



MARIANA ABREU COSTA

**SELETIVIDADE FISIOLÓGICA DE INSETICIDAS
UTILIZADOS EM ALGODOEIRO PARA *Trichogramma
pretiosum* RILEY, 1879 (HYMENOPTERA:
TRICHOGRAMMATIDAE)**

LAVRAS - MG

2017

MARIANA ABREU COSTA

**SELETIVIDADE FISIOLÓGICA DE INSETICIDAS UTILIZADOS EM
ALGODOEIRO PARA *Trichogramma pretiosum* RILEY, 1879 (HYMENOPTERA:
TRICHOGRAMMATIDAE)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, área de concentração em Manejo Integrado de Pragas, para a obtenção do título de Doutora.

Prof. Dr. Geraldo Andrade Carvalho
Orientador

**LAVRAS - MG
2017**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Costa, Mariana Abreu.

Seletividade fisiológica de inseticidas utilizados em algodoeiro
para *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera:
Trichogrammatidae) / Mariana Abreu Costa. - 2017.

82 p.

Orientador(a): Geraldo Andrade Carvalho.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2017.

Bibliografia.

1. *Gossypium hirsutum*. 2. Pragas. 3. Parasitoide. I. Carvalho,
Geraldo Andrade. II. Título.

MARIANA ABREU COSTA

**SELETIVIDADE FISIOLÓGICA DE INSETICIDAS UTILIZADOS EM
ALGODOEIRO PARA *Trichogramma pretiosum* RILEY, 1879 (HYMENOPTERA:
TRICHOGRAMMATIDAE)**

**PHYSIOLOGICAL SELECTIVITY OF INSECTICIDES USED ON COTTON CROP
TO *Trichogramma pretiosum* RILEY, 1879 (HYMENOPTERA:
TRICHOGRAMMATIDAE)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, área de concentração em Manejo Integrado de Pragas, para a obtenção do título de Doutora.

APROVADA em 24 de abril de 2017.

Dr. Bruno Henrique Sardinha de Souza - Universidade Federal de Lavras

Dra. Lenira Viana Costa Santa Cecília - EPAMIG/EcoCentro

Dra. Maria Fernanda Gomes Villalba Peñaflor - Universidade Federal de Lavras

Dr. Maurício Sérgio Zacarias - Embrapa/Café

Prof. Dr. Geraldo Andrade Carvalho
Orientador

LAVRAS - MG

2017

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Entomologia (DEN), pela oportunidade concedida para a realização do doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos durante o curso.

Ao professor Dr. Geraldo Andrade Carvalho, por sua orientação, exemplo, confiança e sua dedicação ao longo desses 6 anos, que sem dúvida foram de grande valia para a minha formação acadêmica.

Aos membros da banca examinadora, por aceitarem prontamente o convite, bem como por suas sugestões fundamentais para o aperfeiçoamento do trabalho.

Aos professores do Departamento de Entomologia da UFLA, pelos ensinamentos transmitidos durante o curso.

Aos colegas do Laboratório de Ecotoxicologia, Anderson, Brenda, Dejane, Dyrson, Eliana, Lara, Luis, Marianne, Otávio, Pablo, Pieter, Rafaella, Rodrigo e Scarlat pelo auxílio na execução e condução dos experimentos e, principalmente, pela ótima convivência no dia a dia.

Aos amigos Anderson, Brenda, Eliana, Luis, e Pieter, pela importância que tiveram para a execução desse trabalho, pelo entusiasmo nas coisas que se dispuseram a fazer e acima de tudo pelo ótimo bom humor, tornando as avaliações mais prazerosas.

Aos amigos do curso de doutorado, em especial Dejane, Flávio e Pablo pelos ótimos momentos de convivência e companherismo.

Aos funcionários do Departamento de Entomologia, pela amizade e boa convivência.

Aos pesquisadores da EMBRAPA Milho e Sorgo, Dr. Ivan Cruz e Dr. Paulo Afonso Viana, pela orientação, profissionalismo, os ensinamentos e por ter despertado em mim o interesse pela Entomologia.

Aos amigos da EMBRAPA Milho e Sorgo, em especial Diego, Rafael, Vieira e funcionários do Laboratório de Criação de Insetos (LACRI), pelos ensinamentos, amizade, palavras de conforto e conselhos que foram de grande valia para meu crescimento profissional.

Aos meus pais, Marlene e José (in memoriam), pelo amor, incentivo e apoio incondicional em todos os momentos da minha vida.

Agradeço a minha mãe Marlene, heroína que me deu apoio, incentivo nas horas difíceis, e por me fazer acreditar que os meus sonhos não são tão distantes, e que basta ter coragem e persistência para alcançá-los.

Aos meus irmãos Maisa e Rafael, que nos momentos de minha ausência, sempre fizeram entender que o futuro é feito a partir da constante dedicação no presente!

A todos aos meus familiares e amigos que conquistei durante a vida.

A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram com o êxito deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

Muito obrigada!

RESUMO GERAL

A espécie *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) é capaz de parasitar ovos de várias espécies de lepidópteros que podem se alimentar de plantas de algodoeiro e por isto deve ser conservada. O objetivo desse trabalho foi avaliar a seletividade dos compostos teflubenzuron, tiodicarbe, clorfenapir, flupiradifurone e metomil, em suas maiores dosagens, para o controle de pragas na cultura do algodoeiro, para *T. pretiosum* em suas fases imatura e adulta. Teflubenzuron e flupiradifurone quando aplicado sobre as fases de ovo-larva e pré-pupa causaram uma baixa redução na emergência (F1) e foram classificados como inócuos. Teflubenzuron causou baixa redução na capacidade de parasitismo (F1) e não diminuiu a sobrevivência de fêmeas (F1), e foi considerado inócuo. Clorfenapir e teflubenzuron causaram baixa redução na emergência (F2) e foram seletivos ao parasitoide. Para a fase adulta teflubenzuron reduziu a capacidade de parasitismo (F0) quando os adultos ingeriram mel contaminado com esse composto. Metomil e tiodicarbe independentemente da via de exposição foram mais nocivos para *T. pretiosum*. Para o ensaio de contato com superfície contaminada, flupiradifurone foi considerado levemente prejudicial; clorfenapir moderadamente prejudicial, tiodicarbe e metomil foram prejudiciais. No bioensaio de persistência residual, clorfenapir, tiodicarbe e metomil foram persistentes. Em função da baixa toxicidade conferida por teflubenzuron para *T. pretiosum* em sua fase imatura e adulta, esse inseticida deve ser priorizado em programas de manejo integrado de pragas visando à preservação dessa espécie no algodoeiro.

Palavras-chave: *Gossypium hirsutum*. Pragas. Parasitoide. Pesticidas. Toxicidade. Controle biológico.

ABSTRACT

Trichogramma pretiosum Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) is capable to parasitize eggs of several lepidopteran species present that can feed on cotton plants and for this reason must be conserved in this crop. The objective of this work was to evaluate the selectivity of the insecticides teflubenzuron, thiodicarb, chlorfenapyr, flupyradifurone and methomyl in their higher dosages recommended for pest control in the cotton crop to the parasitoid *T. pretiosum* in its immature and adult phases. Teflubenzuron and flupyradifurone caused a low reduction in emergence (F1) when applied on the egg-larva and pre-pupal stages, and therefore were classified as harmless. Teflubenzuron caused a low reduction in parasitism (F1) and did not affect the survival of females (F1), and was considered harmless. Chlorfenapyr and teflubenzuron caused a low reduction in the emergence (F2) and were classified as harmless to the parasitoid. Teflubenzuron reduced the parasitism of adults (F0) who fed on honey treated with this insecticide. Methomyl and thiodicarb were the most toxic insecticides for *T. pretiosum* in all exposure tests. In the contaminated surface contact test, flupyradifurone was considered slightly harmful; chlorfenapyr was moderately harmful, and thiodicarb and methomyl were harmful. In the residual persistence bioassay, chlorfenapyr, thiodicarb and methomyl were classified as persistent. Teflubenzuron caused a low toxicity to the immature and adult phases of *T. pretiosum*. For this reason, this insecticide should be preferred in integrated pest management programs that aim the conservation of this species in the cotton crops.

Keywords: *Gossypium hirsutum*. Pests. Parasitoid. Pesticides. Toxicity. Biological control.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO 2

- Figura 1 – Razão sexual (%) de *Trichogramma pretiosum*, geração F1, oriundos de ovos de *Ephestia kuehniella* tratados e contendo o parasitoide em sua fase imatura. ¹Não foi verificada interação dos inseticidas com o estágio imaturo do parasitoide (g.l. = 10; F = 0,653; $p = 0,764$). Colunas (média \pm EP), seguidas pela mesma letra, minúscula dentro do grupo, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).....34
- Figura 2 – Parasitismo (%) de *Trichogramma pretiosum*, geração F1, oriundas de ovos de *Ephestia kuehniella* tratados e contendo o parasitoide em sua fase imatura. ¹Não foi verificada interação dos inseticidas com o estágio imaturo do parasitoide (g.l. = 8; F = 1,519; $p = 0,178$). Colunas (média \pm EP), seguidas pela mesma letra, minúscula dentro do grupo, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$)..... 35
- Figura 3 – Razão sexual (%) de *Trichogramma pretiosum*, geração F2, oriundos de ovos de *Ephestia kuehniella* tratados e contendo o parasitoide em sua fase imatura. ¹Não foi verificada interação dos inseticidas com o estágio imaturo do parasitoide (g.l. = 8; F = 0,988; $p = 0,458$). Colunas (média \pm EP), seguidas pela mesma letra, minúscula dentro do grupo, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).....39
- Figura 4 – Sobrevivência ao longo do tempo de fêmeas da geração F1 de *Trichogramma pretiosum*, provenientes de ovos de *Ephestia kuehniella* tratados e contendo o parasitoide em sua fase imatura: (a) ovo-larva, (b) pré-pupa e (c) pupa. Curvas com letras iguais não diferem entre si pelo teste Log-rank ($\alpha = 0,05$).....40

CAPÍTULO 3

Figura 1 – (A) Gaiola de exposição de adultos de *Trichogramma pretiosum* à superfície inerte contaminada com inseticidas e (B) esquema do sistema de ventilação para evitar o acúmulo de gases tóxicos no interior das gaiolas.....60

Figura 2 – (A) Curvas de sobrevivência de fêmeas de *Trichogramma pretiosum* (A) expostas topicamente e (B) que ingeriram alimento contaminado com inseticidas. Curvas com letras iguais não diferem entre si pelo teste Log-rank ($\alpha = 0.05$).....66

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

- Tabela 1 – Nome técnico, nome comercial, concentração da formulação, dosagem do produto comercial e grupo químico dos inseticidas utilizados.....26
- Tabela 2 – Classificação toxicológica padronizada pela IOBC para produtos fitossanitários, em função da redução da capacidade benéfica de parasitoides do gênero *Trichogramma*29
- Tabela 3 – Emergência (%) de *Trichogramma pretiosum*, geração F1, oriundos de ovos de *Ephestia kuehniella* tratados e contendo o parasitoide em sua fase imatura, e classe de toxicidade dos compostos avaliados32
- Tabela 4 – Porcentagem (\pm EP) de adultos deformados de *Trichogramma pretiosum*, da geração F1 provenientes de ovos de *Ephestia kuehniella* tratados e contendo o parasitoide em sua fase imatura33
- Tabela 5 – Porcentagem de redução na capacidade de parasitismo (%) de *Trichogramma pretiosum*, geração F1, oriundos de ovos de *Ephestia kuehniella* tratados e contendo o parasitoide em sua fase imatura, e classe de toxicidade dos compostos avaliados36
- Tabela 6 – Emergência (%) de *Trichogramma pretiosum*, geração F2, oriundos de ovos de *Ephestia kuehniella* tratados e contendo o parasitoide na fase imatura, e classe de toxicidade dos compostos avaliados37
- Tabela 7 – Porcentagem (\pm EP) de adultos deformados de *Trichogramma pretiosum* da geração F2 provenientes de ovos de *Ephestia kuehniella* tratados e contendo o parasitoide em sua fase imatura38

CAPÍTULO 3

Tabela 1 – Porcentagem média (\pm EP) de parasitismo e emergência de *Trichogramma pretiosum* em ovos de *Ephesia kuehniella* após exposição tópica de fêmeas da geração F0 aos tratamentos e classes de toxicidade conforme IOBC.....67

Tabela 2 – Porcentagem média (\pm EP) de parasitismo e emergência de *Trichogramma pretiosum* em ovos de *Ephesia kuehniella* após fêmeas da geração F0 ingerirem alimento contaminado com inseticidas, e classes de toxicidade conforme IOBC68

Tabela 3 – Número (\pm EP) de ovos de *Ephesia kuehniella* parasitados por fêmea de *Trichogramma pretiosum* expostas a superfície inerte contaminada com inseticidas, e classe de toxicidade de acordo com a IOBC69

Tabela 4 – Número (\pm EP) de ovos de *Ephesia kuehniella* parasitados por fêmea de *Trichogramma pretiosum*, e classes de toxicidade de acordo com a IOBC quando adultos do parasitoide foram expostos a resíduos de inseticidas em plantas de algodão70

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1.....	14
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	14
2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
3 HIPÓTESES.....	18
REFERÊNCIAS.....	19
CAPÍTULO 2.....	21
Efeitos letal e subletal de inseticidas utilizados na cultura do algodoeiro sobre <i>Trichogramma pretiosum</i> Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae)	21
RESUMO.....	22
ABSTRACT.....	23
1 INTRODUÇÃO.....	24
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	26
2.1 Criação de <i>T. pretiosum</i> em laboratório.....	26
2.2 Efeitos dos inseticidas sobre <i>T. pretiosum</i> em sua fase imatura.....	27
2.3 Análises dos dados.....	28
2.4 Classificação dos inseticidas segundo escala da IOBC.....	29
3 RESULTADOS.....	30
3.1 Efeitos dos inseticidas sobre <i>T. pretiosum</i> em sua fase imatura.....	30
4 DISCUSSÃO.....	41
5 CONCLUSÃO.....	46
REFERÊNCIAS.....	47
CAPÍTULO 3.....	51
Toxicidade de inseticidas usados na cultura algodoeira para adultos de <i>Trichogramma pretiosum</i> por meio de diferentes rotas de exposição.....	52
RESUMO.....	53
ABSTRACT.....	54
1 INTRODUÇÃO.....	55
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	57
2.1 Insetos e inseticidas.....	57
2.2 Bioensaio de exposição tópica.....	57
2.3 Bioensaio de ingestão.....	59
2.4 Bioensaio de contato com superfície contaminada	59
2.5 Bioensaio de persistência residual dos compostos	61
2.6 Análises dos dados	62
3 RESULTADOS.....	64
3.1 Exposição tópica	64
3.2 Bioensaio de ingestão.....	64
3.3 Superfície contaminada.....	65
3.4 Bioensaio de persistência residual dos compostos	65
4 DISCUSSÃO.....	71
5 CONCLUSÃO.....	75
REFERÊNCIAS.....	76
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	81

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

O algodoeiro pertence ao gênero *Gossypium*, família Malvaceae, anualmente cerca de 35 milhões de hectares de terra são cultivados com essa cultura ao redor do mundo e o comércio mundial movimentada cerca de US\$ 12 bilhões, envolvendo mais de 350 milhões de pessoas em sua produção (ABRAPA, 2017). O Brasil é o quinto maior produtor (atrás da Índia, China, Estados Unidos e do Paquistão), e o terceiro maior exportador (atrás de Estados Unidos e da Índia) de algodão com produção estimada de 1,44 milhão de toneladas de pluma em uma área de 925,8 mil hectares para a safra 2016/17 (CONAB, 2017).

Em condições de cultivo dessa malvácea no país, atenção maior tem sido direcionada para o controle de insetos-praga, como bicudo-do-algodoeiro *Anthonomus grandis* (Boheman, 1843) (Coleoptera: Curculionidae), pulgão *Aphis gossypii* (Glover) (Glover, 1877) (Hemiptera: Aphididae), mosca-branca *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae), ácaro-branco *Polyphagotarsonemus latus* (Banks, 1904) (Acari: Tarsonemidae), ácaro-rajado *Tetranychus urticae* (Koch) (Acari: Tetranychidae) (ALMEIDA, 2001). Dentre os lepidópteros-praga, destacam-se o curuquerê-do-algodoeiro *Alabama argillacea* (Hübner, 1818), a lagarta-das-maçãs *Heliothis virescens* (Fabricius, 1871) (Lepidoptera: Noctuidae) e a lagarta-rosada *Pectinophora gossypiella* (Saunders, 1843) (Lepidoptera: Gelechiidae). Essas espécies e o bicudo-do-algodoeiro são reconhecidos como pragas chaves do algodoeiro, tanto pela frequência de danos que povocam quanto pelos altos investimentos aplicados para seu controle (RODRIGUES et al, 2007).

Diversas táticas têm sido utilizadas para o controle desses artrópodes-praga; entretanto, o método químico ainda é o mais utilizado. Apesar de serem fundamentais para a produção agrícola, os produtos fitossanitários têm sido alvo de crescente preocupação em virtude do seu potencial em causar desequilíbrios biológicos nos agroecossistemas, provocando fenômenos como ressurgência de pragas, aumento de pragas secundárias e seleção de populações de insetos resistentes (RAFIKOV; BALTHAZAR, 2005).

Dentre os insetos benéficos presentes em agroecossistema algodoeiro, destacam-se os parasitoides do gênero *Trichogramma*, os quais são capazes de controlar lepidópteros-praga ainda na fase de ovo, ou seja, antes de causarem qualquer dano econômico à cultura. O uso mais nótavel desse agente de controle biológico aplicado no país ocorreu com a liberação de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) visando ao

controle da traça-do-tomateiro, *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) (HAJI et al., 2002).

Liberações de *T. pretiosum* são realizadas constantemente em outras culturas como no milho para o controle de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae); *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae) em crucíferas; *Bonagota cranaodes* (Meyrick) (Lepidoptera: Tortricidae) em macieira, dentre outras (BESSERA; QUERINO; MONTEIRO et al., 2004; PARRA, 2003; PARRA, ZUCCHI, 2004).

Porém, o uso indiscriminado de produtos fitossanitários de amplo espectro de ação tem limitado o sucesso de programas de controle biológico por meio da utilização de *Trichogramma* spp.. Uma estratégia para a compatibilização do uso de produtos químicos e esses parasitoides, seria a aplicação de compostos que apresentem seletividade, ou seja, que matem as pragas causando menor impacto possível sobre os agentes de controle biológico (FOERSTER, 2002). A seletividade fisiológica é definida como a maior atividade de um inseticida sobre a praga do que sobre o inimigo natural quando ambos entram em contato direto com o inseticida ou seus resíduos. A seletividade ecológica ocorre em função das diferenças de comportamento ou hábitat entre pragas e organismos benéficos, possibilitando que o produto químico entre em contato com determinada espécie e não com outra (RIPPER; GREENSLADE; HARTEY, 1951).

Segundo Hassan et al. (1997), em estudos de seletividade deve haver uma sequência particular de testes (laboratório, semi-campo e campo) para determinação da toxicidade de uma molécula química. Dessa forma, compostos que se enquadrarem nas classes 3 ou 4 de toxicidade em laboratório deverão ser avaliados em condições de semi-campo e, caso obtenham o mesmo grau de toxicidade, deverão ser avaliados em nível de campo.

Os principais métodos para a avaliação dos efeitos de produtos fitossanitários sobre *Trichogramma* spp. são: (i) exposição de adultos a resíduos dos produtos aplicados em plantas ou superfícies de vidro ou areia, (ii) pulverização ou imersão em calda química de ovos do hospedeiro alternativo contendo o parasitoide em sua fase imatura e (iii) aplicação dos produtos sobre ovos não parasitados e oferecimento às fêmeas do parasitoide (FOERSTER, 2002). Com base nos resultados de mortalidade e redução da capacidade benéfica do parasitoide, membros da “International Organization of Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants” (IOBC) enquadram os produtos em classes de toxicidade que variam de 1 a 4 (STERK et al., 1999).

No Brasil pesquisadores têm desenvolvido estudos de seletividade de produtos químicos para parasitoides do gênero *Trichogramma* (ABDULHAY; RATHI, 2014; COSTA et al., 2014; NÖRNBERG et al., 2011; SOUZA et al., 2013, 2014; WANG et al., 2012).

Dessa forma, ao se estabelecer programas de manejo integrado de pragas (MIP), deve-se levar em consideração a compatibilização ou integração entre métodos biológicos, químicos e outros. Nesse contexto, a conservação de inimigos naturais pode ser alcançada com o uso de produtos fitossanitários de baixo efeito sobre os organismos não-alvo (GONTIJO et al., 2014). Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a seletividade fisiológica de cinco inseticidas utilizados para o controle de lepidópteros-praga do algodoeiro para *T. pretiosum*, em suas fases imatura e adulta, visando identificar aqueles inócuos para o parasitoide, com o propósito de serem priorizados em programas de MIP.

2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Especificar em qual estágio (ovo-larva, pré-pupa ou pupa) o parasitoide é mais tolerante ou suscetível aos produtos avaliados;

Avaliar os efeitos letal e subletal dos compostos sobre este inimigo natural;

Avaliar a toxicidade aguda dos inseticidas sobre adultos de *T. pretiosum* via diferentes rotas de exposição (tópica, ingestão e contato);

Determinar em condições de semicampo o efeito residual dos inseticidas sobre *T. pretiosum* (classes 3 ou 4 de toxicidade conforme recomendações da IOBC para condições de laboratório).

3 HIPÓTESES

O desenvolvimento das fases jovens de *T. pretiosum* é afetado pela pulverização dos produtos testados;

Os inseticidas causam efeitos letais e subletais sobre o parasitoide de ovos;

Os compostos são tóxicos para o inimigo natural em todas as rotas de exposição;

Os inseticidas ao longo do tempo (ação residual) afetam negativamente a capacidade de parasitismo de *T. pretiosum*.

REFERÊNCIAS

- ABDULHAY, H. S.; RATHI, M. H. Effect of some insecticides on the egg parasitoid, *Trichogramma evanescens* Westwood, 1833 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Journal of Al-Nahrain University**, v. 17, p. 116-123, 2014.
- ABRAPA. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE ALGODÃO. **Estatísticas**: o algodão no mundo. Brasília: ABRAPA, 2017. Disponível em: < <http://www.abrapa.com.br/Paginas/dados/algodao-no-mundo.aspx> >. Acesso em: 18 mar. 2017.
- ALMEIDA, R. P. Cotton insect pest control on a small farm: an approach of successful biological control using *Trichogramma*. **Proceedings of the Section Experimental and Applied Entomology**, v. 12, p. 81-84, 2001.
- BESSERA, E. B.; QUERINO, R. B.; PARRA, J. R. P. Ocorrência de ginandromorfismo em *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Neotropical Entomology**, v. 32, p. 507-509, 2003.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira**: grãos: safra 2016/2017: sexto levantamento, março 2017. Brasília, 2017. Disponível em: < http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_03_14_15_28_33_boletim_graos_marco_2017bx.pdf >. Acesso em: 18 mar. 2017.
- COSTA, M. A.; MOSCARDINI, V. F.; GONTIJO, P. C.; CARVALHO, G. A.; OLIVEIRA, R. L.; OLIVEIRA, H. N. Sublethal and transgenerational effects of insecticides in developing *Trichogramma galloi* Zucchi, 1988 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Ecotoxicology**, v. 23, p. 1399-1408, 2014.
- FOERSTER, L. A. Seletividade de inseticidas a predadores e parasitoides. In: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. (Ed.). **Controle biológico no Brasil**: parasitoides e predadores. São Paulo: Manole, 2002. cap. 6, p. 95-114.
- GONTIJO, L. M.; CELESTINO, D.; QUEIROZ, O. S.; GUEDES, R. N. C.; PICANÇO, M. C. Impacts of azadirachtin and choranthraniliprole on the developmental stages of pirate bug predators (Hemiptera: Anthocoridae) of the tomato pinworm *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Florida Entomologist**, v. 98, p. 59-64, 2014.
- HAJI, F. N. D. et al. *Trichogramma pretiosum* para o controle de pragas no tomateiro industrial. In: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. (Ed.). **Controle biológico no Brasil**: parasitoides e predadores. São Paulo: Manole, 2002. cap. 28, p. 477-494.

HASSAN, S. A. Métodos padronizados para testes de seletividade, com ênfase em *Trichogramma*. In: PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A. (Ed.). **Trichogramma e o controle biológico aplicado**. Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 207-233.

MONTEIRO, L. B.; SOUZA, A. de; BELLI, E. L.; SILVA, R. B. Q. da; ZUCCHI, R. A. Ocorrência de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos de *Bonagota cranaodes* (Meyrick, 1937) (Lepidoptera: Tortricidae) em macieira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, p. 171-172, 2004.

NÖRNBERG, S. D.; GRÜTZMACHER, A. D.; KOVALESKI, A.; FINATTO, J. A.; PASCHOAL, M. D. F. Persistência de agrotóxicos utilizados na produção integrada de maçã a *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p. 305-313, 2011.

PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A. *Trichogramma* in Brazil: feasibility of use after twenty years of research. **Neotropical Entomology**, v. 33, p. 271-281, 2004.

RAFIKOV, M.; BALTHAZAR, J. M. Optimal pest control problem in population dynamics. **Applied Mathematics and Computation**, v. 24, p. 65-81, 2005.

RIPPER, W. E.; GREENSLADE, R. M.; HARTEY, G. S. Selective inseticides and biological control. **Journal of Economic Entomology**, v. 44, p. 448-458, 1951.

RODRIGUES, S. M. M.; VIVAN, L. M. A mosca-branca (*Bemisia tabaci* Biótipo B) no Mato Grosso. **Circular Técnica**, Campina Grande- PB, v. 111, 9 p. 2007.

SOUZA, J. R.; CARVALHO, G. A.; MOURA, A. P.; COUTO, M. H. G.; MAIA, J. B. Toxicity of some insecticides used in maize crop on *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera, Trichogrammatidae) immature stages. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 74, p. 234-239, 2014.

SOUZA, J. R.; CARVALHO, G. A.; MOURA, A. P.; COUTO, M. H. G.; MAIA, J. B. Impact of insecticides used to control *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) in corn on survival, sex ratio, and reproduction of *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera, Trichogrammatidae) offspring. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 73, p. 122-127, 2013.

STERK, G. et al. Results of the seventh joint pesticide testing programmer carried out by the IOBC/WPRS-Working Group "Pesticide and Beneficial Organisms". **BioControl**, v. 44, p. 99-117, 1999.

WANG, I.; YU, R.; ZHAO, X.; CHEN, L.; WU, C.; CANG, T.; WANG, Q. Susceptibility of adult *Trichogramma nubilale* Ertle & Davis (Hymenoptera: Trichogrammatidae) to selected insecticides with different modes of action. **Crop Protection**, v. 34, p. 76-82, 2012.

CAPÍTULO 2

EFEITOS LETAL E SUBLETAL DE INSETICIDAS UTILIZADOS NA CULTURA DO ALGODOEIRO SOBRE *Trichogramma pretiosum* RILEY, 1879 (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE)

RESUMO

A manutenção de parasitoides de pragas na cultura do algodoeiro é indispensável como fator de equilíbrio. Entretanto, nem sempre o método biológico é suficiente para manter a população de insetos-praga abaixo do nível de dano econômico, sendo necessárias aplicações de inseticidas que geralmente apresentam alta toxicidade e largo espectro de ação. O presente estudo objetivou avaliar os efeitos de inseticidas utilizados na cultura do algodoeiro sobre *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em suas gerações F1 e F2. Ovos de *Ephestia kuehniella* (Zeller) foram ofertados às fêmeas de *T. pretiosum* por um período de 24 h e posteriormente tratados com os compostos: teflubenzuron, tiodicarbe, clorfenapir, flupiradifurone e metomil, via pulverização em torre de Potter, contendo o parasitoide em sua fase imatura. Tiodicarbe, clorfenapir e flupiradifurone causaram maior redução na emergência (F1) quando aplicados sobre *T. pretiosum* em seu estágio de pupa. Apenas flupiradifurone causou maior porcentagem de deformação (F1). Teflubenzuron, clorfenapir e flupiradifurone quando aplicado sobre a fase de ovo-larva não diminuíram a razão sexual (F1), e para (F2), apenas tiodicarbe afetou negativamente esse parâmetro. Todos os compostos reduziram a capacidade de parasitismo (F1), com exceção do teflubenzuron, que foi classificado como inócuo. Tiodicarbe e flupiradifurone diminuíram a emergência (F2) e foram classificados como levemente prejudiciais. Em função da baixa toxicidade apresentada por teflubenzuron e clorfenapir, esses compostos devem ser priorizados em programas de MIP na cultura algodoeira visando a manutenção de *T. pretiosum*.

Palavras-chave: Algodoeiro. Produtos fitossanitários. Inimigo natural. Seletividade. MIP.

ABSTRACT

The maintenance of pest parasitoids in the cotton crop is indispensable as an equilibrium factor. However, the biological method is not always sufficient to keep the pest population below the level of economic damage, requiring applications of insecticides that generally present high toxicity and broad spectrum of action. The present study aimed to evaluate the effects of insecticides used in the cotton crop on *Trichogramma pretiosum* Riley in their F1 and F2 generations. *Ephesia kuehniella* (Zeller) eggs were offered to the *T. pretiosum* females for a period of 24 h and subsequently treated with the compounds: teflubenzuron, thiodicarb, chlorfenapyr, flupyradifurone and methomyl, via spraying in Potter tower, containing the parasitoid on its immature phase. Thiodicarb, chlorfenapyr and flupyradifurone caused greater reduction in emergence (F1) when applied on *T. pretiosum* in its pupal stage. Only flupyradifurone caused a higher percentage of deformation (F1). Teflubenzuron, chlorfenapyr and flupyradifurone when applied on the egg-larva stage did not decrease the sexual ratio (F1), and for (F2), only thiodicarb negatively affected this parameter. All compounds reduced parasitism (F1), with the exception of teflubenzuron, which was classified as innocuous. Thiodicarb and flupyradifurone decreased the emergency (F2) and were classified as slightly harmful. Teflubenzuron and chlorfenapyr should be prioritized in IPM programs in the cotton crop for the maintenance of *T. pretiosum*.

Keywords: Cotton crop. Phytosanitary products. Natural enemy. Selectivity. IPM.

1 INTRODUÇÃO

A cultura algodoeira é uma das principais atividades geradoras de divisas ao país, tendo grande participação na economia nacional. Referente à safra 2016/2017, a área estimada cultivada com algodão em caroço é de aproximadamente 925,8 mil hectares, resultando em uma produção esperada de 3,6 milhões de toneladas (CONAB, 2017).

Apesar dessa grande produção, o algodoeiro hospeda diversas espécies de artrópodes-praga, os quais podem causar danos significativos à cultura exigindo grande demanda de produtos fitossanitários, o que tem prejudicado a implantação de programas de manejo integrado de pragas (MIP) por meio da utilização de inimigos naturais (MOSCARDINI et al., 2008).

Dentre os vários agentes de controle biológico, *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) é uma das espécies mais importantes, sendo utilizada em culturas do algodão, arroz, beterraba, cana-de-açúcar, hortaliças, maçã, milho, soja e em reflorestamentos, visando ao controle de lepidópteros-praga (ABDELGADER; HASSAN, 2002; HASSAN et al., 1998; HASSAN; ABDELGADER, 2001).

Em condições naturais, *T. pretiosum* apresentou um elevado índice de parasitismo em ovos do curuquerê-do-algodoeiro, *Alabama argillacea* (Hübner, 1818) e da lagarta-das-maçãs *Heliothis virescens* (Fabricius, 1781) (Lepidoptera: Noctuidae) em algodoeiro na região de Dourados, Mato Grosso do Sul (FERNANDES et al., 2002). A eficiência de parasitismo alcançada pela utilização dessa espécie de parasitoide, visando a contenção de surtos populacionais do complexo de lagartas-das-maçãs chega à ordem de 70 a 80% (EL-HAFEZ; NADA, 2000).

O fato de *T. pretiosum* controlar as pragas ainda na fase de ovo é uma das suas principais vantagens; entretanto, seu comportamento diurno faz com que esteja potencialmente exposto à aplicação direta de inseticidas não seletivos (CRUZ, MONTEIRO, 2004). Uma maneira de minimizar os impactos resultantes do uso de produtos fitossanitários sobre esse parasitoide é o uso de produtos seletivos, ou seja, aqueles capazes de controlar de forma eficaz as pragas, causando pouco ou nenhum efeito tóxico sobre o inimigo natural (MOURA et al., 2006).

Sendo assim, os estudos do impacto de produtos químicos sobre insetos benéficos são de extrema importância para a compatibilização dos métodos de controle biológico e químico, sendo necessária a avaliação dos efeitos letal e subletal sobre parasitoides para a determinação

do efeito total da pulverização de inseticidas para estes organismos não-alvos (DESNEUX; DECOURTYE; DELPUECH, 2007).

Considerando que o uso de produtos fitossanitários para o controle de lepidópteros-praga no algodoeiro é um fator limitante para o sucesso da liberação de parasitoides do gênero *Trichogramma*, este estudo objetivou avaliar os efeitos letais e transgeracionais de inseticidas utilizados na cultura do algodoeiro para *T. pretiosum* em sua fase imatura.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os bioensaios foram conduzidos no Laboratório de Ecotoxicologia do Departamento de Entomologia da Universidade Federal de Lavras, no período de janeiro a maio de 2015, onde avaliaram-se os efeitos de inseticidas sobre *T. pretiosum* em sua fase imatura.

Os inseticidas foram avaliados em suas maiores dosagens recomendadas pelos fabricantes para o controle de pragas do algodoeiro (MAPA, 2017).

Os nomes técnicos, comerciais, formulações, dosagens e grupos químicos dos compostos avaliados encontram-se na Tabela 1.

Utilizou-se o inseticida metomil (Lannate[®]), reconhecidamente nocivo a parasitoides do gênero *Trichogramma* (GRÜTZMACHER et al., 2005), como testemunha positiva, visto que Hassan et al. (2000) relataram a importância da inclusão deste tratamento em bioensaios de seletividade. Como controle negativo foi utilizado somente água destilada.

Tabela 1– Nomes técnico e comercial, concentração da formulação, dosagem do produto comercial e grupo químico dos inseticidas utilizados.

Nome técnico	Nome comercial	Concentração da formulação	Dosagem do p.c./L ¹	Grupo químico
Teflubenzuron	Nomolt [®]	150 g/L	0,125 mL	Benzoilfenilureia
Tiodicarbe	Larvin [®]	800 g/kg	2,5 g	Metilcarbamato de oxima
Clorfenapir	Pirate [®]	240 g/L	3,0 mL	Análogo de pirazol
Flupiradifurone	Sivanto [®]	170,9 g/L	1,875 mL	Butenolídeo
Metomil	Lannate [®]	215 g/L	1,0 mL	Metilcarbamato de oxima

¹p.c. = produto comercial. Para o preparo das caldas químicas foi considerado um volume de 200 litros de água por hectare (MAPA, 2017).

2.1 Criação de *T. pretiosum* em laboratório

Os parasitoides foram criados e multiplicados em ovos da traça-das-farinhas, *Ephesia kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae), considerado o hospedeiro alternativo mais adequado para a criação de *T. pretiosum* (PARRA; ZUCCHI, 2004). Os ovos do hospedeiro

alternativo foram adquiridos na empresa INSECTA Produtos Biológicos[®] (Lavras, Minas Gerais, Brasil).

Os ovos de *E. kuehniella* com até 24 horas de idade foram aderidos em cartelas de cartolina azul (8 cm de comprimento x 1 cm de largura) por meio de goma arábica diluída em água (50%) e inviabilizados pela exposição à luz germicida ultravioleta, por um período de 50 minutos, de acordo com Parra (1997).

Em seguida, esses ovos foram expostos ao parasitismo de *T. pretiosum* por um período de 24 horas e mantidos em câmara climatizada, regulada à temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas para o desenvolvimento dos parasitoides. Após a emergência dos insetos, esses receberam novos ovos do hospedeiro, dando início a outro ciclo de desenvolvimento.

2.2 Efeitos dos inseticidas sobre *T. pretiosum* em sua fase imatura

Para a realização do bioensaio procedeu-se a individualização de 25 fêmeas em tubos de vidro (8,5 cm de altura x 2,5 cm de diâmetro) por tratamento. Os insetos foram alimentados com mel puro na forma de gotículas que foram distribuídas nas paredes dos tubos. Cerca de 125 ovos de *E. kuehniella* foram aderidos por meio de goma arábica diluída em água (50%) às extremidades de cartelas de cartolina azul (5 cm de comprimento x 0,5 cm de largura). Esses ovos foram inviabilizados e, em seguida, ofertados às fêmeas do parasitoide por um período de 24 horas. Em seguida, as fêmeas foram descartadas e as cartelas contendo os ovos supostamente parasitados foram transferidas para novos tubos que foram acondicionados em câmara climática, como já descrito até que os parasitoides atingissem cada estágio de desenvolvimento a serem tratados com os inseticidas.

Dessa forma, ovos de *E. kuehniella* distribuídos em cartelas e contendo os parasitoides no período de ovo-larva ou nas fases de pré-pupa ou pupa (0-24 horas, 72-96 horas ou 168-192 horas após o parasitismo, respectivamente) (Cônsoi, Botelho e Parra, 2001) foram submetidos à pulverização dos inseticidas, via torre de Potter regulada à pressão de 15 lb/pol², com volume de aplicação de $1,5 \pm 0,5$ µL/cm², conforme recomendações da IOBC (VAN de VEIRE; SMAGGHE; DEGHEELE, 1996).

Em seguida, as cartelas com os ovos foram mantidas em condições ambientais por cerca de meia hora para eliminação do excesso de umidade de suas superfícies, sendo então,

individualizadas em novos tubos de vidro e acondicionadas em câmaras climáticas reguladas da mesma maneira da descrita anteriormente.

Utilizou-se delineamento experimental inteiramente ao acaso em esquema fatorial (3 períodos de desenvolvimento x 6 compostos, incluindo água, totalizando 18 tratamentos). Cada tratamento foi composto por cinco repetições, sendo a parcela experimental constituída por cinco cartelas com ovos supostamente parasitados, totalizando 25 cartelas por tratamento.

Registrou-se a porcentagem de emergência (F1) (número de ovos com orifício de saída do parasitoide/ número total de ovos parasitados x 100) em cada tratamento; porcentagem de deformação (número de adultos com ausência de antenas e asas) (número de espécimes deformados/ número total de espécimes no tratamento) e razão sexual dos descendentes, sendo determinada pela equação: $rs = [\Sigma_{\text{♀}} / \Sigma(\text{♀} + \text{♂})]$.

Para avaliar os efeitos transgeracionais dos inseticidas sobre os parasitoides emergidos e pertencentes à geração F1, individualizaram-se 20 fêmeas tomadas ao acaso em cada tratamento em tubos de vidro contendo gotículas de mel em suas paredes para alimentação. Para cada fêmea, ofertou-se cerca de 125 ovos de *E. kuehniella* inviabilizados e não tratados, dispostos em cartelas de cartolina azul (5 cm de comprimento x 0,5 cm de largura), por um período de 24 horas para parasitismo. Em seguida, as cartelas com os ovos supostamente parasitados foram colocadas em novos tubos que foram mantidos em câmara climatizada regulada conforme condições descritas anteriormente. Foram realizadas observações diárias, registrando-se para a geração F1 a sobrevivência das fêmeas que realizaram o parasitismo. Os efeitos dos produtos testados sobre os insetos foram quantificados por meio da determinação das porcentagens de parasitismo (F1) = [(número de ovos parasitados/ total de ovos) x 100], e em função da porcentagem de emergência, porcentagem de deformação e razão sexual dos insetos da geração F2.

O ensaio foi realizado em delineamento inteiramente casualizado e em esquema fatorial (3 períodos de desenvolvimento x 6 compostos, incluindo água, totalizando 18 tratamentos). Cada tratamento foi formado por quatro repetições, sendo a parcela experimental constituída por cinco cartelas contendo ovos supostamente parasitados, totalizando 20 cartelas por tratamento.

2.3 Análises dos dados

Os testes de Shapiro-Wilk e Bartlett ($\alpha = 0,05$) foram aplicados para verificação dos pressupostos de normalidade e homocedasticidade da análise de variância (ANOVA). Para verificar a interação entre os efeitos dos tratamentos (cinco inseticidas e o controle negativo) com as fases de desenvolvimento do parasitoide (ovo-larva, pré-pupa e pupa) os dados foram submetidos à two-way ANOVA. Em todas as análises as médias dos tratamentos foram comparadas por meio do teste de agrupamento Scott-Knott ($\alpha = 0,05$) (SCOTT; KNOTT, 1974). Foram confeccionados gráficos para os dados referentes parasitismo (F1) e razão sexual (F1 e F2) utilizando-se o software SigmaPlot versão 12.5 (WASS, 2008).

Dados de sobrevivência foram submetidos ao teste Log-rank ($\alpha = 0,05$) e as curvas de sobrevivência estimadas pelo método Kaplan-Meier (KAPLAN; MEIER, 1958). Todas as análises foram realizadas no programa SigmaPlot 12.5 (WASS, 2008).

2.4 Classificação dos inseticidas segundo escala da IOBC

De acordo com a porcentagem de redução na capacidade benéfica do parasitoide (emergência, mortalidade e parasitismo) os inseticidas foram enquadrados em classes toxicológicas segundo metodologia recomendada pela IOBC (STERK et al., 1999; VAN de VEIRE et al., 1996) (Tabela 2)

Tabela 2 – Classificação toxicológica padronizada pela IOBC para produtos fitossanitários, em função da redução da capacidade benéfica de parasitoides do gênero *Trichogramma*

Redução na capacidade benéfica do parasitoide	Categoria Toxicológica	Classes de Toxicidade
Menor que 30%	Inócuo	1
Entre 30 a 79%	Levemente prejudicial	2
Entre 80 a 99%	Moderadamente prejudicial	3
Maior que 99%	Prejudicial	4

A porcentagem média de redução (PR) na capacidade benéfica do parasitoide foi obtida por meio da equação $PR = 100 - [(porcentagem\ média\ geral\ do\ tratamento\ com\ inseticida / porcentagem\ média\ geral\ do\ controle\ negativo) \times 100]$ (STERK et al., 1999; VAN de VEIRE et al., 1996).

3 RESULTADOS

3.1 Efeitos dos inseticidas sobre *T. pretiosum* em sua fase imatura

Referente à capacidade de emergência dos espécimes da geração F1, tiodicarbe, clorfenapir e metomil reduziram essa característica biológica, independente da fase de desenvolvimento em que o himenóptero foi tratado com esses compostos. Os inseticidas tiodicarbe, clorfenapir e flupiradifurone foram os mais tóxicos quando aplicados sobre ovos de *E. kuehniella* contendo *T. pretiosum* no estágio de pupa (Tabela 3).

Flupiradifurone causou um maior percentual de deformação, e os demais produtos não provocaram aumento significativo na porcentagem de adultos deformados (Tabela 4).

Teflubenzuron e clorfenapir não afetaram a razão sexual de espécimes da geração F1, e flupiradifurone diminuiu essa característica biológica para os estágios de pré-pupa e pupa do parasitoide. Tiodicarbe e metomil reduziram essa característica biológica, para todas as fases de desenvolvimento do parasitoide (Figura 1).

Teflubenzuron foi o único composto que causou uma baixa redução na capacidade de parasitismo de *T. pretiosum* (F1), apresentando efeito semelhante ao controle negativo, e foi classificado como inócuo (Tabela 5); flupiradifurone foi o inseticida que causou maior percentual de redução nessa característica e por isto foi enquadrado na classe 3. Pelo baixo número de insetos que emergiram da geração F1 quando ovos do hospedeiro foram expostos ao metomil, não foi possível no presente estudo a avaliação do efeito do produto nos espécimes das gerações seguintes (Figura 2).

Tiodicarbe e flupiradifurone causaram um maior percentual de redução na emergência dos parasitoides da geração F2 e foram classificados como levemente prejudiciais, e teflubenzuron e clorfenapir foram considerados inócuos (Tabela 6).

Não foram observadas diferenças em relação à porcentagem de deformação da F2 de espécimes provenientes de ovos de *E. kuehniella* tratados e contendo *T. pretiosum* em sua fase imatura (Tabela 7).

Para a razão sexual da geração F2, não foi observado efeito negativo dos inseticidas, exceto pelo composto tiodicarbe (Figura 3).

Foram verificadas diferenças entre as curvas de sobrevivência para as fêmeas da geração F1 (teste Log-rank, $\chi^2 = 99,14$; g.l. = 4; $p < 0,001$) provenientes de ovos de *E. kuehniella* tratados e contendo o parasitoide no período de ovo-larva. Independente do estágio

de desenvolvimento imaturo, todos os inseticidas reduziram o tempo de vida das fêmeas, com exceção de teflubenzuron. Tiodicarbe e flupiradifurone provocaram mortalidade mais rápida dos parasitoides, com tempo letal (TL₅₀) de 3 e 4 dias, respectivamente (Figura 4).

Tabela 3 – Emergência (%) de *Trichogramma pretiosum*, geração F1, oriundos de ovos de *Ephestia kuehniella* tratados e contendo o parasitoide em sua fase imatura, e classe de toxicidade dos compostos avaliados.

Tratamento	Ovo-larva ¹	Redução (%) ²	Cl. ³	Pré-pupa ¹	Redução (%) ²	Cl. ³	Pupa ¹	Redução (%) ²	Cl. ³
Água (controle negativo)	88,3±2,79aA	-	-	85,4±4,02Aa	-	-	84,5±3,18aA	-	-
Teflubenzuron	85,6±5,97aA	3,05	1	83,8±3,10aA	1,87	1	84,7±8,07aA	0,23	1
Tiodicarbe	52,6±1,95bA	40,43	2	40,5±8,93bA	52,57	2	14,5±1,51cB	82,84	3
Clorfenapir	60,8±10,86bA	31,14	2	42,0±12,91bA	50,81	2	15,6±1,48cB	81,53	3
Flupiradifurone	76,6±10,39aA	13,25	1	78,5±1,28aA	8,07	1	53,2±6,31bB	37,04	2
Metomil (controle positivo)	16,7±7,45cA	81,08	3	14,0±6,36cA	83,60	3	11,3±5,23cA	86,62	3
<i>p</i> -valor	<0,001			<0,001			<0,001		

*Médias (± EP) seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$). ¹Verificou-se interação dos inseticidas com o estágio imaturo do parasitoide (g.l. = 10; F = 3,005; $p = 0,003$). ²Porcentagem média de redução na emergência = $100 - [(emergência do tratamento inseticida / emergência no controle negativo) * 100]$. ³Classe de toxicidade recomendada por Sterk et al. (1999), onde: classe 1= inócuo (redução na emergência < 30%), 2 = levemente prejudicial ($30 \leq$ redução na emergência $\leq 79\%$), 3 = moderadamente prejudicial ($80 \leq$ redução na emergência $\leq 99\%$) e 4 = prejudicial (redução na emergência > 99%).

Tabela 4 – Porcentagem (\pm EP) de adultos deformados de *Trichogramma pretiosum* da geração F1 provenientes de ovos de *Ephestia kuehniella* tratados e contendo o parasitoide em sua fase imatura.

Tratamento	Ovo-larva ¹	Pré-pupa ¹	Pupa ¹
Água (controle negativo)	1,56 \pm 0,6a	0,24 \pm 0,1a	0,0 \pm 0,0a
Teflubenzuron	1,64 \pm 0,5a	0,8 \pm 0,32a	0,84 \pm 0,4a
Tiodicarbe	2,24 \pm 0,6a	0,44 \pm 0,1a	0,68 \pm 0,2a
Clorfenapir	0,8 \pm 0,23a	0,76 \pm 0,2a	0,16 \pm 0,0a
Flupiradifurone	4,0 \pm 1,08b	4,8 \pm 0,75b	2,76 \pm 0,4b
Metomil (controle positivo)	0,16 \pm 0,0a	0,12 \pm 0,0a	0,24 \pm 0,0a
<i>p</i> -valor	<0,001	<0,001	<0,001

*Médias (\pm EP) seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$). ¹Não foi verificado interação dos inseticidas com o estágio imaturo do parasitoide (g.l. = 10; F = 1,766; $p = 0,083$).

Figura 1 – Razão sexual (%) de *Trichogramma pretiosum*, geração F1, oriundos de ovos de *Ephestia kuehniella* tratados e contendo o parasitoide em sua fase imatura. ¹Não foi verificada interação dos inseticidas com o estágio imaturo do parasitoide (g.l. = 10; F = 0,653; $p = 0,764$). Colunas (média \pm EP), seguidas pela mesma letra, minúscula dentro do grupo, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

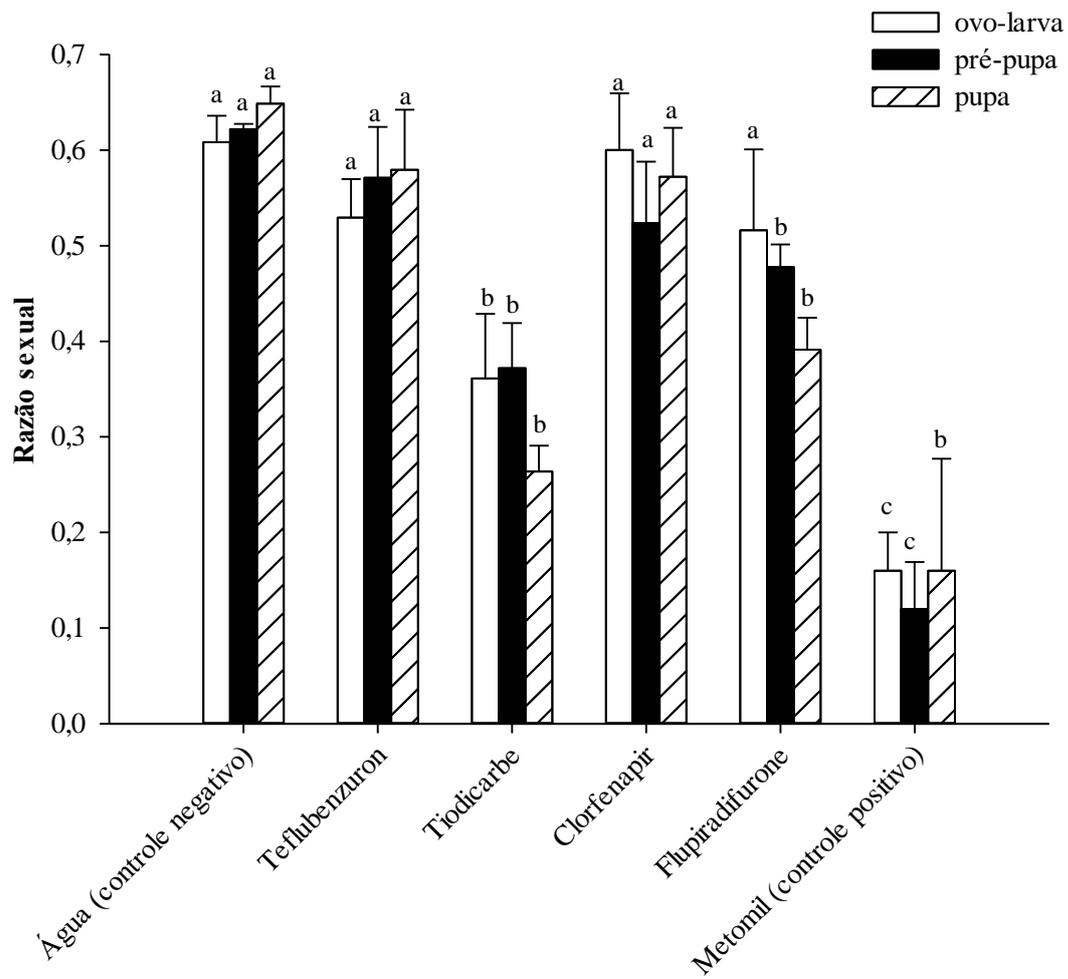


Figura 2 – Parasitismo (%) de *Trichogramma pretiosum*, geração F1, oriundas de ovos de *Ephestia kuehniella* tratados e contendo o parasitoide em sua fase imatura. ¹Não foi verificado interação dos inseticidas com o estágio imaturo do parasitoide (g.l. = 8; F = 1,519; $p = 0,178$). Colunas (média \pm EP), seguidas pela mesma letra, minúscula dentro do grupo, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

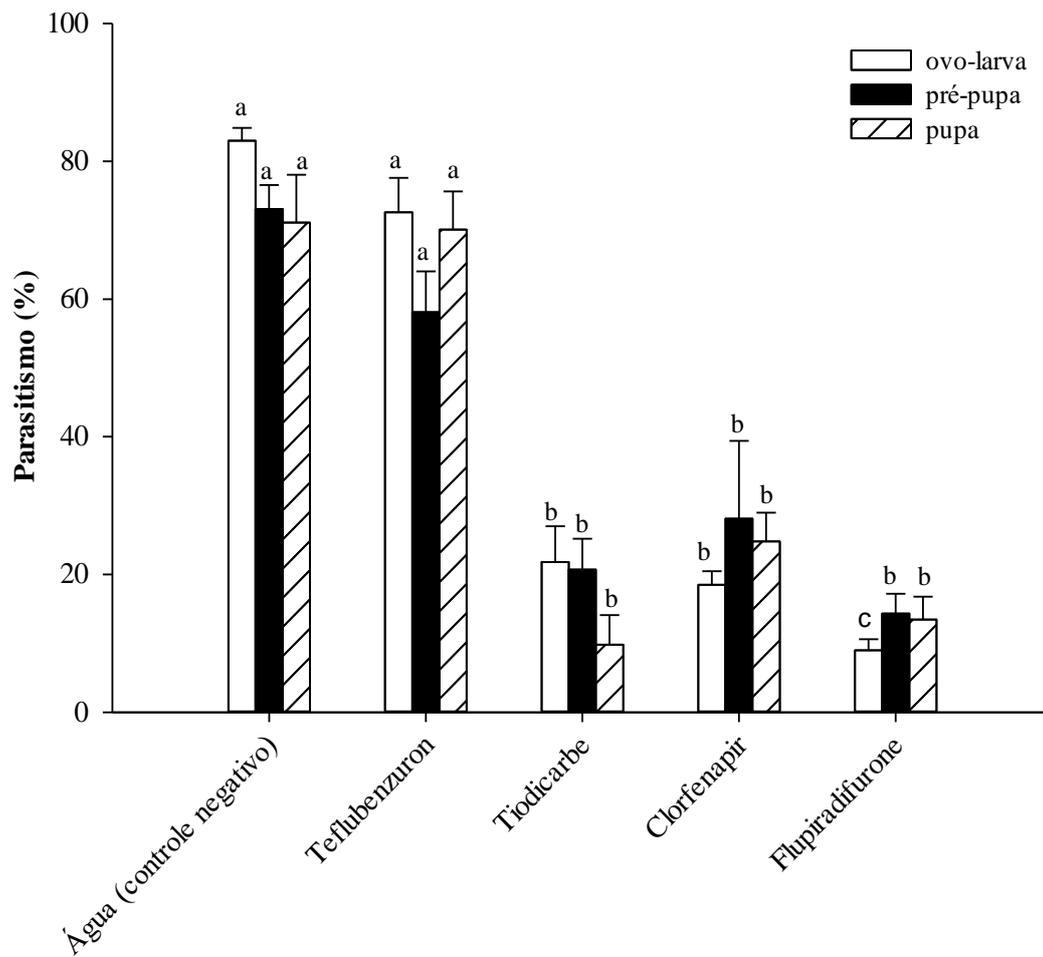


Tabela 5 – Porcentagem de redução na capacidade de parasitismo (%) de *Trichogramma pretiosum*, geração F1, oriundos de ovos de *Ephesia kuehniella* tratados e contendo o parasitoide em sua fase imatura, e classe de toxicidade dos compostos avaliados.

Tratamento	Red ^{(%)1} ovo-larva	Cl ²	Red ^{(%)1} pré-pupa	Cl ²	Red ^{(%)1} Pupa	Cl ²
Água(controle negativo)	-	-	-	-	-	-
Teflubenzuron	12,53	1	20,51	1	1,40	1
Tiodicarbe	73,73	2	71,68	2	86,21	3
Clorfenapir	77,71	2	61,55	2	65,11	2
Flupiradifurone	89,15	3	80,4	3	81,15	3
Metomil (controle positivo)	-	-	-	-	-	-

¹Porcentagem média de redução no parasitismo = $100 - [(\text{parasitismo do tratamento inseticida} / \text{parasitismo no controle negativo}) * 100]$. ²Classe de toxicidade recomendada por Sterk et al. (1999), onde: classe 1= inócuo (redução no parasitismo < 30%), 2 = levemente prejudicial ($30 \leq$ redução no parasitismo $\leq 79\%$), 3 = moderadamente prejudicial ($80 \leq$ redução no parasitismo $\leq 99\%$) e 4 = prejudicial (redução no parasitismo > 99%). (-) indica dados não calculados.

Tabela 6 – Emergência (%) de *Trichogramma pretiosum*, geração F2, oriundos de ovos de *Ephesia kuehniella* tratados e contendo o parasitoide na fase imatura, e classe de toxicidade dos compostos avaliados.

Tratamento	Ovo-larva ¹	Redução (%) ²	Cl. ³	Pré-pupa ¹	Redução (%) ²	Cl. ³	Pupa ¹	Redução (%) ²	Cl. ³
Água (controle negativo)	88,7±0,4a	-	-	90,7±0,52a	-	-	86,8±5,79a	-	-
Teflubenzuron	80,8±2,43a	8,90	1	88,9±1,55a	1,98	1	85,5±3,39a	1,03	1
Tiodicarbe	42,4±2,36c	52,19	2	51,4±3,25c	43,32	2	40,3±13,46b	53,57	2
Clorfenapir	62,3±1,66b	29,76	1	70,5±0,32b	22,27	1	64,3±5,81b	25,92	1
Flupiradifurone	41,4±11,31c	53,32	2	55,1±4,52c	39,25	2	59,7±4,68b	31,22	2
Metomil (controle positivo)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>p</i> -valor	<0,001			<0,001			0,003		

*Médias (± EP) seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$). ¹Não foi verificada interação dos inseticidas com o estágio imaturo do parasitoide (g.l. = 8; F = 0,649; $p = 0,732$). ²Porcentagem média de redução na emergência = $100 - [(emergência \text{ do tratamento inseticida} / emergência \text{ no controle negativo}) * 100]$. ³Classe de toxicidade recomendada por Sterk et al. (1999), onde: classe 1= inócuo (redução na emergência < 30%), 2 = levemente prejudicial ($30 \leq$ redução na emergência $\leq 79\%$), 3 = moderadamente prejudicial ($80 \leq$ redução na emergência $\leq 99\%$) e 4 = prejudicial (redução na emergência > 99). (-) indica dados não calculados.

Tabela 7 – Porcentagem (\pm EP) de adultos deformados de *Trichogramma pretiosum* da geração F2 provenientes de ovos de *Ephestia kuehniella* tratados e contendo o parasitoide em sua fase imatura.

Tratamento	Ovo-larva ¹	Pré-pupa ¹	Pupa ¹
Água (controle negativo)	0,8 \pm 0,28a	0,0 \pm 0,0a	0,9 \pm 0,33a
Teflubenzuron	0,8 \pm 0,29a	0,4 \pm 0,21a	1,0 \pm 0,29a
Tiodicarbe	1,0 \pm 0,67a	0,5 \pm 0,31a	1,2 \pm 0,67a
Clorfenapir	0,15 \pm 0,1a	0,5 \pm 0,26a	0,35 \pm 0,15a
Flupiradifurone	2,8 \pm 1,17a	1,2 \pm 0,62a	3,1 \pm 1,17a
Metomil (controle positivo)	-	-	-
<i>p</i> -valor	0,083	0,203	0,084

*Médias (\pm EP) seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p < 0,05$). ¹Não foi verificado interação dos inseticidas com o estágio imaturo do parasitoide (g.l. = 8; F = 0,552; $p = 0,811$). (-) indica dados não calculados.

Figura 3 – Razão sexual (%) de *Trichogramma pretiosum*, geração F2, oriundos de ovos de *Ephestia kuehniella* tratados e contendo o parasitoide em sua fase imatura. ¹Não foi verificado interação dos inseticidas com o estágio imaturo do parasitoide (g.l. = 8; F = 0,988; $p = 0,458$). Colunas (média \pm EP), seguidas pela mesma letra, minúscula dentro do grupo, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

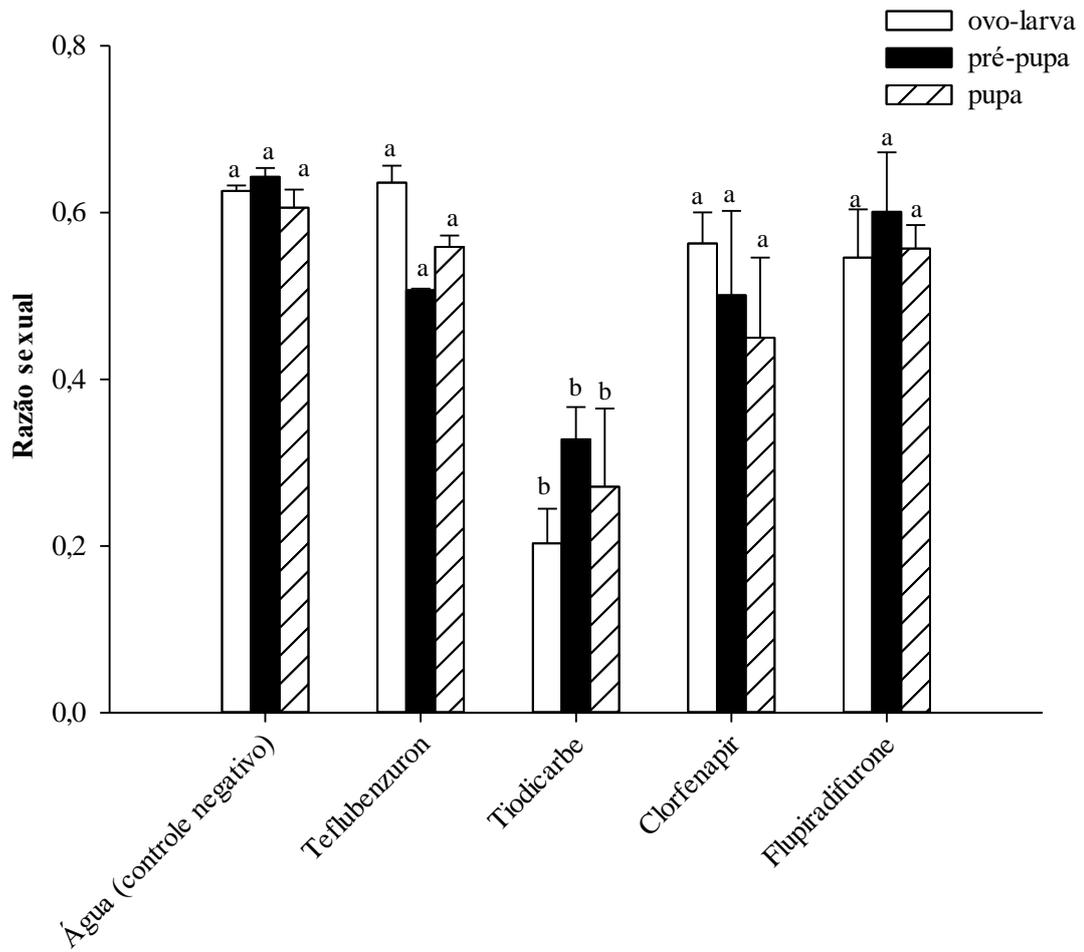
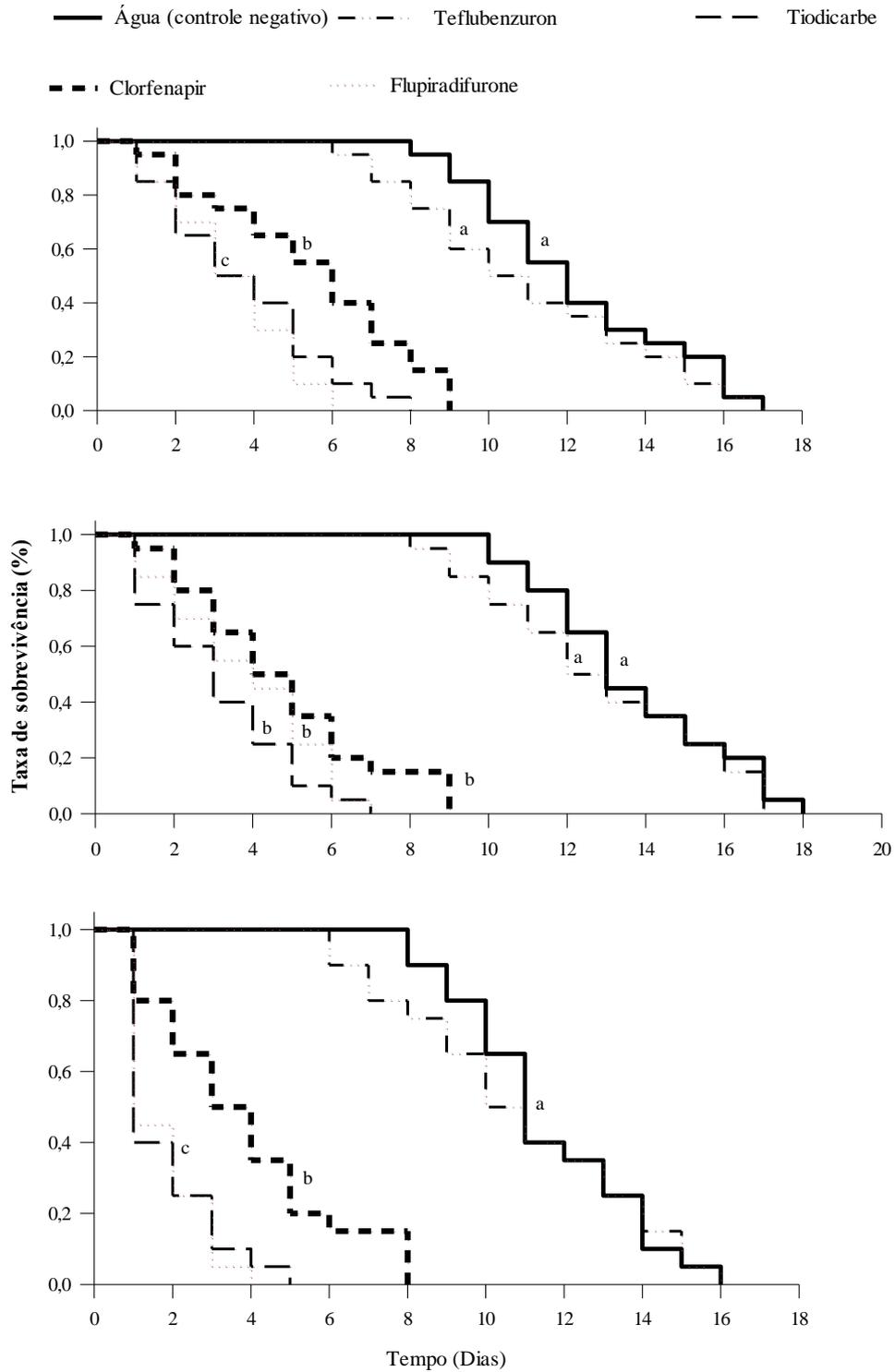


Figura 4 – Curvas de sobrevivência ao longo do tempo de fêmeas da geração F1 de *Trichogramma pretiosum* provenientes de ovos de *Ephestia kuehniella* tratados e contendo o parasitoide em sua fase imatura: (a) ovo-larva, (b) pré-pupa e (c) pupa. Curvas com letras iguais não diferem entre si pelo teste Log-rank ($\alpha = 0,05$).



4 DISCUSSÃO

Os inseticidas testados apresentaram toxicidade diferenciada para *T. pretiosum*, podendo estar relacionada com as características do córion do hospedeiro, como espessura e composição química, e com as propriedades físico-químicas dos produtos avaliados, tais como lipofilicidade e peso molecular (BACCI et al., 2006).

A reduzida emergência dos parasitoides da geração F1 provenientes de ovos do hospedeiro tratados com clorfenapir (0,72 g i.a.L⁻¹) pode ser atribuída ao seu alto valor de log K_{ow} = 5,28, o qual confere ao composto maior lipofilicidade que associada à composição do córion, podem ter facilitado a penetração do inseticida e sua translocação até o seu sítio de ação, conforme relatos de Hoffmann et al. (2008). A aplicação de flupiradifurone (0,3204 g i.a.L⁻¹) sobre ovos do hospedeiro alternativo não reduziu a emergência de *T. pretiosum* (F1) para o período de ovo-larva e fase de pré-pupa; possivelmente, isso ocorreu devido ao fato desse produto apresentar baixo valor de logK_{ow} = 1,2 (NAUEN et al., 2015).

Resultados obtidos com flupiradifurone, no presente estudo, são similares aqueles de Moura, Carvalho e Rigitano (2005), os quais avaliaram a toxicidade do neonicotinoide tiametoxam (0,05 g i.a.L⁻¹) e constataram sua inocuidade a *T. pretiosum* no período de ovo-larva e na fase de pré-pupa. Segundo Nauen et al. (2015), flupiradifurone pertence à classe dos butenolídeos e age reversivelmente como um agonista nos receptores nicotínicos da acetilcolina dos insetos, similar aos inseticidas sulfoximinas e neonicotinoides, mas é estruturalmente diferente dos agonistas conhecidos.

Referente à inocuidade do inseticida regulador de crescimento dos insetos teflubenzuron (0,01875 g i.a.L⁻¹), possivelmente ocorreu em virtude de seu alto peso molecular (381,10 g mol⁻¹), que geralmente dificulta a penetração do composto através do córion (STOCK; HOLLOWAY, 1993). Por isto e também por apresentar maior efeito de ingestão do que por contato, esse inseticida é caracterizado como pouco tóxico para muitos inimigos naturais (MERZENDORFER, 2013).

Souza et al. (2014) avaliaram o impacto de reguladores de crescimento de insetos sobre *T. pretiosum* em sua fase imatura e concluíram que triflumuron (0,08 g i.a.L⁻¹) reduziu em menos de 30% a porcentagem de emergência, sendo enquadrado na classe 1 de toxicidade (inócuo) conforme classificação da IOBC. Bueno et al. (2008) estudaram os efeitos de produtos fitossanitários sobre *T. pretiosum* e concluíram que teflubenzuron (0,0375 g i.a.L⁻¹)

não diminuiu a porcentagem de emergência do parasitoide e, desta forma, foi classificado como inócuo.

Assim como neste estudo, outros trabalhos mostraram a baixa toxicidade de inseticidas reguladores de crescimento para *Trichogramma galloi* Zucchi, *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner e *Trichogramma nubilale* Ertle & Davis (Hymenoptera: Trichogrammatidae) (COSTA et al., 2014; MAIA et al., 2010; WANG et al., 2012).

Quanto à toxicidade do metomil (0,215 g i.a.L⁻¹) e tiodicarbe (2,0 g i.a.kg⁻¹) foi observado que esses compostos permitiram o desenvolvimento dos insetos, confirmado pelo escurecimento do ovo do hospedeiro devido à presença de grânulos de urato, entretanto, houve reduzida emergência e muitos adultos ficaram retidos dentro do ovo do hospedeiro; possivelmente, devido ao contato e ou ingestão de resíduos dos inseticidas pelos parasitoides no momento da abertura do orifício de emergência, conforme observações de Cônsoli, Botelho e Parra (2001).

Os resultados do presente estudo assemelham daqueles de Bueno et al. (2008) que avaliaram a toxicidade de produtos químicos para *T. pretiosum* em sua fase imatura e verificaram que o inseticida metomil reduziu a capacidade de emergência quando ovos do hospedeiro contendo o parasitoide no período de ovo-larva e na fase de pré-pupa foram tratados, sendo classificado como moderadamente prejudicial (classe 3).

Tiodicarbe, clorfenapir e flupiradifurone foram os inseticidas mais tóxicos quando aplicados sobre ovos de *E. kuehniella* contendo *T. pretiosum* na fase de pupa. Provavelmente, os parasitoides entraram em contato com maior quantidade de resíduos dos inseticidas no córion do ovo hospedeiro quando no momento da emergência. Isto deve ter ocorrido em função do menor intervalo de tempo entre as pulverizações dos compostos em ovos contendo o parasitoide nesse estágio e a emergência das vespas, ou seja, um período entre 48 a 72 horas. Costa et al. (2014) ao estudarem a toxicidade de produtos fitossanitários utilizados na cultura da cana-de-açúcar para *T. galloi* constataram que os inseticidas neonicotinoides avaliados provocaram maior redução na capacidade de emergência (F1), quando pulverizados em ovos do hospedeiro contendo pupas do parasitoide.

A base fisiológica que poderia explicar a redução na razão de sexual (F1) causada pelos compostos metomil, tiodicarbe e flupiradifurone para as fases de pré-pupa e pupa de *T. pretiosum* não encontra-se esclarecida neste trabalho, no entanto, Souza et al. (2014) propuseram que alguns inseticidas podem interferir em um cromossomo nuclear denominado “Paternal Sex Ratio” (PSR), o qual foi descoberto por Werren e Stouthamer (2003). Esse

cromossomo é encontrado somente em haplodiplóides masculinos e é capaz de causar a transformação de ovos destinados a se desenvolverem em fêmeas em machos, os quais transportam o cromossomo PSR, interferindo na razão sexual de algumas populações de parasitoides (RUSSELL; STOUTHAMER, 2010).

Referente à razão sexual (F1), teflubenzuron não afetou essa característica biológica, assemelhando-se aos resultados observados por Souza et al. (2014) em que o regulador de crescimento triflumuron (0,08 g i.a.L⁻¹) mostrou-se inócuo a *T. pretiosum*. O inseticida clorfenapir também não afetou essa característica para *T. pretiosum* em sua fase imatura, conforme relatos de Moura, Carvalho e Rigitano (2005), os quais verificaram que a razão sexual foi de 0,7.

Em estudo realizado por Carvalho, Parra e Baptista (2003), o inseticida neonicotinoide imidaclopride (0,28 g i.a.L⁻¹) aplicado em ovos do hospedeiro contendo *T. pretiosum* nas fases de pré-pupa e pupa reduziu a proporção de fêmeas da geração F1, fato também verificado nesse estudo para o inseticida flupiradifurone. Da mesma forma, Costa et al. (2014) relataram que o neonicotinoide tiametoxam (250 g i.a.L⁻¹), quando aplicado sobre ovos do hospedeiro contendo *T. galloi* em sua fase imatura também reduziu a proporção de fêmeas da geração seguinte.

De maneira geral, verificou-se que independentemente do estágio de desenvolvimento do parasitoide, todos os produtos fitossanitários reduziram a capacidade de parasitismo de *T. pretiosum* (F1) (Tabela 5), com exceção de teflubenzuron. Provavelmente, isto ocorreu pela ingestão de resíduos dos inseticidas no momento da abertura do orifício de emergência, conforme relatos de Cònsoli, Botelho e Parra (2001), ou mesmo ainda no interior do ovo do hospedeiro, devido à capacidade de alguns produtos atravessarem o córion, como foi discutido por Schuld e Schmuck (2000).

Em condições de laboratório, quando foram ofertados ovos do hospedeiro alternativo para parasitismo de espécimes provenientes de ovos tratados com flupiradifurone verificou-se que os insetos apresentavam-se enfraquecidos após a emergência, e não distendiam completamente as asas ou mesmo apresentavam ausência destas, permanecendo com o aspecto de "moribundos", o que poderia ter comprometido sua capacidade de parasitismo e emergência (F2). Moura, Carvalho e Rigitano (2005) também verificaram maior número de adultos de *T. pretiosum* deformados provenientes de ovos do hospedeiro tratados com inseticidas do grupo químico dos neonicotinoídeos e contendo o parasitoide em seu estágio imaturo. Para a geração F2 foi observada um baixo percentual de adultos deformados,

segundo Haji et al. (1998) é considerada aceitável a ocorrência de até 2% de insetos deformados em criações massais de *Trichogramma* spp..

O efeito de tiodicarbe na capacidade de parasitismo de *T. pretiosum* exposto ao inseticida em sua fase imatura foi estudado por Bueno et al. (2008). Esse carbamato, independentemente do estágio de desenvolvimento do parasitoide reduziu essa característica biológica e para as fases de pré-pupa e pupa foi categorizado como levemente prejudicial (classe 2) e para a fase de ovo prejudicial.

Clorfenapir reduziu a porcentagem de parasitismo de *T. pretiosum* na presente pesquisa, assemelhando-se aos resultados obtidos por Moura, Carvalho e Rigitano (2005) em que clorfenapir (0, 12 g i.a.L⁻¹) diminuiu a capacidade de parasitismo dessa mesma espécie de parasitoide, sendo enquadrado na classe 2 e considerado como levemente prejudicial.

No que diz respeito ao efeito de teflubenzuron verificado no presente estudo, está de acordo com aquele observado por Giolo et al. (2007), que evidenciaram que dentre os inseticidas avaliados para *T. pretiosum*, apenas teflubenzuron (0,0375 g i.a.L⁻¹) foi inócuo ao inimigo natural.

Clorfenapir não reduziu a capacidade de emergência dos espécimes da geração F2, assemelhando-se aos resultados observados por Souza et al. (2014), os quais concluíram que este inseticida não provocou efeito adverso nessa característica biológica para *T. pretiosum*.

O efeito de triflumurom (0,15 g i.a.L⁻¹) para duas populações de *T. pretiosum* em sua fase imatura foi estudado por Carvalho, Parra e Baptista (2003), e constataram que para ambas as populações do parasitoide, o regulador de crescimento triflumurom foi seletivo para a emergência dos parasitoides da geração F2, fato verificado no presente estudo, para teflubenzuron. Em estudo realizado por Moura, Carvalho e Rigitano (2005) com neonicotinoides, foi comprovado que inseticidas desse grupo demonstraram seletividade fisiológica a *T. pretiosum* (F2).

Referente à razão sexual dos espécimes da geração F2, os resultados obtidos nessa pesquisa corroboram com os de Souza et al. (2014) para clorfenapir (0,60 g i.a.L⁻¹) e Moura, Carvalho e Rigitano (2005) para tiametoxam (0,05 g i.a.L⁻¹), os quais constataram que esses inseticidas não reduziram a razão sexual de *T. pretiosum* (F2) oriundos de ovos de *E. kuehniella* tratados e contendo o parasitoide em sua fase imatura.

Independente da fase de desenvolvimento de *T. pretiosum* (ovo-larva, pré-pupa e pupa), os produtos afetaram negativamente a sobrevivência de fêmeas da geração F1, sendo que apenas teflubenzuron foi semelhante ao controle negativo. Reduções na sobrevivência

têm sido geralmente observadas em parasitoides tratados com inseticidas durante o desenvolvimento embrionário (DESNEUX et al., 2006; SCHNEIDER et al., 2004; SMILANICK et al., 1996).

Tiodicarbe, clorfenapir e flupiradifurone reduziram a sobrevivência de *T. pretiosum*; possivelmente os parasitoides se contaminaram no interior do ovo do hospedeiro ou ingeriram resíduos dos inseticidas no momento de sua emergência (CÔNSOLI; BOTELHO; PARRA, 2001; SCHULD; SCHMUCK, 2000). Os inseticidas neurotóxicos, tais como carbamatos que atuam na transmissão sináptica causam a morte dos insetos pela hiperexcitação do sistema nervoso, seja por contato ou ingestão do ingrediente ativo enquanto os neonicotinoides que também atuam na transmissão sináptica, causam mortalidade devido à ativação dos receptores nicotínicos da acetilcolina, levando à hiperexcitação do sistema nervoso. Diferentemente dos neurotóxicos, a ação de clorfenapir não é imediata; o composto é responsável por inibir a produção de ATP, e com isso, as funções vitais das células são paralisadas, levando os insetos à morte (OMOTO, 2000).

Preetha et al. (2009) avaliaram os efeitos de inseticidas sobre parasitoides do gênero *Trichogramma* e constataram que no grupo dos inseticidas neonicotinoides, tiametoxam e nitenpiram apresentaram maior toxicidade entre os compostos avaliados para *T. pretiosum*, *Trichogramma chilonis* Ishii e *Trichogramma platneri* Nagarkatti (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Outros estudos demonstraram redução na sobrevivência de parasitoides pertencentes ao gênero *Trichogramma* após contato com o inseticida clorfenapir (MAIA et al., 2010; SOUZA et al., 2013).

Teflubenzuron não reduziu a sobrevivência das fêmeas (F1) de *T. pretiosum*, provavelmente por interferir no processo de metamorfose do inseto, uma vez que atua na formação da nova cutícula, inibindo a formação de quitina nas formas jovens, o que não se verifica em insetos adultos; por isso a probabilidade de um inseticida do grupo químico das benzoilfenilureias em causar efeitos prejudiciais em insetos adultos é menor (SUH et al., 2015). Carvalho, Parra e Baptista (2003) também relataram baixa toxicidade dos inseticidas reguladores de crescimento de insetos para a longevidade das fêmeas de duas populações de *T. pretiosum*. Os resultados obtidos no presente estudo assemelham aqueles de Wang et al. (2012) que avaliaram a toxicidade de produtos fitossanitários para *T. nubilale*. Os autores concluíram que os inseticidas reguladores de crescimento de insetos avaliados foram seletivos para os adultos, diferentemente dos produtos pertencentes aos grupos dos neonicotinoides e carbamatos que reduziram a sobrevivência do inimigo natural.

5 CONCLUSÃO

Teflubenzuron e clorfenapir são pouco tóxicos para *T. pretiosum* em sua fase imatura.

Flupiradifurone e teflubenzuron apresentam baixa toxicidade para adultos de *T. pretiosum*.

Os inseticidas tiodicarbe e metomil devem ser avaliados em condições de campo para comprovação de sua toxicidade ao parasitoide.

Em função da baixa toxicidade conferida por teflubenzuron para *T. pretiosum* em suas fases imatura e adulta, este composto deve ser priorizado em programas de manejo integrado de lepidópteros-praga visando à preservação dessa espécie na cultura algodoeira.

REFERÊNCIAS

- ABDELGADER, H.; HASSAN, S. A. Side effects of plant protection products on *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **IOBC/WPRS Bulletin**, v. 25, p. 63-70, 2002.
- BACCI, L.; PEREIRA, E. J. G.; FERNANDES, F. L.; PICANÇO, M. M.; CRESPO, A. L. B.; CAMPOS, M. R. Seletividade fisiológica de inseticidas a vespas predadoras (Hymenoptera: Vespidae) de *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville & Perrottet, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae). **Biossay**, v. 1, p. 1-7, 2006.
- BUENO, A. F.; BUENO, R. C. O.; PARRA, J. R. P.; VIEIRA, S. S. Effects of pesticides used in soybean crops to the egg parasitoid *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Ciência Rural**, v. 38, p. 1495-1503, 2008.
- CARVALHO, G. A.; PARRA, J. R. P.; BAPTISTA, G. C. Bioatividade de produtos fitossanitários utilizados na cultura do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) a *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) nas gerações F₁ e F₂. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, p. 261-270, 2003.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos: safra 2016/2017: sexto levantamento, março 2017**. Brasília, 2017. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_03_14_15_28_33_boletim_graos_marco_2017bx.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2017.
- CÔNSOLI, F. L.; BOTELHO, P. S. M.; PARRA, J. R. P. Selectivity of insecticides to egg parasitoid *Trichogramma galloi* Zucchi, 1988 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Journal of Applied Entomology**, v. 125, p. 37-43, 2001.
- COSTA, M. A.; MOSCARDINI, V. F.; GONTIJO, P. C.; CARVALHO, G. A.; OLIVEIRA, R. L.; OLIVEIRA, H. N. Sublethal and transgenerational effects of insecticides in developing *Trichogramma galloi* Zucchi, 1988 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Ecotoxicology**, v. 23, p. 1399-1408, 2014.
- CRUZ, I.; MONTEIRO, M. A. R. **Controle Biológico da lagarta do cartucho do milho *Spodoptera frugiperda* utilizando o parasitoide de ovos *Trichogramma pretiosum***. Sete Lagoas: Embrapa/Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, 2004. 4 p. (Comunicado técnico, 114).
- DESNEUX, N.; DECOURTYE, A.; DELPUECH, J.M. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. **Annual Review of Entomology**, v. 52, p. 81-106, 2007.
- DESNEUX, N.; DENOYELLE, R.; KAISER, L. A multistep bioassay to assess the effect of the deltamethrin on the parasitic wasp *Aphidius ervi* (Hymenoptera: Braconidae). **Chemosphere**, v. 65, p. 1697-1706, 2006.

EL-HAFEZ, A. A.; NADA, M. A. Augmentation of *Trichogrammatoidea bactrae* nagaraja in the IPM programme for control of pink bollworm, *Pectinophora gossypiella* (Saund.) in Egypt. In: BELTWISE COTTON CONFERENCE, 2000, Memphis. **Proceedings...** Memphis: National Cotton Council, 2000. v. 2, p.1109- 1014.

FERNANDES, W. D.; FERRAZ-FILHO, A.; AMARAL, M. E. C. Fatores bióticos de mortalidade de *Alabama argillacea* (Hübner, 1818) (Lepidoptera: Noctuidae) em plantações de algodão. **Biotemas**, v.15, p. 23-40, 2002.

GIOLO, F. P.; GRÜTZMACHER, A. D.; MANZONI, A. D.; LIMA, C. G.; LIMA, C. A. B.; NÖRNBERG, S. D. Toxicidade de produtos fitossanitários utilizados na cultura do pessegueiro sobre adultos de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Bragantia**, v. 66, p. 423-431, 2007.

GRÜTZMACHER, A. D.; GIOLO, F. P.; MANZONI, C. G.; LIMA, C. A. B.; NÖRNBERG, S. D.; MÜLLER, C. The side-effects of insect growth regulators used in apples orchards on adults of *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Egg Parasitoid News**, p. 32, 2005.

HAJI, F. N. P.; JIMENEZ VELASQUEZ, J.; BLEICHER, E.; ALENCAR, J. A.; HAJI, AT.; DINIZ, R. S. **Tecnologia de produção massal de *Trichogramma* spp.** Petrolina: Embrapa-CPATSA, 1998. 24 p.

HASSAN, S. A. Seleção de espécies de *Trichogramma* para o uso em programas de controle biológico. In: PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A. (Eds.). **Trichogramma e o controle biológico aplicado**. Piracicaba: FEALQ, p. 183-206, 1997.

HASSAN, S. A.; ABDELGADER, H. A sequential testing program to assess the side effects of pesticides on *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **IOBC/WPRS Bulletin**, v. 24, p. 71-81, 2001.

HASSAN, S. A.; HALSALL, N.; GRAY, A. P.; KUEHNER, C.; MOLL, M.; BAKKER, F. M.; ROEMBKE, J.; YOUSEF, A.; NASR, F.; ABDELGADER, H. A. A laboratory method to evaluate the side effects of plant protection products on *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hymenoptera: Trichogrammatidae). In: CANDOLFI, M. P.; BLUMEL, S.; FORSTER, R.; BAKKER, F. M.; GRIMM, C.; HASSAN, S. A.; HEIMBACH, U.; MEAD-BRIGGS, M. A.; REBER, B.; SCHMUCK, R.; VOGT, H. (eds.): **Guidelines to evaluate side-effects of plant protection products to non-targed arthropods**. Reinheim: IOBC WPRS. 2000. p. 107-119.

HASSAN, S.A. et al. The side-effects of pesticides on the egg parasitoid *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hymenoptera: Trichogrammatidae), acute dose-response and persistence tests. **Journal of Applied Entomology**, v. 122, p. 569-573, 1998.

HOFFMANN, E. J.; MIDDLETON, S. M.; WISE, J. C. Ovicidal activity of organophosphate, oxadiazine, neonicotinoid and insect growth regulator chemistries on northern strain plum

curculio, *Conotrachelus nenuphar* (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Insect Science**, v. 8, p. 1-6, 2008.

KAPLAN, E. L.; MEIER, P. Non parametric estimation from incomplete observation. **Journal of the American Statistics Association**, v. 53, p. 457-481, 1958.

MAIA, J. B.; CARVALHO, G. A.; LEITE, M. I. S.; OLIVEIRA, R. L.; MAKYAMA, L. Selectivity of insecticides used in corn crops to adult *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Revista Colombiana de Entomologia**, v. 36, p. 202-206, 2010.

MAPA: sistemas de agrotóxicos fitossanitários. Brasília, DF: **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, 2017. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 24 jan 2015.

MERZENDORFER, H. Chitin synthesis inhibitors: old molecules and new developments. **Insect Science**, v. 20, p. 121-138, 2013.

MOSCARDINI, V. F.; MOURA, A. P.; CARVALHO, G. A. LASMAR, O. . Efeito residual de inseticidas sintéticos sobre *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em diferentes gerações. **Revista Acta Scientiarum**, v. 30, p. 177-182, 2008.

MOURA, A. P.; CARVALHO, G. A.; PEREIRA, A. E.; ROCHA, L. C. D. Selectivity evaluation of insecticides used to control tomato pests to *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Biocontrol**, v. 51, p. 769-778, 2006.

MOURA, A. P.; CARVALHO, G. A.; RIGITANO, R. L. O. Toxicidade de inseticidas utilizados na cultura do tomateiro a *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p. 203-210, 2005.

NAUEN, R.; JESCHKE, P.; VELTEN, R.; BECK, M. E.; EBBINGHAUS-KINTSCHER, U.; THIELERT, W.; WÖLFEL, K.; HAAS, M.; KUNZ, K.; RAUPACH, G . Flupyradifurone: abrief profile of a new butenolide insecticide. **Pest Management Science**, v. 71, p. 850-862, 2015.

OMOTO, C. Modo de ação dos inseticidas e resistência de insetos a inseticidas. In: GUEDES, J. C.; COSTA, I. D.; CASTIGLIONI, E. (Eds.). **Bases e técnicas de manejo de insetos**. Santa Maria: UFSM, 2000. p. 31-49.

PARRA, J. R. P. Técnicas de criação de *Anagasta kueiella*, hospedeiro alternativo para produção de *Trichogramma*. In: PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A. (Ed.). **Trichogramma e o controle biológico aplicado**. Piracicaba: FEALQ, 1997. cap. 4, p. 121-150.

PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A. *Trichogramma* in Brazil: feasibility of use after twenty years of research. **Neotropical Entomology**, v. 33, p. 271-281, 2004.

PREETHA, G.; STANLEY, J.; SURESH, S.; KUTTALAM, S.; SAMIYAPPAN, R. Toxicity of selected insecticides to *Trichogramma chilonis* Ishii (Hymenoptera: Trichogrammatidae): assessing their safety in the rice ecosystem. **Phytoparasitica**, v. 37, p. 209-215, 2009.

RUSSELL, J. E.; STOUTHAMER, R. Sex ratio modulators of egg parasitoids. p. 167-190. In CÔNSOLI, F. L., J. R. P. PARRA R. A. ZUCCHI (eds.) **Egg parasitoids in agroecosystems with emphasis on *Trichogramma***. Springer, 2010, p. 167-190.

SCHNEIDER, M. I.; SMAGGHE, G.; PINEDA, S.; VINUELA, E. Action of insect growth regulator insecticides and spinosad on life history parameters and absorption in third-instar larvae of the endoparasitoid *Hyposoter didymator* (Ichneumonidae; Campopleginae). **Biological Control**, v. 31, p. 189-198, 2004.

SCHULD, M.; SCHMUCK, R. Effects of thiacloprid, a new chloronicotinil insecticide, on the egg parasitoid *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Ecotoxicology**, v. 9, p. 197-205, 2000.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, v. 30, p. 507-512, 1974.

SMILANICK, J. M.; ZALOM, F. G.; EHLER, L. E. Effect of methamidophos residue on the pentatomid egg parasitoids *Trissolcus basalis* and *Telenomus utahensis* (Hymenoptera: Scelionidae). **Biological Control**, v. 6, p. 193-201, 1996.

SOUZA, J. R.; CARVALHO, G. A.; MOURA, A. P.; COUTO, M. H. G.; MAIA, J. B. Toxicity of some insecticides used in maize crop on *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera, Trichogrammatidae) immature stages. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 74, p. 234-239, 2014.

SOUZA, J. R.; CARVALHO, G. A.; MOURA, A. P.; COUTO, M. H. G.; MAIA, J. B. Impact of insecticides used to control *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) in corn on survival, sex ratio, and reproduction of *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 offspring. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 73, p. 122-127, 2013.

STERK, G. et al. Results of the seventh joint pesticide testing programmer carried out by the IOBC/WPRS-Working Group "Pesticide and Beneficial Organisms". **BioControl**, v. 44, p. 99-117, 1999.

STOCK, D.; HOLLOWAY, P. J. Possible mechanisms for surfactantinduced foliar uptake of agrochemicals. **Pest Management Science**, v. 38, p. 165-177, 1993.

SUH, R.; LIU, C.; ZHANG, H.; WANG, Q. Benzoylurea chitin synthesis inhibitors. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 63, p. 6847- 6865, 2015.

VAN DE VEIRE, M., SMAGGHE, G., DEGHEELE, D. A laboratory test method to evaluate the effect of 31 pesticides on the predatory bug, *Orius laevigatus* (Heteroptera: Anthocoridae). **Entomophaga**, v. 41, p. 235-243, 1996.

WANG, I.; YU, R.; ZHAO, X.; CHEN, L.; WU, C.; CANG, T.; WANG, Q. Susceptibility of adult *Trichogramma nubilale* Ertle & Davis (Hymenoptera: Trichogrammatidae) to selected insecticides with different modes of action. **Crop Protection**, v. 34, p. 76-82, 2012.

WASS, J. A. SYSTAT 12: Now More Stats and Graphs, Less Effort. **Scientific Computing**, v. 25, p. 25, 2008.

WERREN, J. H.; STOUTHAMER, R. PSR (paternal sex ratio) chromosomes: the ultimate selfish genetic elements. **Genetica**, v. 117, p. 85-101, 2003.

CAPÍTULO 3

TOXICIDADE DE INSETICIDAS USADOS NA CULTURA ALGODOEIRA PARA ADULTOS DE *Trichogramma pretiosum* POR MEIO DE DIFERENTES ROTAS DE EXPOSIÇÃO

RESUMO

Para a utilização do controle biológico de pragas na cultura do algodoeiro em associação com controle químico é importante que os inseticidas sejam seletivos aos inimigos naturais. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar a toxicidade dos inseticidas teflubenzuron, tiodicarbe, clorfenapir, flupiradifurone e metomil, em suas maiores dosagens, sobre *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) utilizando diferentes rotas de exposição. Foram conduzidos bioensaios de exposição tópica, ingestão e contato em laboratório com adultos de *T. pretiosum*. O efeito residual dos inseticidas considerados moderadamente prejudicial e prejudicial ao parasitoide no bioensaio de contato em laboratório, também foi avaliado em condições de semicampo (casa-de-vegetação), seguindo recomendações da IOBC. Metomil e tiodicarbe foram os inseticidas mais tóxicos para adultos de *T. pretiosum*. Teflubenzuron foi pouco tóxico quando pulverizado diretamente sobre as vespas ou quando os parasitoides mantiveram contato com seus resíduos em superfícies inertes; entretanto, causou redução na capacidade de parasitismo (F0) quando ingerido. Flupiradifurone reduziu o número de ovos parasitados no bioensaio de contato e foi considerado levemente prejudicial a *T. pretiosum*, enquanto clorfenapir foi moderadamente prejudicial, metomil e tiodicarbe foram prejudiciais. No bioensaio de persistência residual, clorfenapir, metomil e tiodicarbe foram classificados como persistentes (> 30 dias de redução da capacidade benéfica do parasitoide). Teflubenzuron e flupiradifurone foram pouco tóxicos aos adultos de *T. pretiosum*, devendo ser preferidos em programas de manejo integrado de pragas no algodoeiro visando à manutenção desse inimigo natural. Os demais devem ser avaliados em campo para comprovação da sua toxicidade nestas condições.

Palavras-chave: *Gossypium hirsutum*. Pragas. Parasitoide. Seletividade fisiológica. Ecotoxicologia.

ABSTRACT

For the biological control of pests in the cotton crop in association with chemical control it is important that the insecticides are selective to the natural enemies. On its context, the objective of this work was to evaluate the toxicity of the insecticides teflubenzuron, thiodicarb, chlorfenapyr, flupyradifurone and methomyl in their higher dosages on *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) using different routes of exposure. Topical exposure, ingestion and contact bioassays were conducted in the laboratory with adults of *T. pretiosum*. The residual effect of insecticides considered to be moderately harmful and harmful to the parasitoid in the laboratory contact bioassay was also evaluated under semi-field conditions (greenhouse), according to IOBC. Methomyl and thiodicarb were the most toxic insecticides for adults of *T. pretiosum*. Teflubenzuron was slightly toxic when sprayed directly on wasps or when parasitoids kept contact with their wastes on inert surfaces; however, caused a reduction in parasitism (F0) when ingested. Flupyradifurone reduced the number of parasitized eggs in the contact bioassay and was classified as moderately harmful, methomyl and thiodicarb were harmful insecticide. In the residual persistence bioassay, chlorfenapyr, methomyl and thiodicarb were classified as persistent (> 30 days of reduction of the beneficial capacity of the parasitoid). Teflubenzuron and flupyradifurone presented low toxicity to *T. pretiosum* adults, and should be preferred in integrated pest management programs in cotton for the maintenance of this natural enemy. The other insecticides must be evaluated under field conditions for the confirmation of the toxicity to that parasitoid.

Keywords: *Gossypium hirsutum*. Pests. Parasitoid. Physiological selectivity. Ecotoxicology.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o quinto maior produtor mundial de algodão em pluma, e os estados do Mato Grosso e Bahia respondem com 86% da produção nacional, seguidos pelos estados de Mato Grosso do Sul e Goiás. Para a safra 2016/2017 a expectativa de plantio nacional deverá situar-se em torno de 925,8 mil hectares, com uma produtividade de 1.559 kg/ha (CONAB, 2017).

Para a manutenção da competitividade do setor algodoeiro no cenário mundial o manejo de insetos-praga que atacam a cultura e causam grandes danos e prejuízos, é um dos desafios enfrentados pelos cotonicultores. As pragas chaves que destacam-se no algodoeiro são o bicudo-do-algodoeiro *Anthonomus grandis* (Boheman, 1843) (Coleoptera: Curculionidae) e o complexo de lagartas, como curuquerê-do-algodoeiro, *Alabama argillacea* (Hübner, 1818); a lagarta-da-maçã, *Heliothis virescens* (Fabricius, 1781) (Lepidoptera: Noctuidae); a lagarta-rosada, *Pectinophora gossypiella* (Saunders, 1843) (Lepidoptera: Gelechiidae) e, mais recentemente *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) (ÁVILA; VIVAN; TOMQUELSKI, 2013).

Diversas táticas são atualmente utilizadas no controle de pragas agrícolas, entretanto o controle químico ainda surge como a ferramenta principal. Nesse contexto, o uso de inimigos naturais em programas de manejo de insetos-praga no algodoeiro pode ser viável, pois pesquisas no Brasil demonstraram o potencial de controle de *A. argillacea* com o parasitoide de ovos *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) (FERNANDES et al. 2002). Esses microhimenópteros também têm sido considerados agentes biológicos promissores para o controle de *H. armigera* em cultivos de algodão, soja e milho (ÁVILA; VIVAN; TOMQUELSKI, 2013).

Devido à necessidade de um sistema de produção agrícola mais sustentável econômica e ambientalmente, aumenta-se a importância do uso de produtos químicos de maior especificidade aos insetos-praga e ao mesmo tempo seletivos aos agentes de controle biológico (GRÜTZMACHER et al., 2005). Por isso, estudos ecotoxicológicos têm sido recomendados com intuito de avaliar os efeitos letais e subletais de produtos químicos sobre organismos não alvos Desneux, Decourtye e Delpuech (2007), sendo assim, a IOBC preconiza que os efeitos deletérios dos produtos químicos sobre o *Trichogramma* spp. podem ser verificados numa sequência de testes, iniciando em em laboratório, depois em condições de semicampo e campo (HASSAN, 1992).

Mesmo havendo estudos realizados no Brasil visando estudar a seletividade fisiológica de produtos fitossanitários para parasitoides do gênero *Trichogramma*, ainda são escassos os trabalhos que têm como objetivo comparar a toxicidade de compostos químicos por meio de diferentes rotas de exposição dos insetos aos seus resíduos. Diante disso, o objetivo do presente estudo foi avaliar os efeitos letal e subletais de cinco inseticidas utilizados na cultura do algodoeiro sobre *T. pretiosum* via diferentes rotas de exposição aos seus resíduos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Insetos e inseticidas

Os parasitoides de *T. pretiosum* utilizados nos bioensaios foram obtidos de criação de manutenção do Laboratório de Ecotoxicologia do Departamento de Entomologia da UFLA, mantida em câmaras climatizadas à temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 h. Os insetos foram criados em ovos de *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae), conforme metodologia descrita por Parra (1997), sendo os adultos alimentados com mel puro. Todos os bioensaios foram realizados em condições semelhantes àquelas da criação.

Foram avaliadas cinco formulações comerciais de quatro grupos químicos, nas máximas dosagens recomendadas pelos fabricantes para o controle de pragas na cultura do algodoeiro: clorfenapir (3,0 mL p.c.L⁻¹; Pirate®; análogo de pirazol); metomil (1,0 mL p.c.L⁻¹; Lannate®; metilcarbamato de oxima); teflubenzuron (0,125 mL p.c.L⁻¹; Nomolt®; benzoilureia); tiodicarbe (2,5 g p.c.L⁻¹; Larvin®; metilcarbamato de oxima) (MAPA, 2017) e flupiradifurone (1,875 mL p.c.L⁻¹; Sivanto®; butenolídeo).

Metomil foi utilizado como controle positivo por ser reconhecidamente nocivo aos parasitoides do gênero *Trichogramma* (GRÜTZMACHER et al., 2005). No bioensaio de ingestão, mel puro foi usado como controle negativo, enquanto que nos demais bioensaios utilizou-se água destilada.

2.2 Bioensaio de exposição tópica

O bioensaio foi realizado em delineamento inteiramente ao acaso, com cinco repetições por tratamento, sendo cada uma composta por seis fêmeas acasaladas de *T. pretiosum* (24 h de idade), totalizando 30 fêmeas por tratamento. Fêmeas de cada repetição foram acondicionadas em placas de Petri (15 cm de diâmetro) forradas com papel-filtro e fechadas com filme plástico de PVC para evitar fuga. Os insetos foram anestesiados com CO₂ por 30 segundos e submetidos à pulverização dos inseticidas via torre de Potter regulada à pressão de 15 lb/pol² e volume de aplicação de $1,5 \pm 0,5 \mu\text{L}/\text{cm}^2$, conforme recomendações da IOBC (VAN de VEIRE; SMAGGHE; DEGHEELE, 1996).

Após a aplicação dos produtos, as fêmeas foram individualizadas em tubos de vidro (8,5 cm de altura x 2,5 cm de diâmetro) contendo gotículas de mel em suas paredes internas

como fonte de alimento. Parasitoides que não apresentaram movimento ao toque de um pincel foram considerados mortos. Para cada fêmea sobrevivente foi oferecida uma cartela (5 cm de comprimento x 0,5 cm de largura) contendo ovos inviabilizados de *E. kuehniella* (\cong 125 ovos) a cada 24 h, por um período de 72 h após a exposição aos tratamentos. Após o período de parasitismo, as cartelas foram transferidas para novos tubos de vidro para avaliar os efeitos subletais dos inseticidas na capacidade de parasitismo da geração F0 (fêmeas expostas) e na emergência da geração F1 (descendentes). A capacidade de parasitismo foi calculada como: $\text{parasitismo} = [(\text{número de ovos parasitados} / \text{total de ovos}) \times 100]$, sendo considerados parasitados os ovos que apresentavam coloração escura, e a porcentagem de emergência ($\text{número de ovos com orifício de saída do parasitoide} / \text{número total de ovos parasitados} \times 100$). A sobrevivência das fêmeas da geração F0 foi avaliada 1, 3 h e a cada 24 h após a exposição aos tratamentos até a sua morte.

Efeitos transgeracionais dos inseticidas também foram avaliados. Para isso, 20 fêmeas acasaladas (24 h de idade) de cada tratamento da geração F1 foram selecionadas aleatoriamente e individualizadas em tubos de vidro, para as quais foi oferecida uma cartela contendo ovos de *E. kuehniella*, como descrito anteriormente, por um período de 24 h. Após este período, as fêmeas foram descartadas e as cartelas com ovos foram mantidas para avaliar a capacidade de parasitismo das fêmeas da geração F1 e a emergência dos espécimes da geração F2. Cada tratamento foi composto por quatro repetições, sendo a parcela experimental constituída por cinco cartelas contendo ovos supostamente parasitados, totalizando 20 cartelas por tratamento.

Com os dados de parasitismo e emergência, calculou-se a redução (R) na capacidade benéfica do parasitoide nas diferentes gerações, pela equação: $R = 100 - [(\text{porcentagem média geral do tratamento com inseticida} / \text{porcentagem média geral no controle negativo}) \times 100]$. Com base nos valores de R, os inseticidas foram enquadrados em categorias toxicológicas conforme recomendações da IOBC, sendo classe 1, inócuos ($R < 30\%$); classe 2, levemente prejudiciais ($30 \leq R \leq 79\%$); classe 3, moderadamente prejudiciais ($80 \leq R \leq 99\%$) e classe 4, prejudiciais ($R > 99\%$) (STERK et al., 1999, VAN de VEIRE; SMAGGHE; DEGHEELE, 1996).

2.3 Bioensaio de ingestão

No bioensaio de ingestão foi utilizada metodologia adaptada de Cañete (2005). Os inseticidas foram diluídos em acetona (10 mL), e em seguida, adicionado mel puro (10 mL) a cada tratamento, sendo a mistura homogeneizada. A acetona foi removida em evaporador rotatório (Rotavapor® R-300) a 40 °C, sob pressão reduzida, dando origem aos tratamentos que consistiram de mel contaminado com os inseticidas. Como tratamento controle foi utilizado mel puro (10 mL) contendo somente acetona (10 mL), sendo que o procedimento empregado foi o mesmo descrito acima.

O bioensaio foi realizado em delineamento inteiramente ao acaso, com cinco repetições por tratamento, sendo cada parcela experimental constituída por seis fêmeas de *T. pretiosum* (24 h de idade), individualizadas em tubos de vidro (8,5 cm de altura x 2,5 cm de diâmetro) totalizando 30 fêmeas por tratamento.

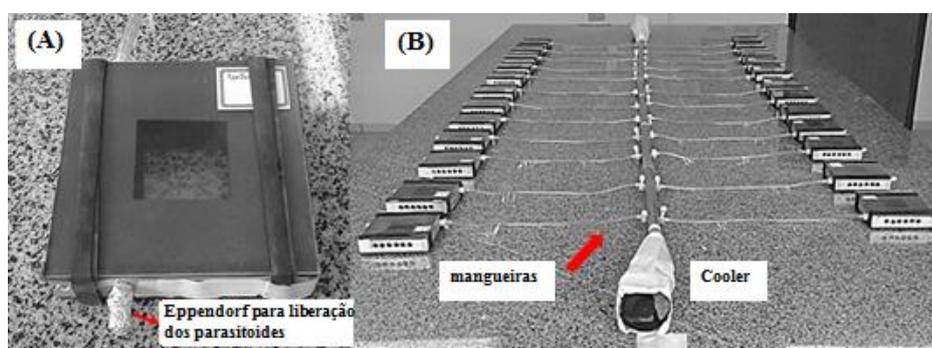
As fêmeas foram mantidas em inanição por 2 h antes do teste, e após este período, mel contaminado com os inseticidas foi oferecido *ad libitum*, sendo depositado na forma de gotículas nas paredes internas dos tubos. Nenhuma outra fonte de alimento foi utilizada durante todo o experimento. Após 24 h alimentando-se de mel contaminado, uma cartela contendo ovos de *E. kuehniella* (\cong 125 ovos) foi oferecida para cada fêmea, a cada 24 h por um período de 72 h. As avaliações foram as mesmas descritas no bioensaio de exposição tópica.

2.4 Bioensaio de contato com superfície contaminada

O ensaio foi realizado expondo-se adultos de *T. pretiosum* a resíduos secos dos inseticidas em superfície inerte. Para isso, os compostos foram pulverizados via torre de Potter (como descrito anteriormente) em placas de vidro de 2 mm de espessura (13 cm x 13 cm), que posteriormente foram secas à sombra. Essas placas foram usadas para formar as partes superior e inferior de gaiolas de exposição. Nas laterais destas gaiolas foi utilizada uma moldura de alumínio (2 cm de altura 1 cm de espessura), nas mesmas dimensões das placas de vidro e com orifícios (1 cm diâmetro) fechados com tecido preto para evitar a fuga dos insetos, mas que permitiam as trocas de gases. A gaiola foi revestida externamente com papel preto, deixando-se apenas uma área central (5 cm x 5 cm) exposta, na qual observou-se grande concentração dos parasitoides devido ao seu comportamento fototrópico positivo.

Esse procedimento foi adotado para aumentar o contato dos insetos com a superfície tratada. As gaiolas foram fixadas por gomas elásticas (Figura 1A) e conectadas por um sistema de ventilação movido por “coolers” para evitar o acúmulo de gases em seu interior (B). O sistema foi acionado 30 min antes da liberação dos insetos nas gaiolas e mantido em funcionamento durante todo bioensaio.

Figura 1 – (A) Gaiola de exposição de adultos de *Trichogramma pretiosum* à superfície inerte contaminada com inseticidas e (B) esquema do sistema de ventilação para evitar o acúmulo de gases tóxicos no interior das gaiolas.



Para a liberação dos adultos de *T. pretiosum* nas gaiolas, uma cartela (2,5 cm²) contendo aproximadamente 500 ovos de *E. kuehniella* parasitados e com o parasitoide na fase de pupa (cerca de oito dias após o parasitismo, Cónsoli, Botelho e Parra, 2001) foi colocada em tubo de eppendorf (3 cm de comprimento x 1 cm de diâmetro), com uma gotícula de mel como fonte de alimento (HASSAN; ABDELGADER, 2001). Cada eppendorf foi revestido externamente com papel alumínio e tinha em sua extremidade inferior um orifício (0,5 cm de diâmetro) para facilitar a passagem dos parasitoides emergidos para a gaiola. Os tubos de eppendorf foram desconectados após 18 horas de sua conexão com a gaiola e mantidos em câmara climatizada por mais quatro dias, para que ocorresse a total emergência dos parasitoides remanescentes, a fim de facilitar o cálculo do número de espécimes que entrou em cada gaiola (ROCHA; CARVALHO, 2004). Para isso, subtraiu-se do total de ovos parasitados na cartela (2,5 cm²) o número de insetos que permaneceram no interior do eppendorf, levando-se em consideração a razão sexual (0,6) (proporção de fêmeas) da população utilizada.

Seis horas após a retirada dos tubos de emergência (eppendorf) e do contato das vespas com resíduos dos inseticidas nas placas de vidro da gaiola, oito cartelas (5 cm de comprimento x 0,5 cm de largura) contendo ovos inviabilizados de *E. kuehniella* (\cong 125

ovos) foram introduzidas em cada gaiola. Os ovos foram expostos ao parasitismo por 24 h, findo o qual, as cartelas foram colocadas em tubos de vidro (8,5 cm de altura x 2,5 cm de diâmetro) devidamente identificados.

Foi utilizado o delineamento inteiramente ao acaso, sendo que cada tratamento foi composto de quatro repetições, cada uma formada por uma gaiola de exposição contendo cartelas com os ovos do hospedeiro. Foi avaliado o número de ovos parasitados = [(número de ovos parasitados/ por fêmeas)], e a porcentagem de emergência (F1) (número de ovos com orifício de saída do parasitoide/ número total de ovos parasitados x 100). O efeito dos produtos foi medido comparando-se a redução no parasitismo dos adultos presentes nas gaiolas expostas ao contato com os inseticidas em relação aqueles presentes nas gaiolas do controle negativo (água). As reduções na capacidade de parasitismo dos produtos foram obtidas por meio da equação $PR = [1 - (P/p) \times 100]$, onde PR é a porcentagem de redução no parasitismo, “P” é o valor do parasitismo médio no tratamento inseticida e “p” o parasitismo médio no controle negativo. Com base nos valores de R, os inseticidas foram enquadrados em classes de toxicidade (IOBC), como descrito anteriormente.

2.5 Bioensaio de persistência residual dos compostos

Foram utilizados neste bioensaio somente os inseticidas considerados prejudiciais (classes 3 e 4) a *T. pretiosum* no bioensaio de contato com superfície inerte contaminada, seguindo recomendações da IOBC/WPRS (HASSAN, 1998; HASSAN et al., 2000; HASSAN; ABDELGADER, 2001).

Para realização do teste, sementes de algodão cv. FM 982GL foram semeadas em vasos plásticos (3 L), usando como substrato mistura de esterco (60%) e terra (40%) e germinadas em condições controladas de casa-de-vegetação ($25 \pm 3^{\circ}\text{C}$; UR de $60 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas). Foram semeadas três sementes por vaso e após uma semana foi feito o desbaste, mantendo-se apenas a planta mais vigorosa. Ao atingirem 25 dias de idade, as plantas foram tratadas via pulverização dos inseticidas até o ponto de escorrimento ($10 \text{ mL.planta}^{-1}$), utilizando-se pulverizador manual com capacidade de 500 mL. Após a pulverização, as plantas permaneceram cerca de 3 h em temperatura ambiente para eliminar o excesso de umidade, sendo em seguida colocadas novamente em casa-de-vegetação. Semanalmente, os ponteiros das plantas foram cortados para evitar a emissão de novas folhas (não tratadas).

Aos 3, 13, 25 e 31 dias após a pulverização (DAP), cinco cartelas (5 cm de comprimento x 0,5 cm de largura) contendo ovos inviabilizados de *E. kuehniella* (± 125 ovos por cartela), foram fixadas em cada planta, nos terços superior, médio e inferior, usando goma arábica diluída a 50 % em água. Em seguida, a planta foi envolvida por uma gaiola (14 cm de diâmetro x 10 cm de altura) coberta com tecido tipo *voile* e cerca de 500 adultos de *T. pretiosum* foram liberados em cada gaiola, levando-se em consideração a relação de 1,6 fêmea do parasitoide para cada ovo do hospedeiro (LOPES, 1998; SÁ, 1991). Os parasitoides foram liberados nas gaiolas por meio de tubos de vidro (8,5 cm de comprimento x 2,5 cm de diâmetro) contendo adultos de *T. pretiosum*, depositados junto à base da planta, sendo permitido parasitismo por 24 h. Após este período, as cartelas foram retiradas, devidamente identificadas e armazenadas nas mesmas condições controladas dos bioensaios de laboratório, para posterior avaliação do número de ovos parasitados. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com oito repetições, sendo a parcela experimental constituída de uma planta contendo cinco cartelas com ovos do hospedeiro alternativo.

A duração da atividade tóxica dos inseticidas foi determinada em função do período necessário para que seus resíduos provocassem menos de 30% de redução no parasitismo. A redução no parasitismo foi calculada de acordo com a equação descrita anteriormente (bioensaio de contato com superfície contaminada), e com base nos valores de PR, os inseticidas foram enquadrados nas categorias propostas pela IOBC para os testes em casa-de-vegetação (semicampo) (Hassan, 1994), sendo: A = vida curta = (<5 dias), B = levemente persistente (5-15 dias), C = moderadamente persistente (16-30 dias) e D = persistente (> 30 dias).

2.6 Análises dos dados

Todos os dados foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett ($\alpha = 0,05$) para verificação dos pressupostos de normalidade e homocedasticidade da análise de variância (ANOVA), respectivamente. Dados do bioensaio de exposição tópica: parasitismo (F0 e F1) e emergência (F1 e F2), e do bioensaio de ingestão: parasitismo (F1) e emergência (F2) foram submetidos a two-way ANOVA ($\alpha = 0,05$) para avaliar o efeito da interação entre os inseticidas com o tempo após exposição (24, 48 e 72 h) aos tratamentos. Dados de parasitismo da F0 e emergência da F1 dos parasitoides no bioensaio de ingestão foram analisados por one-way ANOVA, seguida do teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). Este procedimento foi adotado porque o fatorial foi desbalanceado pela morte dos parasitoides no tratamento clorfenapir-72 h,

impossibilitando o estudo da interação dos fatores pela two-way ANOVA (MARINI, 2003). Bioensaios de contato com superfície contaminada e de persistência residual dos compostos foram também analisados por one-way ANOVA, seguida pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). Dados de sobrevivência foram submetidos ao teste Log-rank ($\alpha = 0,05$) e as curvas de sobrevivência estimadas pelo método Kaplan-Meier (KAPLAN; MEIER, 1958). Todas as análises foram realizadas no programa SigmaPlot 12.5 (WASS, 2008).

3 RESULTADOS

3.1 Exposição tópica

Apenas a sobrevivência das fêmeas no tratamento à base de teflubenzuron não diferiu do controle negativo (teste Log-rank, $\chi^2 = 224,04$; g.l. = 5; $P < 0,001$). Todos os outros inseticidas causaram 100% de mortalidade em menos de 24 h, não permitindo a avaliação dos efeitos na capacidade de parasitismo das fêmeas da geração F0 (Figura 2A).

Teflubenzuron não causou efeito negativo para nenhuma das características biológicas avaliadas e não foram observadas interações significativas entre o controle negativo e teflubenzuron com o tempo após exposição: parasitismo da F0 ($F = 1,16$; g.l. = 2; $P = 0,330$); emergência e parasitismo da F1 (emergência: $F = 0,325$; g.l. = 2; $P = 0,726$; parasitismo: $F = 0,01$; g.l. = 2; $P = 0,989$) e emergência da geração F2 ($F = 0,156$; g.l. = 2; $P = 0,857$). Com base na redução da capacidade benéfica de *T. pretiosum* e baseando nas classes de toxicidade da IOBC, teflubenzuron foi enquadrado na classe 1, inócuo (Tabela 1).

3.2 Bioensaio de ingestão

Assim como no bioensaio de exposição tópica, apenas a curva de sobrevivência do tratamento com teflubenzuron não diferiu do controle negativo (teste Log-rank, $\chi^2 = 230,56$; g.l. = 5; $P < 0,001$). A menor longevidade das fêmeas de *T. pretiosum* foi observada nos tratamentos com flupiradifurone, metomil e tiodicarbe, que causaram 100% de mortalidade em 24 h após sua ingestão. Para esses tratamentos não foram avaliados os efeitos na F0 e conseqüentemente nas gerações F1 e F2. No tratamento à base de clorfenapir a longevidade dos parasitoides foi de aproximadamente 100 h (Figura 2B); entretanto, não foi possível avaliar o efeito desse inseticida no parasitismo das fêmeas da geração F0, 72h após a ingestão do alimento, devido ao baixo número de insetos sobreviventes.

Na avaliação do parasitismo da F0 observaram-se diferenças entre os tratamentos ($F = 95,79$; g.l. = 7;32; $P < 0,001$) (Tabela 2). Em todos os tempos, os inseticidas diferiram do controle, sendo a menor capacidade de parasitismo observada no tratamento com clorfenapir, seguido de teflubenzuron. Clorfenapir foi categorizado na classe 3 em todos os tempos avaliados e teflubenzuron na classe 2 nos tempos de 24 e 48 h e classe 3 em 72 h (Tabela 2). Clorfenapir reduziu também a emergência dos parasitoides da F1, sendo enquadrado na classe 3 em 24 e 48 horas após a ingestão do alimento ($F = 15,62$; g.l. = 7;32; $P < 0,001$) e, dessa

forma, não foi possível a realização das avaliações subsequentes (Tabela 2). Para o parasitismo da F1 ($F = 0,06$; g.l. = 2;18; $P = 0,937$) e emergência dos espécimes da F2 ($F = 0,37$; g.l. = 2;18; $P = 0,694$) não foram observadas interações significativas entre os tratamentos controle negativo e teflubenzuron com o tempo após a ingestão do alimento. Dessa forma, teflubenzuron foi enquadrado na classe 1, inócuo, em todas as avaliações (Tabela 2).

3.3 Superfície contaminada

Todos os inseticidas diminuíram o número de ovos parasitados por fêmea de *T. pretiosum* ($F = 76,55$; g.l. = 5; $P < 0,001$). Metomil e tiodicarbe causaram redução no parasitismo superior a 99%, sendo enquadrados na classe 4. Flupiradifurone foi levemente prejudicial (classe 2); clorfenapir mostrou-se moderadamente prejudicial (classe 3) e a menor redução foi observada no tratamento com teflubenzuron, o qual foi categorizado como inócuo, classe 1. Teflubenzuron e flupiradifurone não diminuíram a emergência de *T. pretiosum* ($F = 45,43$; g.l. = 5; $P < 0,001$), enquanto tiodicarbe, clorfenapir e metomil afetaram negativamente essa característica biológica (Tabela 3).

3.4 Bioensaio de persistência residual dos compostos

O período residual foi avaliado apenas para clorfenapir, metomil e tiodicarbe, visto que foram enquadrados nas classes 3 e 4 de toxicidade em ensaios de laboratório, conforme recomendações da IOBC. Em todos os períodos de avaliação os inseticidas reduziram significativamente o parasitismo: 3 DAP ($F = 12,27$; g.l. = 3; $P < 0,001$), 13 DAP ($F = 12,34$; g.l. = 3; $P < 0,001$), 25 DAP ($F = 13,65$; g.l. = 3; $P < 0,001$) e 31 DAP ($F = 12,88$; g.l. = 3; $P < 0,001$). Observou-se que metomil e tiodicarbe foram mais tóxicos a *T. pretiosum* que clorfenapir ao longo das avaliações. Todos os inseticidas causaram redução no parasitismo maior que 30% após 31 dias da sua pulverização nas plantas, sendo considerados persistentes (classe D) (Tabela 4).

Figura 2 – Curvas de sobrevivência de fêmeas de *Trichogramma pretiosum* (A) expostas topicamente e (B) que ingeriram alimento contaminado com inseticidas. Curvas com letras iguais não diferem entre si pelo teste Log-rank ($\alpha = 0.05$).

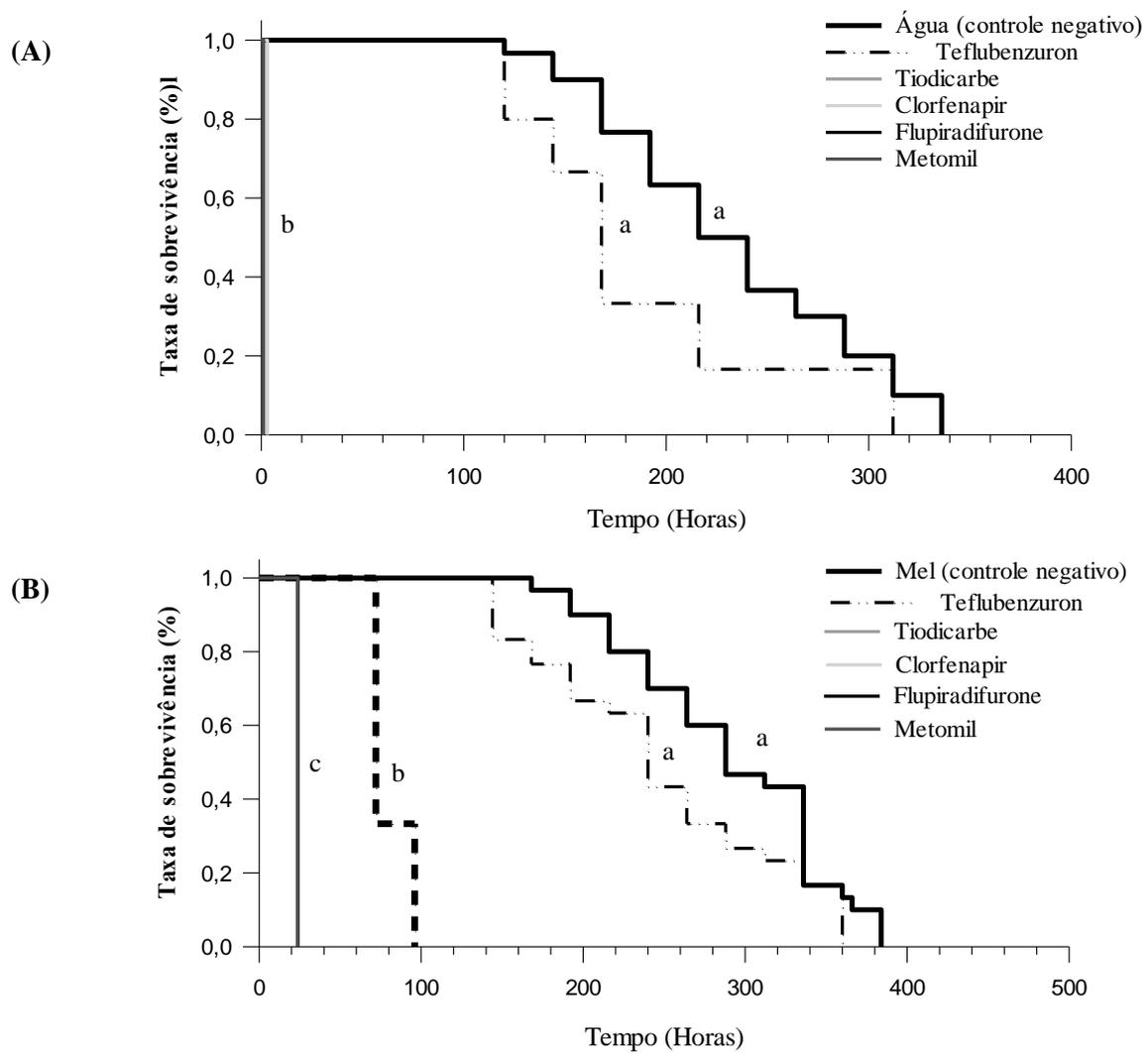


Tabela 1 – Porcentagem média (\pm EP) de parasitismo e emergência de *Trichogramma pretiosum* em ovos de *Ephestia kuehniella* após exposição tópica de fêmeas da geração F0 aos tratamentos e classes de toxicidade conforme IOBC.

Geração	Característica (%)	Tempo após exposição (horas)	Tratamento		Redução (%) (classe IOBC) ¹
			Água (controle negativo)	Teflubenzuron	
F0 (exposta)	Parasitismo	24	73,4 \pm 3,77a	64,5 \pm 4,45a	12,12 (1)
		48	76,2 \pm 2,99a	65,7 \pm 2,99a	13,77 (1)
		72	60,8 \pm 3,43a	60,3 \pm 2,99a	0,82 (1)
F1	Emergência	24	81,1 \pm 5,69a	79,2 \pm 4,08a	2,34 (1)
		48	84,3 \pm 3,51a	76,9 \pm 2,11a	8,77 (1)
		72	86,5 \pm 1,01a	83,30 \pm 3,11a	3,69 (1)
	Parasitismo	24	75,5 \pm 4,83a	62,5 \pm 4,59a	17,21 (1)
		48	76,8 \pm 4,58a	64,3 \pm 3,05a	16,27 (1)
		72	79,2 \pm 5,07a	65,4 \pm 5,60a	17,42 (1)
F2	Emergência	24	86,7 \pm 0,95a	77,5 \pm 3,78a	10,61 (1)
		48	87,8 \pm 0,81a	79,9 \pm 3,31a	8,99 (1)
		72	82,1 \pm 1,48a	75,6 \pm 2,83a	7,91 (1)

¹Redução (R) = 100 - [(porcentagem média geral do tratamento com inseticida/ porcentagem média geral no controle negativo) x 100], e classe de toxicidade recomendada por Sterk et al. (1999), onde: classe 1= inócuo (R < 30%), 2 = levemente prejudicial (30 \leq R \leq 79%), 3 = moderadamente prejudicial (80 \leq R \leq 99%) e 4 = prejudicial (R > 99%). Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (α = 0,05).

Tabela 2 – Porcentagem média (\pm EP) de parasitismo e emergência de *Trichogramma pretiosum* em ovos de *Ephestia kuehniella* após fêmeas da geração F0 ingerirem alimento contaminado com inseticidas, e classes de toxicidade conforme IOBC.

Geração	Característica (%)	Tempo após ingestão (horas)	Tratamento			Redução (%) (classe IOBC) ¹	
			Mel (controle negativo)	Clorfenapir	Teflubenzuron	Clorfenapir	Teflubenzuron
F0 (exposta)	Parasitismo	24	60,6 \pm 3,9 Ba	3,3 \pm 0,4 Ac	26,1 \pm 2,3 Ab	94,6 (3)	56,9 (2)
		48	62,6 \pm 4,6 Ba	2,3 \pm 0,4 Ac	27,1 \pm 2,9 Ab	96,3 (3)	56,7 (2)
		72	77,1 \pm 2,8 Aa	-	14,4 \pm 3,3 Bb	-	81,3 (3)
F1	Emergência	24	78,1 \pm 6,4 Aa	9,2 \pm 1,4 Ab	62,9 \pm 9,2 Aa	88,2 (3)	19,5 (1)
		48	81,7 \pm 7,3 Aa	5,0 \pm 3,3 Ab	59,3 \pm 13,5 Aa	93,9 (3)	27,4 (1)
		72	74,3 \pm 0,5 Aa	-	64,0 \pm 9,6 Aa	-	13,9 (1)
	Parasitismo	24	71,6 \pm 5,6 Aa	-	55,4 \pm 5,3 Aa	-	22,6 (1)
		48	74,5 \pm 5,0 Aa	-	60,7 \pm 3,4 Aa	-	18,5 (1)
		72	76,0 \pm 5,9 Aa	-	58,4 \pm 6,5 Aa	-	23,2 (1)
F2	Emergência	24	80,1 \pm 1,8 Aa	-	71,6 \pm 3,6 Aa	-	10,6 (1)
		48	77,5 \pm 1,7 Aa	-	71,9 \pm 1,9 Aa	-	7,2 (1)
		72	85,1 \pm 1,6 Aa	-	80,4 \pm 2,5 Aa	-	5,5 (1)

¹Redução (R) = 100 - [(porcentagem média geral do tratamento com inseticida/ porcentagem média geral no controle negativo) x 100], e classe de toxicidade recomendada por Sterk et al. (1999), onde: classe 1= inócuo (R < 30%), 2 = levemente prejudicial (30 \leq R \leq 79%), 3 = moderadamente prejudicial (80 \leq R \leq 99%) e 4 = prejudicial (R > 99%). (-) indica dados não calculados. Letras maiúsculas estão associadas à comparação do período após a ingestão dentro de cada geração/parâmetro (coluna) e letras minúsculas com os tratamentos dentro de cada geração/período (linha). Médias seguidas pela mesma letra na coluna (maiúscula) e na linha (minúscula) não diferem entre si pelo teste de Tukey (α = 0,05).

Tabela 3 – Número (\pm EP) de ovos de *Ephestia kuehniella* parasitados por fêmea de *Trichogramma pretiosum* expostas à superfície inerte contaminada com inseticidas, e classes de toxicidade de acordo com a IOBC.

Tratamento	nº de ovos parasitados/por fêmeas	Emergência (%)	RP (%) (classe IOBC) ¹
Água (controle negativo)	5,2 \pm 0,26a	97,9 \pm 0,55a	-
Teflubenzuron	3,9 \pm 0,14b	94,5 \pm 2,06a	25,0 (1)
Tiodicarbe	0,05 \pm 0,01e	38,4 \pm 5,73b	99,03 (4)
Clorfenapir	1,04 \pm 0,08dc	53,8 \pm 2,26b	80,0 (3)
Flupiradifurone	2,1 \pm 0,24c	87,5 \pm 4,26a	59,6 (2)
Metomil (controle positivo)	0,5 \pm 0,40ed	15,7 \pm 9,51c	99,4 (4)

¹RP = Redução no parasitismo comparado com o controle negativo onde: [1 - (parasitismo médio no tratamento inseticida/ parasitismo médio no controle negativo) x 100] e classe de toxicidade recomendada por Sterk et al. (1999), onde: classe 1= inócuo (R < 30%), 2 = levemente prejudicial (30 \leq R \leq 79%), 3 = moderadamente prejudicial (80 \leq R \leq 99%) e 4 = prejudicial (R > 99%). Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (α = 0,05).

Tabela 4 – Número médio (\pm EP) de ovos de *Ephestia kuehniella* parasitados por fêmeas de *Trichogramma pretiosum*, e classes de toxicidade de acordo com a IOBC quando adultos do parasitoide foram expostos a resíduos de inseticidas em plantas de algodão.

Tratamento	Residual (DAP) ¹	nº de ovos parasitados/ por fêmeas	RP ² (%)
Água (controle negativo)	3	5,8 \pm 0,02a	-
Tiodicarbe		0,05 \pm 0,02c	99,1 (4)
Clorfenapir		1,4 \pm 0,13b	75,9 (2)
Metomil (controle positivo)	13	0,02 \pm 0,01c	99,7 (4)
Água (controle negativo)		5,5 \pm 0,16a	-
Tiodicarbe		0,05 \pm 0,02c	99,1 (4)
Clorfenapir	25	1,7 \pm 0,13b	69,1 (2)
Metomil (controle positivo)		0,03 \pm 0,02c	99,5 (4)
Água (controle negativo)		5,7 \pm 0,12a	-
Tiodicarbe	31	0,02 \pm 0,01c	99,6 (4)
Clorfenapir		2,1 \pm 0,16b	63,1 (2)
Metomil (controle positivo)		0,01 \pm 0,01c	99,8 (4)
Água (controle negativo)	31	5,9 \pm 0,18a	-
Tiodicarbe		0,05 \pm 0,04c	99,1 (4)
Clorfenapir		2,4 \pm 0,16b	59,3 (2)
Metomil (controle positivo)		0,03 \pm 0,02c	99,5 (4)

¹DAP = dias após a pulverização. ²RP = Redução no parasitismo comparado com o controle negativo onde: [1 - (parasitismo médio no tratamento inseticida/ parasitismo médio no controle negativo) x 100] e classe de toxicidade recomendada por Sterk et al. (1999), onde: classe 1= inócuo (R < 30%), 2 = levemente prejudicial (30 \leq R \leq 79%), 3 = moderadamente prejudicial (80 \leq R \leq 99%) e 4 = prejudicial (R > 99%). Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, dentro de cada classe de resíduo, pelo teste de Tukey (α = 0,05).

4 DISCUSSÃO

No bioensaio onde os parasitoides foram submetidos ao contato em superfície inerte e expostos topicamente ao inseticida clorfenapir ($0,72 \text{ g i.a.L}^{-1}$), esse composto mostrou-se mais tóxico, do que quando os insetos se alimentaram de mel contaminado com o mesmo. Uma vez ingerido, o produto pode ter sofrido ação de várias enzimas que atuam no sistema digestivo e tubos de Malpighi, tornando a molécula de menor toxicidade ao parasitoide, conforme observações de Yu (2002). Foi constatado que clorfenapir apresentou efeito mais pronunciado quando aplicado diretamente nos parasitoides; possivelmente isto ocorreu em função de sua alta lipofilicidade ($\log K_{ow} = 5,28$), que pode ter favorecido sua penetração na cutícula de *T. pretiosum*.

Em estudo realizado por Hewa-Kapuge, McDougall e Hoffmann (2003) foi constatado que a sobrevivência de *Trichogramma nr. brassicae* Bezdenko, 1968 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) foi afetada negativamente quando adultos foram tratados via pulverização com clorfenapir (36 g i.a.L^{-1}), sendo que logo após 3 horas do tratamento dos adultos foi verificado 100% de mortalidade, fato verificado no presente estudo. Salienta-se que o inseticida clorfenapir pertence ao grupo análogo de pirazol; logo após penetrar entre as membranas internas e externas da mitocôndria, transforma-se na forma ativa, causando o desacoplamento de reações de fosforilação oxidativa, de modo que a organela não consegue produzir mais ATP, e conseqüentemente cessam as funções vitais da célula, causando a morte dos insetos.

Quando *T. pretiosum* ingeriu mel contaminado com clorfenapir foi verificado que esse pirazol permitiu o desenvolvimento dos insetos, confirmado pelo escurecimento do ovo do hospedeiro devido à presença de grânulos de urato pelo parasitoide porém, ocorreu reduzida emergência (F0), de modo que muitos adultos ficaram retidos no interior do ovo do hospedeiro. Possivelmente, o produto ingerido pela fêmea foi transferido transovarianamente afetando de alguma maneira o desenvolvimento embrionário e reduzindo a emergência de *T. pretiosum*; por isso não foi possível avaliar os efeitos subletais sobre os seus descendentes.

Os efeitos de clorfenapir sobre *Trichogramma* spp. também foram avaliados por Maia et al. (2010), os quais verificaram redução de 84,1% na capacidade de parasitismo de *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Planter (Hymenoptera: Trichogrammatidae) quando os adultos foram expostos ao contato com esse composto ($0,6 \text{ g a.i.L}^{-1}$) pulverizado em superfície inerte, e por isso, foi enquadrado na classe 3.

Os inseticidas tiodicarbe ($2,0 \text{ g i.a.kg}^{-1}$), flupiradifurone ($0,3204 \text{ g i.a.L}^{-1}$) e metomil ($0,215 \text{ g i.a.L}^{-1}$) causaram 100% de mortalidade em menos de 24 horas, da exposição tópica e oral das fêmeas, e por isso, não foi possível avaliar os efeitos subletais sobre as gerações subsequentes. Os sintomas resultantes da intoxicação por esses neurotóxicos foram semelhantes para os dois testes, e incluíram distúrbios de coordenação motora, incapacidade de voo e prostração, sendo estes também verificados por Thompson (2003). Observou-se que esses sintomas apareceram primeiramente nos insetos expostos diretamente à pulverização quando comparados aos que ingeriram mel tratado. A menor tolerância de *T. pretiosum* expostos ao tratamento tópico com produtos neurotóxicos geralmente está relacionada com alterações na transmissão de impulsos nervosos. Os neonicotinoides competem com o neurotransmissor acetilcolina e embora atuem de modo totalmente distinto dos carbamatos, os sintomas são semelhantes e incluem tremores, descoordenação, colapso do sistema nervoso central e morte (FARIA, 2009).

Os resultados obtidos com flupiradifurone no presente estudo assemelham-se aqueles de Hewa-Kapuge, McDougall e Hoffmann (2003), quando o neonicotinoide imidaclopride ($5,25 \text{ g i.a.L}^{-1}$) aplicado em pulverização direta sobre *T. nr. brassicae* provocou mais de 90% de mortalidade, uma hora após a contaminação dos parasitoides. Embora flupiradifurone pertença ao grupo dos butenolídeos, age como um agonista nos receptores nicotínicos da acetilcolina dos insetos, de modo similar aos inseticidas neonicotinoides (NAUEN et al., 2015).

No que diz respeito aos efeitos de compostos pertencentes ao grupo dos carbamatos, tiodicarbe e metomil sobre *T. pretiosum* quando pulverizados em superfície inerte, estão de acordo com aqueles observados por Wang et al. (2012) quando avaliaram a seletividade de sete grupos químicos de inseticidas sobre *Trichogramma nubilale* Ertle & Davis (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Os autores verificaram que inseticidas do grupo dos carbamatos destacaram-se como os mais tóxicos para esse parasitoide, sendo classificados como prejudiciais. Giolo et al. (2005) quando avaliaram a metodologia da IOBC/WPRS adaptada para condições brasileiras, também verificaram que a capacidade de parasitismo das fêmeas de *T. pretiosum* foi afetada negativamente quando expostas a resíduos secos do carbaril ($0,083 \text{ g i.a.L}^{-1}$), grupo químico carbamato, tendo sido enquadrado na classe 4. Diferentemente do verificado para o inseticida flupiradifurone, que apresentou toxicidade intermediária em contato com *T. pretiosum* na presente pesquisa recebeu mesma classificação atribuída por Moura, Carvalho e Rigitano (2004) para o neonicotinoide imidaclopride ($1,16 \text{ g}$

i.a.L⁻¹), que causou 56,6% de redução na capacidade de parasitismo de *T. pretiosum* e foi enquadrado na classe 2.

Teflubenzuron (0,01875 g i.a.L⁻¹) não afetou a sobrevivência de *T. pretiosum*, para os bioensaios de exposição tópica e oral. A seletividade de teflubenzuron ao inimigo natural na fase adulta possivelmente se deu ao seu modo de ação, visto que pertence ao grupo químico das benzoilureias, inibidores da síntese de quitina, os quais atuam principalmente como ovicidas e larvicidas (OMOTO, 2000).

Hewa-Kapuge, McDougall e Hoffmann (2003) constataram que a sobrevivência de *T. nr. brassicae* não foi diminuída quando as vespas foram submetidas ao tratamento tópico com o inseticida regulador de crescimento metoxifenoazida (39,8 g i.a.L⁻¹), com mortalidade inferior a 10%, 3 horas após o tratamento dos insetos, e também não reduziu a capacidade de parasitismo (F0), e foi considerado inócuo para o inimigo natural, como verificado na presente pesquisa para o inseticida teflubenzuron. Morandi Filho et al. (2008) também observaram que a longevidade de *T. pretiosum* não foi afetada quando as fêmeas foram alimentadas com reguladores de crescimento.

Teflubenzuron foi inócuo ao parasitoide em todos os testes, exceto no bioensaio de ingestão, onde esse composto causou redução na capacidade de parasitismo (F0), sendo essa maior 72 horas após o tratamento oral. De acordo com Maia et al. (2001), o período de exposição de insetos a produtos químicos é fator importante de toxicidade, visto que quanto mais tempo as vespas permanecerem expostas ao alimento contaminado, maior é a probabilidade de intoxicação. Sáenz-de-Cabezón et al. (2006) verificaram que a ingestão de inseticidas reguladores de crescimento de insetos pode promover ação deletéria na maturação dos órgãos reprodutivos; provavelmente, esse fato poderia explicar a redução na capacidade de parasitismo (F0) de *T. pretiosum* conferida na presente pesquisa, tendo em vista que a ação de inseticidas reguladores de crescimento ocorre principalmente via ingestão (DHADIALLA et al., 1998; TUNAZ; UYGUN, 2004). Assim como verificado neste estudo, Zaki e Gesraha (1987) constataram diminuição no número de ovos parasitados por *T. evanescens* alimentadas com mel contendo inseticidas reguladores de crescimento.

A capacidade de parasitismo não foi reduzida de forma relevante quando as fêmeas entraram em contato com resíduos secos de teflubenzuron, sendo esse inseticida enquadrado na classe 1. Grützmacher et al. (2005) também não verificaram efeitos adversos do uso de inseticidas reguladores de insetos sobre adultos de *T. pretiosum* ao testarem produtos fitossanitários recomendados para a cultura da macieira, e classificaram triflumuron

(0,0048%) e novaluron (0,005%) como seletivos ao parasitoide. Resultado distinto foi observado por Rocha e Carvalho (2004) em estudo visando à adaptação da metodologia padrão da IOBC para estudos de seletividade com *T. pretiosum* para condições brasileiras. No estudo desses autores, o inseticida regulador de crescimento triflumuron causou redução de 42,6% na capacidade de parasitismo e foi classificado como levemente prejudicial. A diferença de resultado pode estar associada à maior concentração (0,15 g i.a.L⁻¹) usada por esses autores, enquanto que no presente estudo a concentração foi de 0,018 g i.a.L⁻¹.

No bioensaio de período residual tiodicarbe, metomil e clorfenapir foram classificados como persistentes (classe D). O efeito residual de produtos fitossanitários pode ser afetado por diversos fatores bióticos e abióticos dentre eles pode-se citar a degradação do composto pela atividade metabólica da planta, as condições climáticas, o mecanismo de ação do produto, o tipo de solo, a metodologia de pulverização dos compostos e a própria espécie ou variedade da planta (GALLO et al., 2002); provavelmente a alta persistência desses compostos observada quando aplicados em algodoeiro pode estar relacionada à lenta degradação em condições de baixa exposição das plantas à luz solar, como foi discutido por Biondi et al. (2012).

Todos os inseticidas avaliados no bioensaio de período residual causaram redução no parasitismo maior que 30% após 31 dias da pulverização nas plantas. Uma possível causa seria a grande mortalidade provocada pelos inseticidas, uma vez que Nörnberg et al. (2011) realizaram testes de persistência, aplicando carbaril (0,173 g i.a. L⁻¹) em plantas de macieira e verificaram que esse carbamato causou redução maior que 99% na capacidade de parasitismo após 31 dias de sua pulverização, sendo enquadrado na classe D (persistente).

Da mesma forma, resultados semelhantes foram verificados por Hewa-Kapuge, McDougall e Hoffmann (2003), os quais pulverizaram clorfenapir (36 g i.a.L⁻¹) em plantas de tomate e constataram que 3 horas após a aplicação ocorreu 100% de mortalidade de adultos de *T. brassicae*. Virgala et al. (2006) relataram que esse mesmo inseticida após 2 dias de sua pulverização em folhas de tomateiro causou 100% de mortalidade de fêmeas de *Trichogrammatoidea bactrae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae).

De acordo com a sequência de testes da IOBC/WPRS (HASSAN; ABDELGADER, 2001) para *Trichogramma* spp., os inseticidas tiodicarbe, clorfenapir e metomil foram classificados como persistentes (classe 4) em casa-de-vegetação (semicampo), e por isso devem ser avaliados em condições de campo para comprovação ou não de suas toxicidades a *T. pretiosum*.

5 CONCLUSÃO

Os compostos teflubenzuron e flupiradifurone são menos tóxicos para *T. pretiosum*, podendo ser recomendados para uso em programas de MIP objetivando a conservação desse parasitoide na cultura do algodoeiro.

Os inseticidas tiodicarbe, clorfenapir e metomil são persistentes (> 30 dias de ação nociva) a adultos de *T. pretiosum* e devem ser avaliados em condições de campo.

REFERÊNCIAS

- ÁVILA, C. J.; VIVAN, L. M.; TOMQUELSKI, G. V. **Ocorrência, aspectos biológicos, danos e estratégias de manejo de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) nos sistemas de produção agrícolas**. Dourados: Embrapa- CPAO, 2013. 12 p. (Embrapa- CPAO. Circular Técnica, 23).
- BIONDI, A.; DESNEUX, N.; SISCARO, G.; ZAPALLA, L. Using organic-certified rather than synthetic pesticides may not be safer for biological control agents: Selectivity and side effects of 14 pesticides on the predator *Orius laevigatus* (Fieber) (Hemiptera: Anthocoridae). **Chemosphere**, v. 87, p. 803-812, 2012.
- CAÑETE, C. L. **Selektividade de inseticidas a espécies de *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae)**. 2005. 117 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos: safra 2016/2017: sexto levantamento, março 2017**. Brasília, 2017. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_03_14_15_28_33_boletim_graos_marco_2017bx.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2017.
- CÔNSOLI, F. L.; BOTELHO, P. S. M.; PARRA, J. R. P. Selectivity of insecticides to egg parasitoid *Trichogramma galloi* Zucchi (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Journal of Applied Entomology**, v. 125, p. 37-43, 2001.
- DESNEUX, N.; DECOURTYE, A.; DELPUECH, J.M. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. **Annual Review of Entomology**, v. 52, p. 81-106, 2007.
- DHADIALLA, T. S.; CARLSON, G. R.; LE, D. P. New insecticides with ecdysteroidal and juvenile hormone activity. **Annual Review Entomology**, v. 43, p. 545 -569, 1998.
- FARIA A. B. C. Revisão sobre alguns grupos de inseticidas utilizados no manejo integrado de pragas florestais. **Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 5, p. 345-358, 2009.
- FERNANDES, W. D.; FERRAZ-FILHO, A.; AMARAL, M. E. C. Fatores bióticos de mortalidade de *Alabama argillacea* (Hübner, 1818) (Lepidoptera: Noctuidae) em plantações de algodão. **Biotemas**, v.15, p. 23-40, 2002.
- GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BATISTA, G.C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIM, J.D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.

GIOLO, F. P.; GRÜTZMACHER, A. D.; MANZONI, C. G.; FACHINELLO, J. C.; NORBERG, S. D.; STEFANELLO JÚNIOR, G. J. Seletividade de agrotóxicos indicados na produção integrada de pêssego a *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, p. 222-225, 2005.

GRÜTZMACHER, A. D.; GIOLO, F. P.; MANZONI, C. G.; HARTER, W. R.; NORBERG, S. D. The side-effects of insect growth regulators used in apples orchards on adults of *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Egg Parasitoid News**, v. 17, p. 32, 2005.

HASSAN, S. A. Guideline for evaluation of side-effect of plant protection product on *Trichogramma cacoeciae*. In: INTERNACIONAL ORGANIZATION FOR BIOLOGICAL CONTROL OF NOXIOUS ANIMALS AND PLANTS **Working Group "Pesticide and beneficial Organisms"**, p. 18-39, 1992.

HASSAN, S. A. Guideline for the evaluation of side effects of plant protection products on *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **IOBC/WPRS Bulletin**, v. 21, p. 119-128, 1998.

HASSAN, S. A.; ABDELGADER, A. A sequential testing program to assess the side effects of pesticides on *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **IOBC/WPRS Bulletin**, v. 24, p.7181, 2001.

HASSAN, S.A.; HALSALL, N.; GRAY, A.P.; KUEHNER, C.; MOLL, M.; BAKKER, F.M.; ROEMBKE, J.; YOUSEF, A.; NASR, F.; ABDELGADER, H. 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, S.A.; HEIMBACH, U.; MEAD-BRIGGS, M.A.; REBER, B.; SCHMUCK R.; VOGT, H. (Ed.). **Guidelines to evaluate side-effects of plant protection products to non-target arthropods**. Montfavet: IOBC/ WPRS, 2000. p.107-119.

HEWA-KAPUGE, S.; McDOUGALL, S.; HOFFMANN, A. A. Effects of Methoxyfenozide, Indoxacarb, and other insecticides on the beneficial egg parasitoid *Trichogramma nr brassicae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) under laboratory and field conditions. **Journal of Economic Entomology**, v. 96, p. 1083-1090, 2003.

KAPLAN, E. L.; MEIER, P. Non parametric estimation from incomplete observation. **Journal of the American Statistics Association**, v. 53, p. 457-481, 1958.

LOPES, J. R. S. **Estudos bioetológicos de *Trichogramma galloi* Zucchi (Hymenoptera:Trichogrammatidae) para o controle de *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Pyralidae)**. 1998. 141 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (USP/ESALQ), Piracicaba, 1998.

MAIA, B. V.; BUSOLI, A. C.; DELABIE, J. H. C. Seletividade fisiológica de endosulfan e deltametrina às operárias de *Azteca chartifex spiriti* (Hymenoptera: Formicidae) em

agroecossistema cacauzeiro do sudoeste da Bahia. **Neotropical Entomology**, v. 30, p. 449-454, 2001.

MAIA, J. B.; CARVALHO, G. A.; LEITE, M. I. S.; OLIVEIRA, R. L.; MAKYAMA, L. Selectivity of insecticides used in corn crops to adult *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Revista Colombiana de Entomologia**, v. 36, p. 202-206, 2010.

MAPA: sistemas de agrotóxicos fitossanitários. Brasília, DF: **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, 2017. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 24 jan 2015.

MAPA: sistemas de agrotóxicos fitossanitários. Brasília, DF: **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, 2017. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 24 jan 2015.

MARINI, R. P Approaches to analyzing experiments with factorial arrangements of treatments plus other treatments. **Hort Science**, v. 38, p. 117–120, 2003.

MORANDI FILHO, W. J.; LIMA, C. A. B.; HÄRTER, W. R.; GIOLO, F. P.; GRÜTZMACHER, A. D. Avaliação de metodologias para testes de seletividade de inseticidas reguladores de crescimento a *Trichogramma pretiosum* (Riley, 1879) (Hymenoptera: Trichogrammatidae) na cultura da macieira em condições de laboratório. **IDESIA**, v. 26, p. 79-85, 2008.

MOURA, A. P.; CARVALHO, G. A.; RIGITANO, R. L. O. Efeito residual de novos inseticidas utilizados na cultura do tomateiro sobre *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 26, p. 231-237, 2004.

NAUEN, R.; JESCHKE, P.; VELTEN, R.; BECK, M. E.; EBBINGHAUS-KINTSCHER, U.; THIELERT, W.; WÖLFEL, K.; HAAS, M.; KUNZ, K.; RAUPACH, G. Flupyradifurone: abrief profile of a new butenolide insecticide. **Pest Management Science**; v. 71, p. 850-862, 2015.

NÖRNBERG, S. D.; GRÜTZ MACHER, A. D.; KOVALESKI, A.; FINATTO, J. A.; PASCHOAL, M. D. F. Persistência de agrotóxicos utilizados na produção integrada de maçã a *Trichogramma pretiosum*. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p. 305-313, 2011.

OMOTO, C. Modo de ação de inseticidas e resistência de insetos a inseticidas. In: GUEDES, J. C.; COSTA, I. D.; CASTIGLIONI, E. (Org.). **Bases e técnicas do manejo de insetos**. Santa Maria: Palloti, 2000. p. 31-49.

PARRA, J. R. P. Técnicas de criação de *Anagasta kueiella*, hospedeiro alternativo para produção de *Trichogramma*. In: PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A. (Ed.). ***Trichogramma e o controle biológico aplicado***. Piracicaba: FEALQ, 1997. cap. 4, p. 121-150.

ROCHA, L. C. D.; CARVALHO, G. A. Adaptação da metodologia padrão da IOBC para estudos de seletividade com *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em condições de laboratório. ***Acta Scientiarum***, v. 26, p. 315-320, 2004.

SÁ, L. A. N. de. **Bioecologia de *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) visando avaliar o seu potencial para controle de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) e *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) em milho**. 1991. 107 p. (Tese-Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (USP/ESALQ), Piracicaba, 1991.

SÁENZ-DE-CABEZÓN, J. F.; PÉREZ-MORENO, Z. F. G.; MARCO, V. Effects of lufenuron on *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) egg, larval, and adult stages. ***Journal of Economic Entomology***, v. 99, p. 427-431, 2006.

STERK, G. et al. Results of the seventh joint pesticide testing programmer carried out by the IOBC/WPRS-Working Group "Pesticide and Beneficial Organisms". ***BioControl***, v. 44, p. 99-117, 1999.

THOMPSON, H. M. Behavioural effects os pesticides bees-their potencial for use in risk assessment. ***Ecotoxicology***, v. 12, p. 317-330, 2003.

TUNAZ, H.; UYGUN, N. Insect growth regulators for insect pest control. ***The Turkish Journal of Agriculture and Forestry***, v. 28, p. 377-387, 2004.

VAN DE VEIRE, M., SMAGGHE, G., DEGHEELE, D. A laboratory test method to evaluate the effect of 31 pesticides on the predatory bug, *Orius laevigatus* (Heteroptera: Anthocoridae). ***Entomophaga***, v. 41, p. 235-243, 1996.

VIRGALA, R.; BOTTO, M.; LAFALCE, C. Evaluación de algunos insecticidas para el control de la «polilla del tomate», *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) y su efecto residual sobre el parasitoide *Trichogrammatoidea bactrae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). ***Revista de la Sociedad Entomológica Argentina***, v. 65, p. 57-65, 2006.

WANG, Y.; YU, R.; ZHAO, X.; CHEN, L.; WU, C.; CANG, T.; WANG, Q. Susceptibility of adult *Trichogramma nubilale* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) to selected insecticides with different modes of action. ***Crop Protection***, v. 34, p. 76-82, 2012.

WASS, J. A. SYSTAT 12: Now More Stats and Graphs, Less Effort. ***Scientific Computing***, v. 25, p. 25, 2008.

YU, S. J. Induction of detoxification enzymes by triazine herbicides in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 80, p. 113-122, 2002.

ZAKI, F. N.; GESRAHA, H. A. Evaluation of zertel and diflubenzuron on biological aspects of the egg parasitoid, *Trichogramma evanescens* Westwood, 1833 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) and the aphid lion *Chrysoperla carnea* Steph. **Journal Applied Entomology**, v. 104, p. 63-69, 1987.

ZHANG, W.; HASSAN, S. A. Rationalising the standard method to test the side-effects of pesticides on *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hymenoptera: Trichogrammatidae), reducing the number of parasitoids tested. **IOBC/WPRS Bulletin**, v. 23, p. 49-53, 2000.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Efeitos letal e subletal de inseticidas utilizados na cultura do algodoeiro sobre *T. pretiosum*

Tiodicarbe, clorfenapir, flupiradifurone e metomil reduziram a emergência e a capacidade de parasitismo (F1) pelo menos num dos estágios de desenvolvimento imaturo do parasitoide. Esses compostos com exceção do metomil foram mais tóxicos quando aplicados sobre ovos do hospedeiro contendo *T. pretiosum* no estágio de pupa. Sendo assim, foi comprovado que, dependendo da fase de desenvolvimento imaturo do parasitoide, pode ocorrer maior ou menor susceptibilidade do parasitoide a um mesmo inseticida.

Flupiradifurone provocou maior número de insetos deformados (F1) e, para a geração F2 essa característica não foi afetada negativamente. Flupiradifurone influenciou negativamente a razão sexual (F1) de *T. pretiosum* quando os parasitoides foram expostos nas fases de pré-pupa e pupa; tiodicarbe e metomil reduziram essa característica, independente do estágio de desenvolvimento imaturo do inseto. Para a geração F2 apenas tiodicarbe influenciou a razão sexual. Salienta-se que a razão sexual alta, ou seja, com maior número de fêmeas em uma população é de vital importância para o sucesso de programas de controle biológico, visto que os machos não contribuem para a supressão da praga.

A sobrevivência de fêmeas (F1) provenientes de ovos de *E. kuehniella* contaminados não foi reduzida por teflubenzuron; provavelmente pelo seu modo de ação, visto que age inibindo a síntese de quitina em formas jovens. Assim, seu uso em programas de MIP para a cultura do algodoeiro parece ser uma boa estratégia para conservação dessa espécie de parasitoide.

Teflubenzuron e clorfenapir causaram baixa redução na capacidade de emergência (F2) e foram considerados inócuos.

Os efeitos da aplicação de produtos fitossanitários sobre ovos do hospedeiro alternativo contendo *T. pretiosum* em sua fase imatura podem ser transmitidos para a geração subsequente, o que demonstra a importância desse conhecimento no momento da seleção de um produto químico para ser empregado em programas de MIP.

Para os compostos tóxicos ao parasitoide em condições de laboratório, propõe-se que sejam realizados trabalhos em semicampo e campo para comprovação ou não de sua toxicidade.

Os possíveis mecanismos de seletividade fisiológica desses inseticidas não se encontram devidamente esclarecidos em consequência da falta de estudos bioquímicos e fisiológicos que possam contribuir para elucidar tais mecanismos.

Estudos com novas moléculas químicas, com diferentes modos de ação e que sejam seletivas para inimigos naturais são de extrema valia para o sucesso na implementação de programas de MIP e por isto devem ser incentivados.

Toxicidade de inseticidas usados na cultura algodoeira para adultos de *T. pretiosum* por meio de diferentes rotas de exposição

Os inseticidas clorfenapir, flupiradifurone, tiodicarbe, metomil foram letais ao parasitoide, tanto no bioensaio de exposição tópica quanto no oral; no entanto, clorfenapir apresentou efeito subletal negativo quando *T. pretiosum* foram alimentados com mel contaminado com esse composto.

Teflubenzuron foi pouco tóxico aos adultos de *T. pretiosum*, porém causou redução na capacidade de parasitismo (F0). Sendo assim, foi observado que dependendo da rota de exposição ao inseticida, o parasitoide pode apresentar diferenças de susceptibilidade a um mesmo composto.

No bioensaio de contato, clorfenapir foi moderadamente prejudicial, e tiodicarbe e metomil foram prejudiciais para *T. pretiosum*. Referente ao teste de persistência residual, os compostos tiodicarbe, clorfenapir e metomil foram persistentes (> 30 dias de ação tóxica).

Novas pesquisas a respeito da ação de inseticidas sobre adultos de *T. pretiosum* via diferentes rotas de exposição devem ser realizadas, uma vez que existem poucos trabalhos na literatura utilizando essa metodologia, além de muitas vezes verificarem somente efeito letal, não levando em consideração os efeitos subletais causados sobre espécimes das próximas gerações desse parasitoide. As informações obtidas permitirão a integração dos métodos biológico e químico, sendo muito importantes para avanços no sucesso de programas de controle biológico com *T. pretiosum* no manejo de pragas do algodoeiro.