, Magano et al. 2015, Grande et al. 2018, Zantedeschi et al. 2018), desprezando os
113 efeitos subletais na razão sexual e longevidade, os quais estão diretamente ligados com a
114 dinâmica populacional do parasitoide e seu sucesso na supressão da praga no campo.

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

119

120 **Métodos**

121 Material biológico

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

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

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

136

137 Agrotóxicos

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

143

144 Efeitos letal e subletal

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

149 Cada agrotóxico, na máxima dosagem registrada, foi aplicado em frascos de vidro
150 (2,4 cm de diâmetro \times 8,0 cm de altura = 64,84 cm²) no volume de 600 μ L de modo a

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

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

167

168 Classes de Seletividade de agrotóxicos

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

176 parasitismo ou longevidade); T é a média para o tratamento e C é a média da testemunha.
177 Segundo as normas da IOBC, cada agrotóxico foi classificado em: classe 1, inócuo (R
178 <30%); classe 2, levemente nocivo ($30\% \leq R \leq 79\%$); classe 3, moderadamente nocivo
179 ($80\% \leq R \leq 99\%$); e classe 4, nocivo ($R > 99\%$) (Hassan et al. 2000).

180

181 Análise estatística

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

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

197

198 **Resultados**

199 Efeitos letal e subletal em F0 de *Telenomus podisi*

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

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

210

211 Efeito subletal em F1 de *Telenomus podisi*

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

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

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

224

225 **Discussão**

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

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

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

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

254 Considerando que os efeitos na razão sexual são pouco pronunciados, e que o
255 impacto na longevidade do parasitoide, embora significativa, pode não afetar a dinâmica
256 populacional de forma contundente, sabendo-se que a maior capacidade de parasitismo e
257 com geração de um número maior de fêmeas na prole de *T. podisi* parasitando ovo de *E.*
258 *heros* acontece até o oitavo dia após a emergência da fêmea (Pacheco e Corrêa-Ferreira
259 1998), a utilização desse inseticida no MIP pode ser recomendada, mantendo sempre que
260 possível a rotação de princípios ativos de inseticidas seletivos.

261 De um modo geral, chlorantraniliprole é um inseticida seletivo para muitos
262 parasitoides quando testado em exposições em laboratório. Tanto a capacidade de
263 parasitismo de adultos tratados com o inseticida, como a mortalidade pós-exposição e a
264 emergência não foram afetados por esse ingrediente ativo (Brugger et al. 2010). A fase
265 adulta de *Cotesia flavipes* (Cameron, 1891) (Hymenoptera: Braconidae) em contato com
266 resíduos secos de chlorantraniliprole não sofreu efeitos na mortalidade das fêmeas tratadas.
267 O inseticida também não impacta na razão sexual da geração F1 desse parasitoide (Matioli
268 et al. 2018). Da mesma forma, a longevidade e a sobrevivência de *Trissolcus japonicus*
269 (Ashmead, 1904) (Hymenoptera: Scelionidae) não foram afetadas quando adultos do
270 parasitoide estiveram em contato com a dosagem de campo aplicada em frascos de vidro
271 em laboratório e a campo (Lowenstein et al. 2019). A mortalidade e emergência do
272 parasitoide *Aphidius colemani* Viereck, 1912 (Hymenoptera: Braconidae) de igual modo
273 não foi significativa em testes de laboratório com adultos expostos (Garantonakis et al.
274 2016).

275 Tanto flubendiamida quanto chlorantraniliprole não afetaram a capacidade de
276 parasitismo de *T. podisi*, *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879, *Trichogramma achaeae*
277 Nagaraja & Nagarkatti, 1970 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) e *Trissolcus basal*
278 (Wollaston 1858) (Hymenoptera: Platygasteridae) (Pazini et al. 2016, Zantedeschi et al.
279 2018, Gallego et al. 2019) e a sobrevivência de *Copidosoma truncatellum* (Dalman, 1820)
280 (Hymenoptera: Encyrtidae) (Ramos et al. 2018), quando adultos foram expostos aos
281 inseticidas. Chlorantraniliprole não teve efeito subletal na longevidade, capacidade de
282 parasitismo, emergência e razão sexual de *T. achaeae* (Fontes et al. 2018). Contudo, esses
283 efeitos em *T. podisi* quando adultos são expostos a resíduos secos ainda careciam de
284 resultados comprobatórios de sua seletividade. Tais efeitos implicariam em um número
285 menor de fêmeas na população, além de reduzir o tempo do parasitoide no campo
286 realizando a supressão da praga, afetando indiretamente o controle biológico, seja ele
287 natural ou aumentativo (Desneux et al. 2007).

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

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

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

303 O efeito de fungicidas na capacidade de parasitismo de adultos tratados com
304 fungicidas já foi relatado nos parasitoides *T. podisi* (Pazini et al. 2017), *T. pretiosum*
305 (Magano et al. 2015), *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner, 1983 (Hymenoptera:
306 Trichogrammatidae) (Pratissoli et al. 2010), *Aphidius rhopalosiphi* DeStefani-Perez, 1902
307 (Hymenoptera: Aphidiidae) (Jansen 1999), *Aphelinus mali* (Haldeman, 1851)
308 (Hymenoptera: Aphelinidae) (Heunis e Pringle 2003) e *T. chilonis* (Khan 2019). A
309 seletividade dos fungicidas para este parâmetro é variável de espécie para espécie e
310 produto comercial, o que indica a necessidade de testes de seletividade para o
311 conhecimento dos fungicidas menos prejudiciais aos parasitoides para uso no MIP. Em sua
312 maioria, esses trabalhos abordam muitos fungicidas protetores, os quais estão sendo
313 utilizados recentemente em combinações com os fungicidas sitio-específicos em virtude da
314 perda de eficiência desses últimos no controle das doenças da cultura da soja (Ribeiro et al.
315 2019). Assim, trabalhos futuros devem abordar a mistura de diferentes fungicidas e sua
316 seletividade a *T. podisi*.

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

325 representar efeitos negativos na população, visto que mesmo num período reduzido, o
326 parasitoide pode desempenhar o controle biológico de forma satisfatória (Desneux et al.
327 2007).

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

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

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

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

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

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

375

376 **Referências**

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

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

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

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

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

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

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

396 **Corrêa-Ferreira, B. S., J. Azevedo. 2002.** Soybean seed damage by different species of
397 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 basal* (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. Smaghe. 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

568 **Tabela 1** Agrotóxicos registrados para a cultura da soja e testados quanto aos efeitos letais
 569 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			
Aproach [®] Prima	picoxistrobina + ciproconazole	200 + 80	300
Elatus [®]	azoxistrobina + benzovindiflupir	300 + 150	300
Fox [®]	trifloxistrobina + protioconazol	150 + 175	400
Priori [®] Xtra	azoxistrobina + ciproconazol	200 + 80	300

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

573
 574
 575
 576
 577
 578
 579
 580
 581
 582
 583
 584
 585
 586
 587
 588
 589
 590
 591
 592
 593
 594
 595
 596

597 **Tabela 2** Redução do parasitismo e mortalidade acumulada de F0 de *Telenomus podisi*
 598 submetidos ao contado residual de agrotóxicos registrados para a cultura da soja na fase
 599 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

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

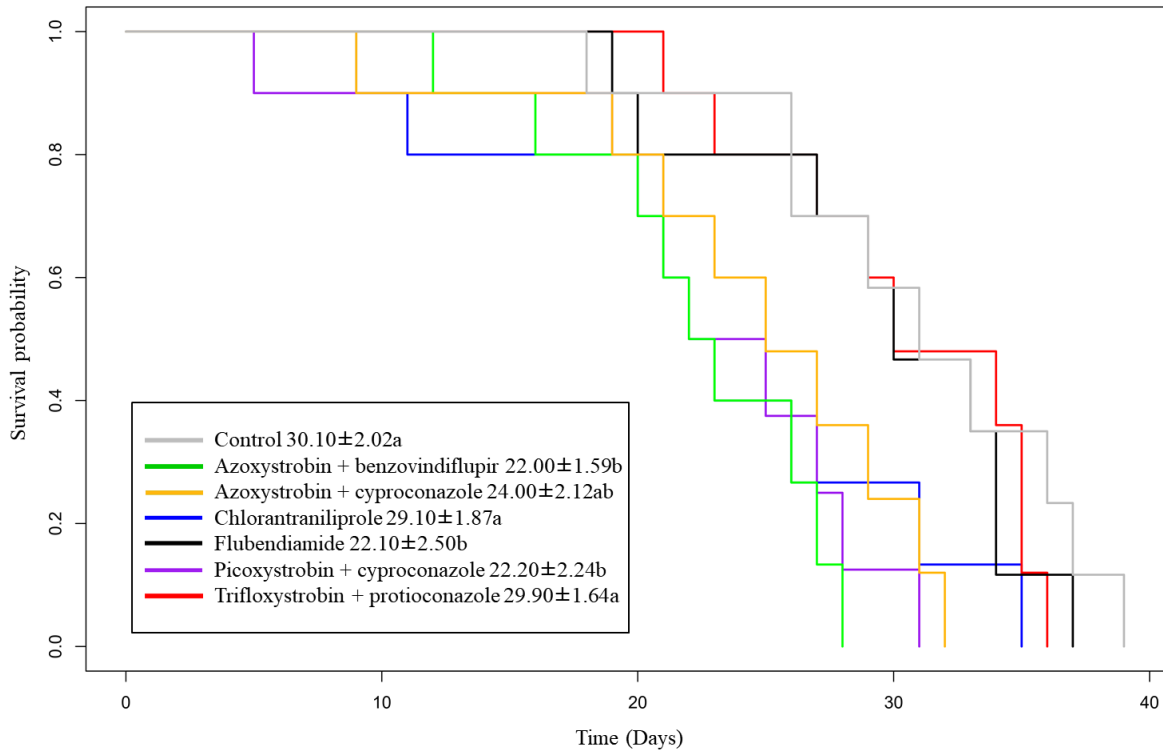
608
 609
 610
 611
 612
 613
 614
 615
 616
 617
 618
 619
 620
 621
 622
 623
 624
 625
 626
 627

628 **Tabela 3** Efeito subletal na emergência, classe de seletividade e razão sexual de fêmeas da
 629 geração F1 de *Telenomus podisi* após contado residual com agrotóxicos registrados para a
 630 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

631 ¹ Emergência média de *T. podisi* após tratamento na fase adulta do parasitoide (p=0,007)
 632 médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de
 633 Tukey a 0,05%; ² Redução da emergência calculada pela equação R E (%) = [(1 - T / C) *
 634 100]; ³ Classe de seletividade preconizada pela IOBC sendo: classe 1, inócuo (R <30%);
 635 classe 2, levemente nocivo (30% ≤ R ≤ 79%); classe 3, moderadamente nocivo (80% ≤ R ≤
 636 99%); e classe 4, nocivo (R > 99%); ⁴ Razão sexual média de F1 (♀/(♀+♂)) médias seguidas
 637 pela mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 0,05%.

638
 639
 640
 641
 642
 643
 644
 645
 646
 647
 648
 649
 650
 651
 652
 653
 654
 655
 656
 657
 658
 659
 660



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, Enoir 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**, Misiones, 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.

PANIZZI, 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 estádio 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.