

WAGNER FARIA BARBOSA

SELETIVIDADE DE INSETICIDAS RECOMENDADOS PARA A CULTURA
DO ALGODÃO AO PARASITÓIDE DE PUPAS *Palmistichus elaeisis*
(HYMENOPTERA: EULOPHIDAE)

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Fitotecnia, para obtenção do título
de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2010

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

B238s
2010

Barbosa, Wagner Faria, 1985-

Seletividade de inseticidas recomendados para a cultura do algodão ao parasitóide de pupas *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) / Wagner Faria Barbosa.
- Viçosa, MG, 2010.

xi, 62f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Orientador: José Cola Zanuncio.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. *Palmistichus elaeisis*. 2. Algodão - Doenças e pragas - Controle biológico. 3. Algodão - Doenças e pragas - Controle integrado. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 632.79

WAGNER FARIA BARBOSA

SELETIVIDADE DE INSETICIDAS RECOMENDADOS PARA A CULTURA
DO ALGODÃO AO PARASITÓIDE DE PUPAS *Palmistichus elaeisis*
(HYMENOPTERA: EULOPHIDAE)

Dissertação apresentada a
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Fitotecnia, para obtenção do título
de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 22 de julho de 2010.

Prof. Dr. Germano Leão Demolin Leite
(Co-orientador)

Prof. Dr. José Eduardo Serrão
(Co-orientador)

Prof. Dr. Márcio da Silva Araújo

Dr. Rosenilson Pinto

Prof. Ph.D. José Cola Zanuncio
(Orientador)

À Deus que me deu vida e me sustenta em amor

OFEREÇO

*Aos meus pais, Venilton Santos Barbosa e
Ana Virgínia Faria Barbosa*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo seu amor, cuidado e paz em Jesus Cristo.

Aos meus pais, Venilton Santos Barbosa e Ana Virgínia Faria Barbosa, pelo amor, carinho e incentivo à minha formação.

Ao meu irmão, João Victor Faria Barbosa, pela amizade e companheirismo.

A Universidade Federal de Viçosa, pelo apoio à realização desta pesquisa.

Ao professor Ph.D. José Cola Zanuncio, pela oportunidade oferecida e orientação.

Ao professor Dr. Dirceu Pratissoli, pelo exemplo de motivação, dedicação e profissionalismo.

Ao professor Dr. José Eduardo Serrão, pelo auxílio e grandes sugestões.

À Dra. Teresinha Vinha Zanuncio pela co-orientação.

Ao Dr. José Milton Pereira, pela ajuda prestada e correções.

Ao professor Dr. Marcelo Coutinho Picanço, por ter cedido amostras dos inseticidas.

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

Aos membros da república Psítricos, Gilberto Santos Andrade, Marcelo Curitiba Espíndula e Patrik Luiz Pastori, pela valiosa amizade durante o período do curso.

Ao Sr. Antonio e Sr. Moacir por organizarem nossa bagunça.

Aos colegas de trabalho, Alexandre Faria (Caju), Alexandre Igor, Ancidérton, Diego, Madu, Milton, Rafael (Pará), Rafael Guanabens, Robson,

Rosenilson, Tiago Pikart, Veríssimo Gibran, Vinícius, Wagner Tavares (chefe), pela amizade, sugestões e cooperação.

Aos estagiários, Aline, Ana, Bráulio, Douglas, Felipe, Isabel, Janaína, João Paulo, Robinho, Úrsula, pela amizade e agradável convívio.

A secretária do programa de Fitotecnia, Tatiane, pelo generoso atendimento.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta pesquisa.

BIOGRAFIA

WAGNER FARIA BARBOSA, filho de Venilton Santos Barbosa e Ana Virgínia Faria Barbosa, nasceu em Alegre, Espírito Santo, no dia 21 de maio de 1985.

Em maio de 2004, ingressou no Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES) em Alegre, Espírito Santo, tendo colado grau em agosto de 2008.

Em agosto de 2008, iniciou o Mestrado em Fitotecnia na Universidade Federal de Viçosa (UFV) em Viçosa, Minas Gerais, concluindo-o em julho de 2010.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	viii
ABSTRACT	x
INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	4
Efeito letal de inseticidas recomendados para a cultura do algodão ao parasitóide de pupas <i>Palmistichus elaeisis</i> (Hymenoptera: Eulophidae)	10
Resumo.....	11
Abstract.....	12
Introdução.....	13
Materiais e Métodos.....	14
Resultados.....	17
Discussão.....	18
Conclusões.....	20
Agradecimentos.....	21
Referências Bibliográficas.....	21
Seletividade de deltametrina e impacto deletério de cartape na reprodução do parasitóide de pupas <i>Palmistichus elaeisis</i> (Hymenoptera: Eulophidae)	34
Resumo.....	35
Abstract.....	37

Introdução.....	39
Materiais e Métodos.....	40
Resultados.....	44
Discussão.....	46
Conclusões.....	50
Agradecimentos.....	50
Referências Bibliográficas.....	50
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	62

RESUMO

BARBOSA, Wagner Faria, M.Sc. Universidade Federal de Viçosa, julho de 2010, **Seletividade de inseticidas recomendados para a cultura do algodão ao parasitóide de pupas *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae)**. Orientador: José Cola Zanuncio. Co-orientadores: Dirceu Pratissoli, Germano Leão Demolin Leite, José Eduardo Serrão e Teresinha Vinha Zanuncio.

Insetos pragas podem reduzir a produção do algodoeiro e o controle biológico pode reduzir o uso excessivo de inseticidas nessa cultura. O endoparasitóide gregário de pupas de lepidópteros e coleópteros *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae), por ter hábito generalista e facilidade de criação em hospedeiro alternativo, pode ser utilizado no controle biológico de pragas do algodoeiro. O objetivo dessa pesquisa foi estudar o impacto dos inseticidas acefato, cartape, clorfenapir e deltametrina, utilizados no manejo de pragas do algodoeiro, na mortalidade, reprodução e no aparelho reprodutor feminino de *P. elaeisis*. Fêmeas adultas de *P. elaeisis* com, até, 24 horas de idade foram expostas a folhas de algodoeiro tratadas nas doses de 1, 10, 25, 50, 75 e 100% da recomendada para esses inseticidas no campo, enquanto o controle teve, apenas, água destilada. A mortalidade de *P. elaeisis* foi avaliada após 24, 48 e 72 horas da exposição aos inseticidas. Acefato e clorfenapir mataram 100% dos indivíduos desse parasitóide na maioria das doses após 24, 48 e 72 horas. A mortalidade de *P. elaeisis* exposto ao cartape e deltametrina foi, no máximo, de 15 e 38,33% respectivamente, após 72 horas. Por isso, o efeito desses inseticidas na reprodução e no ovário de *P. elaeisis* foi avaliado. A deltametrina a 100% reduziu em 30% o parasitismo de *P. elaeisis* e não apresentou efeito no aparelho reprodutor de fêmeas desse parasitóide. Cartape, embora seletivo, inibiu o parasitismo de *P. elaeisis* nas doses de 50 e 100% e causou morte das células nutridoras desse parasitóide quando seus ovócitos estavam na fase inicial de desenvolvimento. Acefato e clorfenapir são altamente tóxicos a *P. elaeisis*

e devem ser evitados com esse parasitóide. A deltametrina é seletiva e teve baixo impacto na reprodução de *P. elaeisis* e, por isso, pode ser utilizada com esse parasitóide no algodoeiro. O cartape afeta a reprodução de *P. elaeisis* e pode limitar a eficiência desse parasitóide em campo.

ABSTRACT

BARBOSA, Wagner Faria, M.Sc. Universidade Federal de Viçosa, July, 2010, **Selectivity of insecticides recommended for cotton cultivation to the pupae parasitoid *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae)**. Advisor: José Cola Zanuncio. Co-advisors: Dirceu Pratissoli, Germano Leão Demolin Leite, José Eduardo Serrão and Teresinha Vinha Zanuncio.

Pest insects can have negative impact on cotton production but biological control can reduce the excessive use of insecticides in this crop. The gregarious endoparasitoid of Lepidoptera and Coleoptera pupae, *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae), for having a generalist habit and being easily reared within the alternative host, can be used in the biological control of the plagues that attach cotton plants. The objective of this research was to study the impact of the insecticides acephate, cartap, chlorfenapyr and deltamethrin, used in pest management programs for cotton, on mortality, reproduction and female reproductive system of *P. elaeisis*. Adult females of *P. elaeisis*, up to 24 hours of age, were exposed to cotton leaves treated with 1, 10, 25, 50, 75 and 100% of the recommended field dose of these insecticides, while the control had only distilled water. The mortality of *P. elaeisis* was evaluated at 24, 48 and 72 hours after exposure to these insecticides. Acephate and chlorfenapyr killed 100% of the individuals of this parasitoid with these doses after 24, 48 and 72 hours. The mortality of *P. elaeisis* exposed to cartap and deltamethrin at their maximum doses was 15 and 38%, respectively, after 72 hours. For this reason, the effect of the insecticides on reproduction and ovary of *P. elaeisis* was evaluated. Deltamethrin at the dose of 100% reduced the parasitism rate of *P. elaeisis* in 30%, but had no effect on reproduction of this parasitoid. Cartap, even being a selective insecticide, inhibited parasitism of *P. elaeisis* at the doses of 50 and 100%, and caused the death of nurse cells of this parasitoid at the early development stage of its oocytes.

Acephate and chlorfenapyr were highly toxic to *P. elaeisis* and their use with this parasitoid should be avoided. Deltamethrin was selective and with low impact on reproduction of *P. elaeisis* and its use with this parasitoid is recommended. The cartap affects the reproduction of *P. elaeisis* and may limit the effectiveness of this parasitoid in the field.

INTRODUÇÃO GERAL

O algodoeiro (*Gossypium* spp.) é uma das culturas mais importantes para o homem, com área mundial estimada em 30,5 milhões de hectares, tendo o Brasil 817 mil hectares, representando a quinta área plantada no mundo (USDA 2010). Pragas podem prejudicar a produção do algodão, tornando necessária a utilização de inseticidas, o que onera a obtenção da fibra e de subprodutos do algodoeiro (Goodel 2009, Hopkins *et al* 2010).

Inseticidas de vários grupos químicos são recomendados para o controle de pragas no algodoeiro. O organofosforado acefato é utilizado no controle de besouros, lepidópteros, pulgões, tripes e outras pragas (Kerns & Stewart 2000, Faircloth *et al* 2002, Hari & Mahal 2008). Organofosforados inibem a enzima acetilcolinesterase nas sinapses nervosas, provocando a passagem contínua dos impulsos, o que leva a morte do inseto (Costa 2006). Inseticidas desse grupo químico possuem amplo espectro de ação contra insetos pragas, mas são pouco seletivos a organismos não-alvo (Bacci *et al* 2007, Cordero *et al* 2007).

O nereistoxin cartape, utilizado contra pragas em algodoeiro (Thomazoni *et al* 2009), é neurotóxico e bloqueia os receptores nicotínicos da acetilcolina nas membranas pós-sinápticas, o que leva a interrupção da transmissão nervosa e a morte do inseto (Nagata *et al* 1999, Lee *et al* 2003).

O pirazól clorfenapir, utilizado em algodoeiro contra lepidópteros e ácaros (Brickle *et al* 2001, Ahmad *et al* 2003, Herron *et al* 2004), atua como desacoplador mitocondrial impedindo a conversão de adenosina difosfato (ADP) em adenosina trifosfato (ATP). A célula cessa sua função na insuficiência de ATP e leva a morte do organismo (Black *et al* 1994).

O piretróide deltametrina é recomendado no Manejo Integrado de Pragas (MIP) em sistemas agrícolas (Suh *et al* 2000, Bacci *et al* 2009, Bayram *et al* 2010) como na cultura do algodão (Dubey 2007). A deltametrina afeta os canais de sódio (Na^+) na membrana dos axônios, o que diminui o potencial de ação de impulsos nervosos e leva ao colapso da condução axonal (Symington *et al* 2007). No entanto, problemas com resistência de pragas são frequentes com piretróides (Cao *et al* 2008, Abd El-Latif & Subrahmanyam 2010).

A avaliação do impacto de inseticidas em inimigos naturais é essencial para o sucesso do MIP (Desneux *et al* 2006, Naranjo & Ellsworth 2009). A toxicidade de inseticidas pode ser avaliada por aplicação tópica (Ruiz *et al* 2008), incorporação do inseticida ao alimento (Haseb *et al* 2004) e utilização de resíduos em substratos artificiais ou foliares (Mafi & Ohbayashi 2006, Ballal *et al* 2009). Essa última técnica é mais apropriada para parasitóides, pois estes andam, frequentemente, pela folha a procura de hospedeiro, alimento, acasalamento e descanso (Williams III & Price 2004).

Produtos utilizados no MIP devem ser seletivos a inimigos naturais (Wilson 2000). A mortalidade é, frequentemente, utilizada para se determinar a seletividade de inseticidas a inimigos naturais. No entanto, isto é insuficiente, pois doses subletais desses produtos, também, podem afetar o desempenho desses insetos (Vianna *et al* 2009). Assim, o potencial reprodutivo e o comportamento podem ser utilizados para se avaliar o desempenho de parasitóides expostos a inseticidas (Desneux *et al* 2007). Inseticidas podem afetar o ovário e reduzir a reprodução de insetos (Antunes *et al* 2000). Desintegração do epitélio folicular e das células nutridoras, vacuolização do germário, camada folicular picnótica desigual e ooplasma vacuolizado foram relatados para insetos expostos a inseticidas (Ambrose 2001).

A implantação de variedades de plantas geneticamente modificadas e o controle biológico podem reduzir o uso de inseticidas químicos no algodoeiro (Stewart *et al* 2001, Huang *et al* 2003, Li *et al* 2007).

O endoparasitóide de pupas de lepidópteros e coleópteros, *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) (Delvare & LaSalle 1993), foi relatado em Minas Gerais parasitando pupas de lepidópteros em *Eucalyptus cloeziana* F. Muell e *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake (Myrtaceae) (Pereira *et al* 2008). Esse parasitóide se reproduz em pragas do algodoeiro como *Alabama argillacea* (Hübner) e *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em laboratório (Pereira *et al* 2008). Além disso, *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) pode ser hospedeiro alternativo para esse parasitóide (Zanuncio *et al* 2008). O hábito generalista e a criação massal no hospedeiro alternativo *T. molitor* em laboratório mostram o potencial de *P. elaeisis* para o controle biológico de lepidópteros no algodoeiro.

Insetos, mesmo não ocorrendo em determinada cultura, podem ser utilizados como modelo para se predizer efeitos do impacto da ação residual de inseticidas na biologia de parasitóides (Vianna *et al* 2009). *Tenebrio molitor* é criado em laboratório e *P. elaeisis* apresenta bom desempenho com esse hospedeiro (Zanuncio *et al* 2008). Assim, efeitos dos inseticidas na reprodução de *P. elaeieis*, em *T. molitor*, poderiam ser semelhantes ao que ocorreria com a utilização de lepidópteros do algodoeiro.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a mortalidade, reprodução e impacto no ovário de fêmeas de *P. elaeisis* após exposição aos inseticidas acefato, cartape, clorfenapir e deltametrina, recomendados para o controle de pragas na cultura do algodão.

A introdução e os capítulos desta dissertação estão de acordo com as normas da revista científica Neotropical Entomology com adaptações para as “Normas de Redação de Teses e Dissertações” da Universidade Federal de Viçosa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abd El-Latif A O, Subrahmanyam B (2010) Pyrethroid resistance and esterase activity in three strains of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hubner). Pestic Biochem Physiol 96: 155-159.
- Ahmad M, Arif M I, Ahmad Z (2003) Susceptibility of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) to new chemistries in Pakistan. Crop Protec 22: 539-544.
- Ambrose D P (2001) Friendly insecticides to conserve beneficial insects. Zoo's Print Jour 16: 561-572.
- Antunes E C, Guedes R N C, Della-Lucia T M C, Serrão J E (2000) Sub-lethal effects of abamectin suppressing colonies of the leaf-cutting ant *Acromyrmex subterraneus subterraneus*. Pest Manag Sci 56: 1059-1064.
- Bacci L, Crespo A L B, Galvan T L, Pereira E J G, Picanço M C, Silva G A, Chediak M (2007) Toxicity of insecticides to the sweet potato whitefly (Hemiptera: Aleyrodidae) and its natural enemies. Pest Manag Sci 63: 699-706.
- Bacci L, Picanço M C, Rosado J F, Silva G A, Crespo A L B, Pereira E J G, Martins J C (2009) Conservation of natural enemies in brassica crops: comparative selectivity of insecticides in the management of *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aphididae). Appl Entomol Zool 44: 103-113.
- Ballal C R, Srinivasan R, Jalali S K (2009) Evaluation of an endosulfan tolerant strain of *Trichogramma chilonis* on cotton. BioControl 54: 723-732.

- Bayram A, Salerno G, Onofri A, Conti E (2010) Sub-lethal effects of two pyrethroids on biological parameters and behavioral responses to host cues in the egg parasitoid *Telenomus busseolae*. *Biol Control* 53: 153-160.
- Black B C, Hollingsworth R M, Ahammadsahib K I, Kukel C D, Donovan S (1994) Insecticidal action and mitochondrial uncoupling activity of AC-303,630 and related halogenated pyrroles. *Pestic Biochem Physiol* 50: 115-128.
- Brickle D S, Turnipseed S G, Sullivan M J (2001) Efficacy of insecticides of different chemistries against *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) in transgenic *Bacillus thuringiensis* and conventional cotton. *J Econ Entomol* 94: 86-92.
- Cao C W, Zhang J, Gao X W, Liang P, Guo H L (2008) Differential mRNA expression levels and gene sequences of carboxylesterase in both deltamethrin resistant and susceptible strains of the cotton aphid, *Aphis gossypii*. *Ins Sci* 15: 209-216.
- Cordero R J, Bloomquist J R, Kuhar T P (2007) Susceptibility of two diamondback moth parasitoids, *Diadegma insulare* (Cresson) (Hymenoptera; Ichneumonidae) and *Oomyzus sokolowskii* (Kurdjumov) (Hymenoptera; Eulophidae), to selected commercial insecticides. *Biol Control* 42: 48-54.
- Costa L G (2006) Current issues in organophosphate toxicology. *Clin Chim Acta* 366: 1-13.
- Delvare G, LaSalle J (1993) A new genus of *Tetrastichinae* (Hymenoptera: Eulophidae) from the Neotropical region, with the description of a new species parasitic on key pests of oil palm. *J Nat Hist* 27: 435-444.

- Desneux N, Denoyelle R, Kaiser L (2006) A multi-step bioassay to assess the effect of the deltamethrin on the parasitic wasp *Aphidius ervi*. *Chemosphere* 65: 1697-1706.
- Desneux N, Decourtye A, Delpuech J M (2007) The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Ann Rev Entomol* 52: 81-106.
- Dubey M N (2007) Use of biopesticide in controlling bollworms in cotton. *Int J Agric Stat Sci* 3: 65-67.
- Faircloth J C, Bradley J R, Van Duyn J W (2002) Effect of insecticide treatments and environmental factors on thrips populations, plant growth and yield of cotton. *J Ent Sci* 37: 308-316.
- Goodell P B (2009) Fifty years of the integrated control concept: the role of landscape ecology in IPM in San Joaquin valley cotton. *Pest Manag Sci* 65: 1293-1297.
- Haseeb M, Liu T X, Jones W A (2004) Effects of selected insecticides on *Cotesia plutellae*, endoparasitoid of *Plutella xylostella*. *BioControl* 49: 33-46.
- Hari N S, Mahal M S (2008) Insecticide induced hormoligosis in *Helicoverpa armigera* on cotton (*Gossypium hirsutum*). *Indian J Agric Sci* 78: 873-876.
- Herron G A, Rophail J, Wilson L J (2004) Chlorfenapyr resistance in two-spotted spider mite (Acari : Tetranychidae) from Australian cotton. *Exp Appl Acarol* 34: 315-321.
- Hopkins B W, Knutson A E, Bernal J S, Treacy M F, Smith C W (2010) Species composition, damage potential, and insecticide susceptibility of stink bugs in cotton in the Lower Gulf Coast Region of Texas. *Southwest Entomol* 35: 19-32.

- Huang J K, Hu R F, Pray C, Qiao F, Rozelle S (2003) Biotechnology as an alternative to chemical pesticides: a case study of *Bt* cotton in China. *Agric Econ* 29: 55-67.
- Kerns D L, Stewart S D (2000) Sublethal effects of insecticides on the intrinsic rate of increase of cotton aphid. *Entomol Exp Appl* 94: 41-49.
- Lee S J, Tomizawa M, Casida J E (2003) Nereistoxin and cartap neurotoxicity attributable to direct block of the insect nicotinic receptor/channel. *J Agric Food Chem* 51: 2646-2652.
- Li Y X, Greenberg S M, Liu T X (2007) Effect of *Bt* cotton expressing Cry1Ac and Cry2Ab, non-*Bt* cotton and starvation on survival and development of *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae). *Pest Manag Sci* 63: 476-482.
- Mafi S A, Ohbayashi N (2006) Toxicity of insecticides to the citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella*, and its parasitoids, *Chrysocharis pentheus* and *Sympiesis striatipes* (Hymenoptera: Eulophidae). *Appl Entomol Zool* 41: 33-39.
- Nagata K, Ikeda T, Shono T (1999) Voltage-dependent modulation of the neuronal nicotinic acetylcholine receptor-channel by cartap. *Pestic Sci* 55: 452-456.
- Naranjo S E, Ellsworth P C (2009) The contribution of conservation biological control to integrated control of *Bemisia tabaci* in cotton. *Biol Control* 51: 458-470.
- Pereira F F, Zanuncio T V, Zanuncio J C, Pratissoli D, Tavares M T (2008) Species of lepidoptera defoliators of eucalyptus as new host for the parasitoid *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae). *Braz Arch Biol Tech* 51: 259-262.

- Ruiz L, Flores S, Cancino J, Arredondo J, Valle J, Díaz-Fleischer F, Williams T (2008) Lethal and sublethal effects of spinosad-based GF-120 bait on the tephritid parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae). *Biol Control* 44: 296-304.
- Symington S B, Frisbie R K, Lu K D, Clark M (2007) Action of cismethrin and deltamethrin on functional attributes of isolated presynaptic nerve terminals from rat brain. *Pest Biochem Physiol* 87: 172-181.
- Stewart S D, Adamczyk Jr. J J, Knighte K S, Davi F M (2001) Impact of *Bt* cottons expressing one or two insecticidal proteins of *Bacillus thuringiensis* Berliner on growth and survival of Noctuid (Lepidoptera) larvae. *J Econ Entomol* 94: 752-760.
- Suh C P C, Orr D B, Duyn J W V (2000) Effect of insecticides on *Trichogramma exiguum* (Trichogrammatidae: Hymenoptera) preimaginal development and adult survival. *J Econ Entomol* 93: 577-583.
- Thomazoni D, Soria M F, Kodama C, Carbonari V, Fortunato R P, Degrande P E, Valter V A (2009) Selectivity of insecticides for adult workers of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). *Rev Colomb Entomol* 35: 173-176.
- USDA (United States Department of Agriculture) (2010). In Cotton: world markets and trade. 2010. p. 26.
- Vianna U R, Pratisoli D, Zanuncio J C, Lima E R, Brunner J, Pereira F F, Serrão J E (2009) Insecticide toxicity to *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) females and effect on descendant generation. *Ecotoxicology* 18: 180-186.
- Wilson C (2000) Environmental and human costs of commercial agricultural production in South Asia. *Int J Soc Econ* 27: 816-846.

Williams III L, Price L D (2004) A space-efficient contact toxicity bioassay for minute Hymenoptera, used to test the effects of novel and conventional insecticides on the egg parasitoids *Anaphes iole* and *Trichogramma pretiosum*. *BioControl* 49: 163-185.

Zanuncio J C, Pereira F F, Jacques G C, Tavares M T, Serrão J E (2008) *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae), a new alternative host to rear the pupae parasitoid *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae). *Coleop Bull* 62: 64-66.

CAPÍTULO I

EFEITO LETAL DE INSETICIDAS RECOMENDADOS PARA A CULTURA DO

ALGODÃO AO PARASITÓIDE DE PUPAS *Palmistichus elaeisis*

(HYMENOPTERA: EULOPHIDAE)

Efeito letal de inseticidas recomendados para a cultura do algodão ao parasitóide de pupas *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae)

RESUMO - *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae), por ser generalista e facilmente criado no hospedeiro alternativo *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae), tem potencial para o controle biológico de lepidópteros pragas em algodoeiro. O objetivo da pesquisa foi avaliar a seletividade dos inseticidas acefato, cartape, clorfenapir e deltametrina, utilizados para o controle de pragas no algodoeiro, a *P. elaeisis*. Fêmeas adultas desse parasitóide foram expostas a folhas de algodoeiro tratadas com esses inseticidas nas doses de 1, 10, 25, 50, 75 e 100% da recomendada para campo, enquanto, o controle teve, apenas, água destilada. A mortalidade foi avaliada após 24, 48 e 72 horas de exposição. Acefato e clorfenapir mataram 100% dos indivíduos de *P. elaeisis* após 72 horas, exceto na dose de 1% desses inseticidas, cuja mortalidade foi de 26,67 e 83,33%, respectivamente. A mortalidade de *P. elaeisis* após 72 horas de exposição ao cartape e a deltametrina foi, no máximo, de 15 e 38,33%, respectivamente, mostrando a seletividade desses inseticidas a *P. elaeisis*.

Palavras-chave: lepidópteros pragas, Manejo Integrado de Pragas, endoparasitóide, seletividade.

**Lethal effect of recommended insecticides for cotton plantations on the pupae
parasitoid *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae)**

ABSTRACT – The *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae), for being generalist and easily reared within the alternative host *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae), has potential for biological control of lepidopteran pests in cotton. The objective of this research was to evaluate the selectivity of the insecticides acephate, cartap, chlorfenapyr and deltamethrin, used against cotton pests, on *P. elaeisis*. Adult females of this parasitoid were exposed to cotton leaves treated with these insecticides at the doses of 1, 10, 25, 50, 75 and 100% of those recommended in the field, while the control consisted only of distilled water. Mortality was assessed after 24, 48 and 72 hours of exposure. Acephate and chlorfenapyr killed 100% of the individuals of *P. elaeisis* after 72 hours, except for the dose of 1% of these insecticides, which mortality was 26.67 and 83.33% respectively. The mortality of *P. elaeisis* after 72 hours of exposure to deltamethrin or cartap reached 15 and 38.33% respectively, evidencing the selectivity of these insecticides to the parasitoid *P. elaeisis*.

Keywords: lepidopteran pests, Integrated Pest Management, endoparasitoid, selectivity.

INTRODUÇÃO

Lepidópteros fazem parte do complexo de pragas do algodoeiro em várias partes do mundo. Lagartas de *Alabama argillacea* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) (Gino-Fernandes *et al* 2007, Santos *et al* 2008), *Heliothis virescens* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae) (Adamczyk & Hubbard 2006, Blanco *et al* 2007) e *Pectinophora gossypiella* (Saunders) (Lepidoptera: Gelechiidae) (Henneberry & Jech 2000, Liu *et al* 2009) são as principais pragas desse grupo. *Spodoptera* spp. (Lepidoptera: Noctuidae) preocupam, principalmente, em algodoeiro geneticamente modificado expressando a δ -endotoxina do *Bacillus thuringiensis* pela sua menor susceptibilidade a essa toxina (Chitkowski *et al* 2003, Torres *et al* 2006).

O controle químico é o principal método para suprimir pragas na cultura do algodão, mas pode afetar inimigos naturais (Grundy 2007). O organofosforado acefato, utilizado em algodoeiro contra besouros, lepidópteros, pulgões, tripses e outras pragas (Elzen *et al* 1999, Kerns & Stewart 2000, Faircloth *et al* 2002, Hari & Mahal 2008), é neurotóxico e possui amplo espectro contra pragas e diferentes níveis de seletividade a inimigos naturais (Rebek & Sadof 2003, Bacci *et al* 2009a, Preetha *et al* 2009). O nereistoxin cartape, utilizado contra pragas do algodoeiro (Thomazoni *et al* 2009), foi seletivo a vespas predadoras de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) (Bacci *et al* 2009b) mas não a inimigos naturais de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) (Bacci *et al* 2007). O pirazól clorfenapir é utilizado em algodoeiro contra lepidópteros e ácaros (Brickle *et al* 2001, Ahmad *et al* 2003), mas esse inseticida mostrou alta toxicidade aos predadores *Orius insidiosus* (Say) (Hemiptera: Anthocoridae) e *Geocoris punctipes* (Say) (Hemiptera: Lygaeidae), inimigos naturais na cultura do algodão (Elzen 2001). O piretróide

deltametrina, recomendado para a cultura do algodão (Dubey 2007), tem sido utilizado em sistemas agrícolas por apresentar baixa toxicidade a mamíferos e seletividade a inimigos naturais (Zanuncio *et al* 1998, Desneux *et al* 2004, Bacci *et al* 2009c).

O Manejo Integrado de Pragas (MIP) preconiza a integração de métodos menos agressivos ao meio ambiente como variedades geneticamente modificadas e o controle biológico (Hardin *et al* 1995, Wilson 2000, Stewart *et al* 2001, Li *et al* 2007). O endoparasitóide gregário de pupas de lepidópteros e coleópteros, *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) apresenta potencial para o controle biológico de lepidópteros em algodoeiro por ter hábito generalista e facilidade de criação em larga escala no hospedeiro alternativo *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) (Pereira *et al* 2008, Zanuncio *et al* 2008).

Inseticidas seletivos a inimigos naturais são essenciais para o MIP (Desneux *et al* 2006), pois a mortalidade desses organismos pode inviabilizar a integração desses produtos com o controle biológico no algodoeiro (Prabhaker *et al* 2007, Naranjo & Ellsworth 2009). Por isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a seletividade dos inseticidas acefato, cartape, clorfenapir e deltametrina, utilizados no controle de pragas do algodoeiro, ao parasitóide de pupas *P. elaeisis*.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no laboratório de Controle Biológico de Insetos da Universidade Federal de Viçosa (UFV) em Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

Os inseticidas acefato, cartape, clorfenapir e deltametrina, registrados para o controle de pragas na cultura do algodão no Brasil (Tabela 1) (Agrofit 2009), foram

utilizados na dose máxima recomendada para campo (100%) (Tabela 2) e em subdoses que corresponderam a 75, 50, 25, 10 e 1% da mesma (Grundy 2007).

O hospedeiro alternativo *T. molitor* foi obtido do Laboratório de Controle Biológico de Insetos da UFV.

Criação de *Palmistichus elaeisis*

Palmistichus elaeisis foi criado com pupas de *T. molitor* de, até, 24 horas de idade, individualizadas em tubos de vidro (14 × 2,2 cm). Cada pupa foi exposta por 24 horas a seis fêmeas acasaladas de *P. elaeisis* com 72 horas de idade (Pereira *et al* 2008). Fêmeas de *P. elaeisis* apresentam maior comprimento de corpo, largura de cápsula cefálica e abdômen que os machos dessa espécie (Delvare & LaSalle 1993). Gotículas de uma solução aquosa de mel a 50% foram colocadas na parede interna dos tubos para alimentação dos parasitóides. Esses tubos foram fechados com algodão hidrofílico e mantidos em sala climatizada a $22 \pm 2^\circ\text{C}$, $75 \pm 5\%$ UR e fotoperíodo de 12 horas.

Mortalidade de *Palmistichus elaeisis*

Folhas de algodoeiro, tratadas com os inseticidas, foram utilizadas para se manter a interação parasitóide-inseticida-folha, que simula a forma de exposição de parasitóides no campo (Williams III & Price 2004).

Uma superfície plana de papel de jornal (50 × 50 cm) foi utilizada em um teste em branco com um pulverizador manual contendo água destilada e espalhante adesivo (10 µL do espalhante Wil Fix /100 mL de água) para se calcular as concentrações da calda de cada inseticida. O teste em branco foi realizado três vezes para confirmar o volume de água necessário para cobrir a superfície demarcada. As

recomendações por hectare dos inseticidas (dose máxima) (Tabela 2) foram convertidas para a área de 50 × 50 cm e utilizadas com o volume de 6 mL de água depositados sobre essa área no teste em branco. A proporção estabelecida entre a quantidade de cada inseticida para a dose máxima (100%) e o volume de 6 mL de água para a superfície de 50 × 50 cm foi utilizada para um volume 100 mL de calda colocado no pulverizador. As subdoses de 75, 50, 10 e 1% utilizadas no experimento, foram realizadas reduzindo-se a quantidade recomendada de cada inseticida (dose máxima) na calda em 25, 50, 90 e 99%, respectivamente. Água destilada foi utilizada no controle. Espalhante adesivo Wil Fix na concentração de 10 µL/100 mL foi utilizado em todos os tratamentos e no controle (Tabela 2). Os inseticidas acefato e cartape foram aferidos com balança de precisão e os inseticidas clorfenapir, deltametrina e o espalhante adesivo com uma micropipeta.

As caldas de cada inseticida, na dose e subdoses, e a do controle, foram pulverizadas sobre ambas as faces das folhas de algodoeiro (Jones *et al* 1998, Tran *et al* 2004) em uma mesma superfície plana de 50 × 50 cm com papel como utilizado no teste em branco. O papel foi trocado após cada pulverização. As folhas foram deixadas para secar por duas horas à sombra (Bacci *et al* 2007). Um chumaço de algodão foi enrolado no pecíolo de cada folha após a secagem e umedecido com água destilada para retardar a desidratação. As folhas foram acondicionadas em placas de Petri (9,0 cm de diâmetro) com dez fêmeas adultas de *P. elaeisis* (Prabhaker *et al* 2007) de, até, 24 horas de idade, por placa. As placas de Petri foram cobertas por uma camada dupla de filme plástico PVC, perfurada com alfinete, para facilitar o escape dos gases da evaporação dos inseticidas e evitar a condensação de água no interior das placas pela transpiração das folhas (Williams III & Price 2004). Gotículas de mel a 50% (mel + água destilada) foram colocadas no lado interior do

filme plástico com uma seringa para alimentar os parasitóides. O pistão da seringa foi, levemente, pressionado formando uma gotícula da solução de mel na ponta da agulha que, quando retirada, permanecia no lado interior do filme plástico.

As placas permaneceram por 72 horas em câmaras climatizadas (BOD) a temperatura de $25 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 5\%$ e fotoperíodo de 12 horas. A unidade experimental foi constituída por uma placa de Petri com 10 fêmeas de *P. elaeisis* e uma folha de algodoeiro tratada com inseticida. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 4×6 (inseticidas \times doses) com 24 tratamentos com seis repetições.

A mortalidade de *P. elaeisis* foi avaliada após 24, 48 e 72 horas da exposição às folhas de algodão tratadas com os inseticidas (Cordero *et al* 2007). Parasitóides incapazes de reagir a um toque sutil com o lado de um alfinete, no momento da avaliação, foram considerados mortos após cinco minutos de observação.

Os tratamentos foram comparados pelo teste Fisher-LSD a 5% de significância. A mortalidade nos tratamentos com inseticidas foi corrigida com a do controle pela fórmula de Abbott (1925).

RESULTADOS

A mortalidade de *P. elaeisis* variou com os inseticidas e doses nos tempos de 24, 48 e 72 horas e, por isso, o efeito dos inseticidas foi estudado por dose e das doses por inseticida (Tabelas 3, 4 e 5).

O acefato foi, altamente, tóxico a *P. elaeisis* nas doses de 10 a 100% da recomendada para campo (Tabelas 3, 4 e 5), mas a mortalidade desse parasitóide foi baixa na de 1% com variação de 1,67 a 26,66% entre 24 e 72 horas de exposição (Tabelas 3 e 5).

O cartape foi mais seletivo para *P. elaeisis* em todas as doses (Tabelas 3, 4 e 5) com mortalidade de, no máximo, 3,33, 5,00 e 15,00% na recomendada para campo (100%) após 24, 48 e 72 horas, respectivamente (Tabelas 3, 4 e 5). A mortalidade de *P. elaeisis* aumentou com as doses desse inseticida somente, após 72 horas de exposição (Tabela 5).

O clorfenapir foi altamente tóxico a *P. elaeisis* em todas as doses (Tabelas 3, 4 e 5) com mortalidade de 100% na maioria daquelas testadas nos três tempos de exposição (Tabelas 3, 4 e 5). A mortalidade de *P. elaeisis*, exposto a 1% de clorfenapir durante 48 e 72 horas, foi 2,1 e 3,6 vezes maior que a registrada após 24 horas de exposição, respectivamente (Tabelas 3, 4 e 5).

A deltametrina foi o segundo inseticida mais seletivo a *P. elaeisis* com mortalidade semelhante a do cartape nas doses de 1, 10 e 25% porém maior nas de 75 e 100% nos três tempos de avaliação (Tabelas 3, 4 e 5). A deltametrina foi mais seletiva a *P. elaeisis* nas doses de 1, 10 e 25%, mas matou 33,33 a 38,33% dos parasitóides expostos a 100% da dose recomendada desse inseticida entre 24 e 72 horas (Tabelas 3, 4 e 5).

DISCUSSÃO

A determinação da seletividade de inseticidas a inimigos naturais é importante para o MIP em sistemas agrícolas para compatibilizar o uso do controle biológico com o químico (Desneux *et al* 2006, Grundy 2007). Taxas altas de mortalidade de inimigos naturais expostos a inseticidas podem reduzir o controle biológico e inviabilizar o manejo ecológico do ambiente agrícola (Wilson 2000).

A mortalidade do parasitóide *P. elaeisis* em maior ou menor grau pelos inseticidas acefato, cartape, clorfenapir e deltametrina deve-se ao fato desses

químicos possuem sítios enzimáticos de ação diferentes no organismo de insetos com níveis distintos de envenenamento (Black *et al* 1994, Nagata *et al* 1999, Symington *et al* 2007).

A alta mortalidade de *P. elaeisis* com acefato corrobora resultados para o parasitóide de larvas e pupas de *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae), *Oomyzus sokolowskii* (Kurdjumov) (Hymenoptera: Eulophidae), exposto a esse inseticida (Cordero *et al* 2007). O acefato foi, também, altamente tóxico aos predadores *Acanthinus* sp. (Coleoptera: Anthicidae) *Lasiochilus* sp. (Heteroptera: Anthocoridae) e ao parasitóide *Encarsia* sp. (Hymenoptera: Aphelinidae) com 100 e 50% da dose recomendada para o controle de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) em brássicas com mortalidades acima de 90% (Bacci *et al* 2007). Inseticidas organofosforados como acefato apresentam amplo espectro de ação contra insetos, sendo, na maioria dos casos, pouco seletivos a inimigos naturais (Elzen *et al* 2000, Youssef *et al* 2004, Ulmer *et al* 2006).

A baixa toxicidade do inseticida cartape concorda com a relatada para as vespas predadoras *Brachygastra lecheguana* Latreille e *Protonectarina sylveirae* (Saussure) (Hymenoptera: Vespidae) (Bacci *et al* 2009c). No entanto, esse inseticida mostrou alta toxicidade aos parasitóides *Trichogramma dendrolimi* (Matsumura) (Hymenoptera: Trichogrammatidae) e *Diadegma semiclausum* (Hellén) (Hymenoptera: Ichneumonidae) (Haseeb *et al* 2000, Takada *et al* 2001). Diferenças de seletividade podem ser devido à espessura e composição química da cutícula do inseto, o que acarreta variações na taxa de penetração do produto no integumento do mesmo (Leite *et al* 1998). Quanto mais lipofílico for o inseticida e mais tênue a cutícula, maior a taxa de penetração do produto no integumento do inseto (Bacci *et al*

2009a). Além disso, enzimas detoxificantes (Xianchun *et al* 2007, Yamamoto *et al* 2010) podem ter aumentado a seletividade de cartape a *P. elaeisis*.

A alta toxicidade do clorfenapir a *P. elaeisis* concorda com a elevada mortalidade de *Trichogramma* nr. *brassicae* Bezdenko (Hymenoptera: Trichogrammatidae) exposto a resíduos desse inseticida (Hewa-Kapuge *et al* 2003). Clorfenapir é um pró-inseticida ativado por oxidases no organismo do inseto e funciona como desacoplador mitocondrial (Black *et al* 1994). Mecanismos de detoxificação em insetos podem ser mediados por oxidases (Ahmad *et al* 2003, Martin *et al* 2003, Shimada *et al* 2005, N'Guessan *et al* 2007) e a ativação desses mecanismos pode ter aumentado o impacto de clorfenapir no organismo de *P. elaeisis*, e explicar a maior mortalidade desse inimigo natural que com acefato a 1%.

A moderada seletividade de deltametrina a *P. elaeisis* pode estar relacionada a uma relativa insensibilidade no sitio de ação desse inseticida (Carletto *et al* 2010). Além disso, mecanismos de detoxificação podem aumentar a tolerância de insetos a piretróides (Martin *et al* 2003, Shimada *et al* 2005, N'Guessan *et al* 2007).

CONCLUSÕES

Os inseticidas cartape e deltametrina foram seletivos e, por isso, podem ser utilizados no Manejo Integrado de Pragas do algodoeiro com o parasitóide *P. elaeisis*. Os inseticidas acefato e clorfenapir na cultura do algodão não devem ser recomendados com *P. elaeisis*, por não serem seletivos a esse parasitóide.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbott W S (1925) A method for computing the effectiveness of an insecticide. *J Econ Entomol* 18: 265-267.
- Adamczyk Jr. J, Hubbard D (2006) Changes in populations of *Heliothis virescens* (F.) (Lepidoptera: Noctuidae) and *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) in the Mississippi Delta from 1986 to 2005 as indicated by adult male pheromone traps. *J Cot Sci* 10: 155-160.
- Agrofit (2009) Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons.> Acessado em: 02/2009.
- Ahmad M, Arif M I, Ahmad Z (2003) Susceptibility of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) to new chemistries in Pakistan. *Crop Prot* 22: 539-544.
- Bacci L, Picanco M C, da Silva E M, Martins J C, Chediak M, Sena M E (2009a) Insecticide physiological selectivity to natural enemies of *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) in Brassicae. *Ciênc Agrotec* 33: 2045-2051.
- Bacci L, Crespo A L B, Galvan T L, Pereira E J G, Picanço M C, Silva G A, Chediak M (2007) Toxicity of insecticides to the sweet potato whitefly (Hemiptera: Aleyrodidae) and its natural enemies. *Pest Manag Sci* 63: 699-706.

- Bacci L, Picanco M C, Barros E C, Rosado J F, Silva G A, Silva V F, Silva N R (2009b) Physiological selectivity of insecticides to wasps (Hymenoptera: Vespidae) preying on the diamondback moth. *Sociobiology* 53: 151-167.
- Bacci L, Picanço M C, Rosado J F, Silva G A, Crespo A L B, Pereira E J G, Martins J C (2009c) Conservation of natural enemies in brassica crops: comparative selectivity of insecticides in the management of *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aphididae). *Appl Entomol Zool* 44: 103-113.
- Black B C, Hollingsworth R M, Ahammadsahib K I, Kukel C D, Donovan S (1994) Insecticidal action and mitochondrial uncoupling activity of AC-303,630 and related halogenated pyrroles. *Pest Biochem Physiol* 50: 115-128.
- Blanco C A, Terán-Vargas A P, López Jr. J D, Kauffman J V, Wei X (2007) Densities of *Heliothis virescens* and *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) in three plant hosts. *Florida Entomol* 90: 742-750.
- Brickle D S, Turnipseed S G, Sullivan M J (2001) Efficacy of insecticides of different chemistries against *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) in transgenic *Bacillus thuringiensis* and conventional cotton. *J Econ Entomol* 94: 86-92.
- Carletto J, Martin T, Vanlerberghe-Masutti F, Brevault T (2010) Insecticide resistance traits differ among and within host races in *Aphis gossypii*. *Pest Manag Sci* 66: 301-307.
- Chitkowski R L, Turnipseed S G, Sullivan M J, Bridges Jr. W C (2003) Field and laboratory evaluations of transgenic cottons expressing one or two *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* Berliner proteins for management of noctuid (Lepidoptera) pests. *J Econ Entomol* 96: 755-762.

- Cordero R J, Bloomquist J R, Kuhar T P (2007) Susceptibility of two diamondback moth parasitoids, *Diadegma insulare* (Cresson) (Hymenoptera; Ichneumonidae) and *Oomyzus sokolowskii* (Kurdjumov) (Hymenoptera; Eulophidae), to selected commercial insecticides. *Biol Control* 42: 48-54.
- Delvare G, LaSalle J (1993) A new genus of *Tetrastichinae* (Hymenoptera: Eulophidae) from the Neotropical region, with the description of a new species parasitic on key pests of oil palm. *J Nat Hist* 27: 435-444.
- Desneux N, Denoyelle R, Kaiser L (2006) A multi-step bioassay to assess the effect of the deltamethrin on the parasitic wasp *Aphidius ervi*. *Chemosphere* 65: 1697-1706.
- Desneux N, Wajnberg E, Fauvergue X, Privet S, Kaiser L (2004) Oviposition behaviour and patch-time allocation in two aphid parasitoids exposed to deltamethrin residues. *Entomol Exp Appl* 112: 227-235.
- Dubey M N (2007) Use of biopesticide in controlling bollworms in cotton. *Int J Agric Stat Sci* 3: 65-67.
- Elzen G W (2001) Lethal and sublethal effects of insecticide residues on *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) and *Geocoris punctipes* (Hemiptera: Lygaeidae). *J Econ Entomol* 94: 55-59.
- Elzen G W, Maldonado S N, Rojas M G (2000) Lethal and sublethal effects of selected insecticides and an insect growth regulator on the boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) ectoparasitoid *Catolaccus grandis* (Hymenoptera: Pteromalidae). *J Econ Entomol* 93: 300-303.
- Elzen G W, Rojas M G, Elzen P J, King E G, Barcenas N M (1999) Toxicological responses of the boll weevil (Coleoptera : Curculionidae) ectoparasitoid

- Catolaccus grandis* (Hymenoptera: Pteromalidae) to selected insecticides. J Econ Entomol 92: 309-313.
- Faircloth J C, Bradley J R, Van Duyn J W (2002) Effect of insecticide treatments and environmental factors on thrips populations, plant growth and yield of cotton. J Entomol Sci 37: 308-316.
- Gino-Fernandes M, Moreira M A S, Degrande P E, Cubas A C, Silva A M (2007) Vertical distribution, population density, and natural egg parasitism of cotton leafworm on cotton under IPM. Rev Colomb Entomol 33: 27-30.
- Grundy P R (2007) Utilizing the assassin bug, *Pristhesancus plagipennis* (Hemiptera: Reduviidae), as a biological control agent within an integrated pest management programme for *Helicoverpa* spp. (Lepidoptera: Noctuidae) and *Creontiades* spp. (Hemiptera: Miridae) in cotton. Bull Entomol Res 97: 281-290.
- Hardin M R, Benrey B, Coll M, Lamp W O, Roderick G K, Barbosa P (1995) Arthropod pest resurgence: an overview of potential mechanisms. Crop Protec 14: 3-18.
- Hari N S, Mahal M S (2008) Insecticide induced hormoligosis in *Helicoverpa armigera* on cotton (*Gossypium hirsutum*). Indian J Agric Sci 78: 873-876.
- Haseeb M, Amano H, Nemoto H (2000) Pesticidal effects on mortality and parasitism rates of *Diadegma semiclausum*, a parasitoid of the diamondback moth. BioControl 45: 165-178.
- Henneberry T J, Jech L F (2000) Seasonal pink bollworm, *Pectinophora gossypiella* (Saunders), infestations of transgenic and non-transgenic cottons. Southwest Entomol 25: 273-286.

- Hewa-Kapuge S, McDougall S, Hoffmann A A (2003) Effects of methoxyfenozide, indoxacarb, and other insecticides on the beneficial egg parasitoid *Trichogramma nr. brassicae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) under laboratory and field conditions. *J Econ Entomol* 96: 1083-1090.
- Jones W A, Ciomperlik M A, Wolfenbarger D A (1998) Lethal and sublethal effects of insecticides on two parasitoids attacking *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). *Biol Control* 11: 70-76.
- Kerns D L, Stewart S D (2000) Sublethal effects of insecticides on the intrinsic rate of increase of cotton aphid. *Entomol Exp Appl* 94: 41-49.
- Leite G L D, Picanço M C, Guedes R N C, Gusmao M R (1998) Selectivity of insecticides with and without mineral oil to *Brachygastra lecheguana* (Hymenoptera: Vespidae), a predator of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Ceiba* 39: 191-194.
- Li Y X, Greenberg S M, Liu T X (2007) Effect of *Bt* cotton expressing Cry1Ac and Cry2Ab, non-*Bt* cotton and starvation on survival and development of *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae). *Pest Manag Sci* 63: 476-482.
- Liu Y D, Wu K M, Guo Y Y (2009) Population structure and introduction history of the pink bollworm, *Pectinophora gossypiella*, in China. *Entomol Exp Appl* 130: 160-172.
- Martin T, Ochoa O G, Vaissayre M, Fournier D (2003) Oxidases responsible for resistance to pyrethroids sensitize *Helicoverpa armigera* (Hubner) to triazophos in West Africa. *Ins Biochem Molec Biol* 33: 883-887.
- N'Guessan R, Boko P, Odjo A, Akogbéto M, Yates A, Rowland M (2007) Chlorfenapyr: a pyrrole insecticide for the control of pyrethroid or DDT

- resistant *Anopheles gambiae* (Diptera: Culicidae) mosquitoes. *Acta Tropica* 102: 69-78.
- Nagata K, Ikeda T, Shono T (1999) Voltage-dependent modulation of the neuronal nicotinic acetylcholine receptor-channel by cartap. *Pestic Sci* 55: 452-456.
- Naranjo S E, Ellsworth P C (2009) The contribution of conservation biological control to integrated control of *Bemisia tabaci* in cotton. *Biol Control* 51: 458-470.
- Pereira F F, Zanuncio T V, Zanuncio J C, Pratisoli D, Tavares M T (2008) Species of Lepidoptera defoliators of eucalyptus as new host for the parasitoid *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae). *Braz Arch Biol Technol* 51: 259-262.
- Prabhaker N, Morse J G, Castle S J, Naranjo S E, Henneberry T J, Toscano N C (2007) Toxicity of seven foliar insecticides to four insect parasitoids attacking citrus and cotton pests. *J Econ Entomol* 100: 1053-1061.
- Preetha G, Stanley J, Suresh S, Kuttalam S, Samiyappan R (2009) Toxicity of selected insecticides to *Trichogramma chilonis*: assessing their safety in the rice ecosystem. *Phytoparasitica* 37: 209-215.
- Rebek E J, Sadof C S (2003) Effects of pesticide applications on the euonymus scale (Homoptera: Diaspididae) and its parasitoid, *Encarsia citrina* (Hymenoptera: Aphelinidae). *J Econ Entomol* 96: 446-452.
- Santos R L, Torres J B, Bastos C S (2008) Desenvolvimento e crescimento populacional de *Alabama argillacea* em algodoeiro de fibra branca e colorida. *Pesq Agropec Bras* 43: 457-463.

- Shimada K, Natsuhara K, Oomori Y, Miyata T (2005) Permethrin resistance mechanisms in the beet armyworm (*Spodoptera exigua* (Hübner)). *J Pestic Sci* 30: 214-219.
- Stewart S D, Adamczyk Jr J J, Knighte K S, Davi F M (2001) Impact of *Bt* cottons expressing one or two insecticidal proteins of *Bacillus thuringiensis* Berliner on growth and survival of Noctuid (Lepidoptera) larvae. *J Econ Entomol* 94: 752-760.
- Symington S B, Frisbie R K, Lu K D, Clark M (2007) Action of cismethrin and deltamethrin on functional attributes of isolated presynaptic nerve terminals from rat brain. *Pest Biochem Physiol* 87: 172-181.
- Takada Y, Kawamura S, Tanaka T (2001) Effects of various insecticides on the development of the egg parasitoid *Trichogramma dendrolimi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *J Econ Entomol* 94: 1340-1343.
- Thomazoni D, Soria M F, Kodama C, Carbonari V, Fortunato R P, Degrande P E, Valter V A (2009) Selectivity of insecticides for adult workers of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). *Rev Colomb Entomol* 35: 173-176.
- Tran D H, Takagi M, Takasu K (2004) Effects of selective insecticides on host searching and oviposition behavior of *Neochrysocharis formosa* (Westwood) (Hymenoptera: Eulophidae), a larval parasitoid of the American serpentine leafminer. *Appl Entomol Zool* 39: 435-441.
- Torres J B, Ruberson J R, Adang M J (2006) Expression of *Bacillus thuringiensis* Cry1Ac protein in cotton plants, acquisition by pests and predators: a tritrophic analysis. *Agric For Entomol* 8: 191-202.
- Ulmer B J, Lapointe S L, Peña J E, Duncan R E (2006) Toxicity of pesticides used in citrus to *Aprostocetus vaquitarum* (Hymenoptera: Eulophidae), an egg

- parasitoid of *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae). Florida Entomol 89: 10-19.
- Williams III L, Price L D (2004) A space-efficient contact toxicity bioassay for minute Hymenoptera, used to test the effects of novel and conventional insecticides on the egg parasitoids *Anaphes iole* and *Trichogramma pretiosum*. BioControl 49: 163-185.
- Wilson C (2000) Environmental and human costs of commercial agricultural production in South Asia. Int J Soc Econ 27: 816-846.
- Xianchun L, Schuler M A, Berenbaum M R (2007) Molecular mechanisms of metabolic resistance to synthetic and natural xenobiotics. Annu Rev Entomol 52: 231-53.
- Yamamoto K, Ichinose H, Aso Y, Fujii H (2010) Expression analysis of cytochrome P450s in the silkworm, *Bombyx mori*. Pestic Biochem Physiol 97: 1-6.
- Youssef A I, Nasr F N, Stefanos S S, Elkhair S S A, Shehata W A, Agamy E, Herz A, Hassan S A (2004) The side-effects of plant protection products used in olive cultivation on the hymenopterous egg parasitoid *Trichogramma cacoeciae* Marchal. J Appl Entomol 128: 593-599.
- Zanuncio J C, Batalha V C, Guedes R N C, Picango M C (1998) Insecticide selectivity to *Supputius cincticeps* (Stal) (Het., Pentatomidae) and its prey *Spudoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lep., Noctuidae) J Appl Ent 122: 457-460.
- Zanuncio J C, Pereira F F, Jacques G C, Tavares M T, Serrão J E (2008) *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae), a new alternative host to rear the pupae parasitoid *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae). Coleop Bull 62: 64-66.

Tabela 1 Produtos comerciais registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para o controle de pragas em algodoeiro*

Inseticida	Nome comercial ¹	Fabricante	Grupo químico	Concentração do ingrediente ativo	Formulação ²	Classificação toxicológica ³ e ambiental ⁴
Acefato	Orthene 750 BR	Arysta Lifescience do Brasil Indústria Química e Agropecuária	Organofosforado	750 g·kg ⁻¹	SP	CT: IV CA: III
Cartape	Cartap BR 500	Sumitomo Chemical do Brasil Representante Ltda.	Nereistoxin	500 g·kg ⁻¹	SP	CT: III CA: II
Clorfenapir	Pirate	Basf S.A.	Análogo de pirazol	240 g·L ⁻¹	SC	CT: III CA: II
Deltametrina	Keshet 25 EC	Milenia Agrociências	Piretróide	25 g·L ⁻¹	EC	CT: I CA: II
Espalhante adesivo	Wil Fix	Charmon Destyk Indústria Química Ltda.	Ácido sulfônico	30 g·L ⁻¹	Outra	CT: IV CA: IV

¹Marca registrada do fabricante®.

²SP: pó solúvel, SC: suspensão concentrada, EC: concentrado emulsionável.

³CT: classe toxicológica (I: extremamente tóxico, II: altamente tóxico, III: mediamente tóxico, IV: pouco tóxico).

⁴CA: classificação ambiental (I: altamente perigoso, II: muito perigoso, III: perigoso, IV: pouco perigoso).

*Fonte: Agrofit (2009).

Tabela 2 Inseticidas e doses recomendadas para o controle de pragas em algodoeiro

Inseticida	Recomendação de campo		Pragas
	Formulação	Ingrediente ativo	
Acefato	500 g·ha ⁻¹	375 g·[ia]·ha ⁻¹	<i>Allabama argillacea</i> , <i>Caliothrips brasiliensis</i> e <i>Frankliniella schultzei</i>
Cartape	1500 g·ha ⁻¹	750 g·[ia]·ha ⁻¹	<i>Allabama argillacea</i> e <i>Eutinobothrus brasiliensis</i>
Clorfenapir	1500 mL·ha ⁻¹	360 g·[ia]·ha ⁻¹	<i>Heliothis virescens</i>
Deltametrina	800 mL·ha ⁻¹	20 g·[ia]·ha ⁻¹	<i>Horcias nobilellus</i>

*Recomendações do Agrofitec (2009).

Tabela 3 Mortalidade¹ de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) após 24 horas de exposição a inseticidas recomendados para a cultura do algodão

Inseticida	Dose (%) [*]					
	100	75	50	25	10	1
Acefato	100,00Aa	100,00Aa	100,00Aa	95,00Aa	75,00Bb	1,67Bc
Cartape	3,33Ca	1,67Ca	1,67Ca	0,00Ba	0,00Ca	0,00Ba
Clorfenapir	100,00Aa	100,00Aa	100,00Aa	100,00Aa	100,00Aa	23,33Ab
Deltametrina	33,33Ba	15,00Bb	10,00Bb	0,00Bc	0,00Cc	0,00Bc

^{*}Médias seguidas de mesma letra maiúscula por coluna ou minúscula por linha não diferem pelo teste de Fisher-LSD a 5% de significância. ¹Mortalidade corrigida (Abbott 1925).

Tabela 4 Mortalidade¹ de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) após 48 horas de exposição a inseticidas recomendados para a cultura do algodão

Inseticida	Dose (%) [*]					
	100	75	50	25	10	1
Acefato	100,00Aa	100,00Aa	100,00Aa	100,00Aa	98,33Aa	20,00Bb
Cartape	5,00Ca	5,00Ca	5,00Ca	0,00Ba	0,00Ba	0,00Ca
Clorfenapir	100,00Aa	100,00Aa	100,00Aa	100,00Aa	100,00Aa	48,33Ab
Deltametrina	33,33Ba	16,67Bb	13,33Bb	0,00Bc	0,00Bc	0,00Cc

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula por coluna ou minúscula por linha não diferem pelo teste de Fisher-LSD a 5% de significância. ¹Mortalidade corrigida (Abbott 1925).

Tabela 5 Mortalidade¹ de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) após 72 horas de exposição a inseticidas recomendados para a cultura do algodão

Inseticida	Dose (%) *					
	100	75	50	25	10	1
Acefato	100,00Aa	100,00Aa	100,00Aa	100,00Aa	100,00Aa	26,67Bb
Cartape	15,00Ca	10,00Ca	13,00Ba	0,00Bb	0,00Bb	0,00Cb
Clorfenapir	100,00Aa	100,00Aa	100,00Aa	100,00Aa	100,00Aa	83,33Ab
Deltametrina	38,33Ba	23,33Bb	15,00Bb	1,67Bc	0,00Bc	0,00Cc

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula por coluna ou minúscula por linha não diferem pelo teste de Fisher-LSD a 5% de significância. ¹Mortalidade corrigida (Abbott 1925).

CAPÍTULO II

EFEITO DO CARTAPE E DA DELTAMETRINA NA REPRODUÇÃO DO
PARASITÓIDE DE PUPAS *Palmistichus elaeisis* (HYMENOPTERA:
EULOPHIDAE)

Seletividade de deltametrina e impacto deletério de cartape na reprodução do parasitóide de pupas *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae)

RESUMO – Inseticidas podem afetar o aparelho reprodutor e reduzir a reprodução de insetos. O endoparasitóide de pupas *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) pode regular populações de lepidópteros pragas em algodoeiro. O objetivo foi avaliar o impacto dos inseticidas seletivos cartape e deltametrina, utilizados no algodoeiro, nos parâmetros reprodutivos e no ovário de *P. elaeisis*. A reprodução em pupas de *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) e seções histológicas do ovário foram avaliadas para fêmeas de *P. elaeisis* (< 24 horas) após a exposição, em placas de Petri, a folhas de algodão tratadas com água destilada (controle) ou com os inseticidas cartape ou deltametrina nas doses de 10, 50 e 100% da recomendada para campo. O parasitismo no controle foi de 100% e de 70 e 100% para fêmeas de *P. elaeisis* expostas às doses de 100 e 10% de deltametrina, respectivamente. O parasitismo de *P. elaeisis* foi de 50% com cartape a 10%, e não houve parasitismo nas doses de 50 e 100% desse inseticida. A emergência desse parasitóide foi de 70 e 100% com cartape na dose de 10% e, no controle e com deltametrina na dose de 10%, respectivamente. *Palmistichus elaeisis*, após exposição à deltametrina a 10%, produziu maior progênie por pupa de *T. molitor* (169,65) e fêmeas por fêmea (24,03), e teve menores duração do ciclo ovo-adulto (19,35 dias), comprimento do corpo (1,56 e 1,19 mm) e largura da cápsula cefálica (0,48 e 0,39 mm) de fêmeas e machos que nos outros tratamentos, respectivamente. A razão sexual da progênie de *P. elaeisis* foi maior com cartape na dose de 10% (0,93) e menor com deltametrina na de 50% (0,67). Cartape a 50 e 100% causou morte prematura das células nutridoras, o que afetou a formação dos ovócitos de *P. elaeisis*.

No entanto, a exposição à deltametrina não afetou a ovogênese de *P. elaeisis*, sugerindo que possa ser utilizado com esse parasitóide para o manejo de pragas na cultura do algodão por ter pouco impacto na sua reprodução. O cartape afetou drasticamente a reprodução de *P. elaeisis* e pode limitar a eficiência desse parasitóide em campo.

Palavras-chave: nereistoxin, piretróide, controle biológico, endoparasitóide, seletividade, vitelogênese.

Selectivity of deltamethrin and deleterious impact of cartap on the reproduction of the pupae parasitoid *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae)

ABSTRACT - Insecticides may affect the reproductive system and reduce insect breeding. The pupae endoparasitoid, *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae), may regulate populations of lepidopteran pests in cotton crops. The objective was to evaluate the impact of the insecticides cartap and deltamethrin, used on cotton plants, in the reproductive parameters and ovarian of *P. elaeisis*. Females of *P. elaeisis* (< 24 hours of age) were exposed for 72 hours, in Petri dishes, to cotton leaves treated with distilled water (control) or with the insecticides cartap or deltamethrin at the doses of 10, 50 and 100% of the field recommendation. Then the reproduction and histological sections of ovaries of *P. elaeisis* were analyzed. The parasitism in the control reached 100%, and 70 and 100% by females of *P. elaeisis* exposed to the doses of 100 and 10% of deltamethrin, respectively. The parasitism of *P. elaeisis* was 50% with cartap at 10% and with no parasitism at the doses of 50 and 100% of this insecticide. The emergence of this parasitoid was 70 and 100% for the cartap at the dose of 10% and for the deltamethrin at the dose of 10%, respectively. *Palmistichus elaeisis*, after being exposed to deltamethrin at the dose of 10%, produced more progeny per pupae of *T. molitor* (169.65) and females/female (24.03) and had shorter period from egg to adult (19.35 days), body length (1.56 and 1.19 mm) and width of head capsule (0.48 and 0.39 mm) of females and males, when compared to the other treatments. The sex ratio of the offspring of *P. elaeisis* was higher for the cartap at the dose of 10% (0.93) and lower with deltamethrin at 50% (0.67). Cartap at 50 and 100% caused premature death of nurse cells, affecting oocyte formation of *P. elaeisis*. However,

exposure to deltamethrin did not affect oogenesis of *P. elaeisis*, suggesting that this insecticide can be used with this natural enemy in pest management programs of cotton pests with low impact on its reproduction. The cartap drastically affected the reproduction of *P. elaeisis* and may limit the effectiveness of this parasitoid in the field.

Keywords: nereistoxin, pyrethroid, biological control, endoparasitoid, selectivity, vitellogenesis.

INTRODUÇÃO

Inseticidas representam o principal método de controle de pragas em algodoeiro (McKinion *et al* 2009, Hopkins *et al* 2010) e os mais utilizados apresentam efeitos neurotóxicos com rápida resposta na regulação de populações de insetos pragas (Torres & Silva-Torres 2008, Brévault *et al* 2009). O uso de agrotóxicos preocupa pelos danos ao meio ambiente, alto custo e contaminação por resíduos químicos (Wilson 2000, Goodell 2009).

O Manejo Integrado de Pragas (MIP) preconiza o controle de pragas com baixo impacto ambiental (Cohen 2006, Frampton & van den Brink 2007, Yin *et al* 2008, Dhawan *et al* 2009). Inimigos naturais são liberados em programas de MIP (Oztemiz *et al* 2009, Karthikeyan *et al* 2010), mas métodos de controle não compatíveis podem reduzir o sucesso dos mesmos (Cakmak 2009, Stavrinides & Mills 2009).

Parasitóides podem regular populações de pragas em sistemas agrícolas (Zhang & Hassan 2003, Anuradha 2009, Agamy 2010), mas inseticidas podem ser letais ou reduzir total ou parcialmente o desempenho desses inimigos naturais (Bacci *et al* 2007, Prabhaker *et al* 2007). Assim, produtos seletivos são necessários para o uso com parasitóides e o manejo sustentável do ambiente (Naranjo & Ellsworth 2009).

A seletividade pode ser obtida com produtos mais tóxicos à praga que ao inimigo natural ou com estratégias que reduzam a exposição do inimigo natural a inseticidas (Naranjo 2001). Inimigos naturais podem ser expostos a doses letais ou subletais de inseticidas (Grundy 2007) e essas últimas podem diminuir a oviposição, fecundidade e afetar o comportamento e a reprodução de parasitóides (Zanuncio *et al* 2003, Desneux *et al* 2007).

O impacto de doses subletais de insetidas na reprodução de insetos pode ser devido a efeitos deletérios no ovário pela desintegração do epitélio folicular e das células nutridoras, vacuolização do germário, surgimento de camada folicular picnótica desigual e ooplasma vacuolizado (Antunes *et al* 2000, Ambrose 2001).

Palmistichus elaeisis Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) é um endoparasitóide generalista de pupas de lepidópteros e coleópteros (Pereira *et al* 2008, Zanuncio *et al* 2008) e pode ser criado com o hospedeiro alternativo *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) (Zanuncio *et al* 2008) para escala comercial. O comportamento generalista e a facilidade de criação massal desse parasitóide indicam que esse deva ser avaliado para o controle de pragas na cultura do algodão, mas os inseticidas cartape e deltametrina utilizados nessa cultura (Agrofit 2009), mesmo seletivos a esse parasitóide, podem reduzir sua reprodução e limitar seu uso.

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito dos inseticidas cartape e deltametrina nos parâmetros reprodutivos e aparelho reprodutor de fêmeas de *P. elaeisis*.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no laboratório de Controle Biológico de Insetos e no de Biologia Celular da Universidade Federal de Viçosa (UFV) em Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

Os inseticidas cartape e deltametrina (Tabela 1) foram utilizados por terem sido seletivos, em estudos preliminares, a *P. elaeisis* nas doses recomendadas para o controle de pragas em algodoeiro (Capítulo I).

O hospedeiro alternativo *T. molitor* foi obtido do Laboratório de Controle Biológico de Insetos da UFV.

Criação de *Palmistichus elaeisis*

Palmistichus elaeisis foi criado com pupas de *T. molitor* de, até, 24 horas de idade, individualizadas em tubos de vidro (14 × 2,2 cm). Cada pupa foi exposta por 24 horas a seis fêmeas acasaladas de *P. elaeisis* com 72 horas de idade (Pereira *et al* 2008). Fêmeas de *P. elaeisis* apresentam maior comprimento de corpo, largura de cápsula cefálica e abdômen que os machos dessa espécie (Delvare & LaSalle 1993). Gotículas de uma solução aquosa de mel a 50% foram colocadas na parede interna dos tubos para alimentação dos parasitóides. Os tubos foram fechados com algodão hidrofílico e mantidos em sala climatizada a $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$, $75 \pm 5\%$ UR e fotoperíodo de 12 horas.

Exposição de *Palmistichus elaeisis* aos inseticidas

Os inseticidas cartape e deltametrina foram utilizados nas doses de 10, 50 e 100% da recomendada para campo (Tabela 2) (Brunner *et al* 2001).

Uma superfície plana de papel de jornal (50 × 50 cm) foi utilizada em um teste em branco com um pulverizador manual contendo água destilada e espalhante adesivo (10 µL do espalhante Wil Fix /100 mL de água) para se calcular as concentrações de calda de cada inseticida. O teste em branco foi realizado três vezes para confirmar o volume de água necessário para cobrir a superfície demarcada. As recomendações por hectare dos inseticidas (dose máxima) (Tabela 2) foram convertidas para a área de 50 × 50 cm e utilizadas com o volume de 6 mL de água depositados sobre essa superfície no teste em branco. A proporção estabelecida entre a quantidade de cada inseticida para a dose máxima (100%) e o volume de 6 mL de água para a superfície de 50 × 50 cm foi utilizada para um volume de 100 mL de calda colocado no pulverizador. As subdoses de 50 e 10% foram realizadas

reduzindo-se a quantidade recomendada de cada inseticida (dose máxima) na calda em 50 e 90%, respectivamente. Água destilada foi utilizada no controle e o espalhante adesivo Wil Fix, na concentração de 10 µL/100 mL, foi utilizado em todos os tratamentos (Tabela 2). O cartape foi pesado em balança de precisão e o volume de deltametrina medido com uma micropipeta.

As caldas dos inseticidas, na dose e subdoses, e a do controle, foram pulverizadas sobre ambas as faces das folhas de algodoeiro (Jones *et al* 1998, Tran *et al* 2004) em uma mesma superfície plana de 50 × 50 cm com papel como utilizado no teste em branco para manter a interação parasitóide-inseticida-folha que representa a exposição de parasitóides a inseticidas no campo (Williams III & Price 2004). O papel foi trocado após cada pulverização. As folhas foram deixadas para secar por duas horas à sombra (Bacci *et al* 2007). Um chumaço de algodão foi enrolado no pecíolo de cada folha após a secagem e umedecido com água destilada para retardar a desidratação. As folhas foram acondicionadas em placas de Petri (9,0 cm de diâmetro) com 20 fêmeas adultas de *P. elaeisis* (Prabhaker *et al* 2007) de, até, 24 horas de idade, por placa. As placas de Petri foram cobertas por uma camada dupla de filme plástico PVC, perfurada com alfinete, para facilitar o escape dos gases dos inseticidas e evitar a condensação de água no interior das placas devido à transpiração das folhas (Williams III & Price 2004). Gotículas de mel a 50% (mel + água destilada) foram colocadas no lado interior do filme plástico com uma seringa para alimentar os parasitóides. O pistão da seringa foi levemente pressionado formando uma gotícula da solução de mel na ponta da agulha que, quando retirada, permanecia no lado interior do filme plástico.

O número de placas com parasitóides para o ensaio de reprodução e para a avaliação da histologia do ovário foi determinado considerando-se a mortalidade

prévia de *P. elaeisis* nas doses de 10, 50 e 100% com os inseticidas cartape e deltametrina, sendo esse número 20% maior para garantir parasitóides suficientes.

As placas permaneceram por 72 horas em câmaras climatizadas (BOD) a temperatura de $25 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 5\%$ e fotoperíodo de 12 horas.

Reprodução

Pupas de *T. molitor* com, até, 24 horas de idade e peso entre 100 e 120 mg foram individualizadas em tubos de vidro ($14 \times 2,2$ cm) com seis fêmeas de *P. elaeisis* (Pereira *et al* 2008), sobreviventes após 72 horas de exposição aos inseticidas cartape ou deltametrina a 10, 50 e 100% ou ao controle. O peso das pupas de *T. molitor* foi padronizado ($110,44 \pm 0,36$ mg) para reduzir a influência do hospedeiro na progênie de *P. elaeisis*. Gotículas de solução aquosa de mel a 50% foram colocadas na parede interna dos tubos para alimentar os parasitóides. Os tubos foram fechados com algodão hidrofílico. O parasitismo foi permitido por 24 horas em câmaras climatizadas (BOD) a temperatura de $25 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 5\%$ e fotoperíodo de 12 horas.

O parasitismo (nº de pupas parasitadas/nº de pupas oferecidas), emergência (nº pupas com parasitóides emergidos/nº de pupas parasitadas), progênie por pupa (nº de indivíduos emergidos/pupa), fêmeas produzidas por fêmea, duração do ciclo ovo-adulto (dia após o parasitismo até o da emergência), comprimento do corpo e largura da cápsula cefálica de machos e fêmeas da progênie e razão sexual da progênie (nº fêmeas emergidas/nº total de indivíduos emergidos) de *P. elaeisis* foram avaliados.

O comprimento do corpo e a largura da cápsula cefálica de *P. elaeisis* foram determinados com uma ocular micrométrica acoplada a um microscópio estereoscópico.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) com sete tratamentos representados por *P. elaeisis*, expostos por 72 horas a deltametrina ou ao cartape a 10, 50 e 100% ou ao controle, parasitando pupas de *T. molitor*. Cada tratamento teve vinte repetições representadas cada uma por um tubo de vidro com uma pupa de *T. molitor* e seis fêmeas de *P. elaeisis*.

Os dados foram submetidos à ANOVA com as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Fisher-LSD ($P < 0,05$), exceto os não-paramétricos de parasitismo e emergência que foram comparados pelo teste de Kruskal-Wallis ($P < 0,05$).

Histologia do ovário

Doze fêmeas de *P. elaeisis* por tratamento, sobreviventes à exposição por 72 horas aos inseticidas cartape ou deltametrina a 10, 50 e 100% e ao controle, foram selecionadas e fixadas em solução Zamboni (Stefanini *et al* 1967) por 48 horas. Os abdomens dessas fêmeas foram removidos e desidratados em álcool 70, 80, 90 e 95% durante 10 minutos por concentração. Os abdomens foram embebidos com historesina JB-4, seccionados a 5 μm de espessura, corados com hematoxilina e eosina, e analisadas em microscópio de luz.

RESULTADOS

O parasitismo de *P. elaeisis* após exposição ao controle, a deltametrina nas doses de 10, 50 e 100% ou ao cartape na dose de 10% foram semelhantes. Cartape nas doses de 50 e 100% reduziu o parasitismo de *P. elaeisis* em 100% (Tabela 3).

A emergência de *P. elaeisis* foi semelhante entre os tratamentos com parasitismo e variou de 70 a 100% (Tabela 3).

A progênie de *P. elaeisis* no controle (84,90) e com deltametrina nas doses de 50 (77,71) e 100% (61,25) e cartape na de 10% (80,14) foi semelhante. A progênie desse parasitóide foi maior com deltametrina a 10% (169,65) (Tabela 3). O número de indivíduos produzidos por pupa com exposição de *P. elaeisis* à deltametrina na dose de 10% (169,65) foi, aproximadamente, o dobro daquele do controle (84,90) e maior que aquele desse parasitóide exposto a deltametrina nas doses de 50 e 100% e ao cartape na dose de 10% (Tabela 3).

O número de fêmeas produzidas por fêmea foi maior com a exposição de *P. elaeisis* a deltametrina na dose de 10% (Tabela 3).

A duração do ciclo ovo-adulto da progênie de *P. elaeisis* no controle, nas doses de 50 e 100% de deltametrina e no cartape a 10%, foi semelhante, e maior que com deltametrina a 10% (Tabela 3).

O comprimento do corpo de fêmeas descendentes de *P. elaeisis* exposto ao cartape a 10% (2,01) foi maior que o daquelas descendentes desse parasitóide no controle (1,85) ou com deltametrina nas doses de 10 (1,56), 50 (1,77) e 100% (1,92). O menor comprimento do corpo foi para fêmeas descendentes de *P. elaeisis* após a exposição ao inseticida deltametrina na dose de 10% (1,56) (Tabela 3).

O menor e o maior comprimento do corpo de machos da progênie de *P. elaeisis* foram obtidos com deltametrina nas doses de 10 (1,19) e 100% (1,53), respectivamente (Tabela 3).

A largura da cápsula cefálica de fêmeas descendentes de *P. elaeisis*, com deltametrina na dose de 100% (0,57) e cartape na de 10% (0,59), foi semelhante àquela desse parasitóide no controle (0,58). A largura da cápsula cefálica de fêmeas de *P. elaeisis* foi menor com deltametrina na dose de 10% (0,48). A menor e maior

largura da cápsula cefálica de machos da progênie de *P. elaeisis* foi com a deltametrina nas doses de 10 (0,39) e 100% (0,49), respectivamente (Tabela 3).

A razão sexual da progênie de *P. elaeisis*, após exposição à deltametrina nas doses de 10 (0,85) e 100% (0,85) e ao cartape na de 10% (0,93), foi semelhante e maior que aquela com deltametrina na dose de 50% (0,67), esta última semelhante a do controle (0,74) (Tabela 3).

Fêmeas de *P. elaeisis* no controle ou com deltametrina nas doses de 10, 50 e 100% ou cartape na de 10% apresentaram corpo gorduroso normal e ovário com ovócitos maduros (Fig 1A). Fêmeas de *P. elaeisis* expostas ao cartape nas doses de 50 e 100% apresentaram corpo gorduroso normal, porém o ovário não apresentou ovócitos maduros, estando estes nos estágios iniciais de desenvolvimento (Fig 1B), sendo frequente a ocorrência de células nutridoras com núcleos picnóticos (Fig 1C).

DISCUSSÃO

A avaliação do impacto de inseticidas sobre inimigos naturais é essencial para adequação do controle biológico com o químico no MIP. A mortalidade é o parâmetro, normalmente, avaliado em testes de seletividade de inseticidas, mas efeitos na reprodução, fisiologia e comportamento de inimigos naturais devem ser, também, estudados para análise completa do impacto desses produtos (Desneux *et al* 2007).

O maior impacto do cartape na reprodução de *P. elaeisis* com alta redução do parasitismo por fêmea desse parasitóide é semelhante à toxicidade desse inseticida ao parasitóide de ovos *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) com redução do parasitismo em 100% (Moura *et al* 2006). A seletividade de deltametrina para a reprodução de *P. elaeisis* foi, também, mostrada

para o parasitóide de ovos *Telenomus busseolae* Gahan (Hymenoptera: Scelionidae) cuja fecundidade não foi afetada pela CL₂₅ desse inseticida (Bayram *et al* 2010). Inseticidas podem afetar a formação de ovos (ovogênese) pelo efeito deletério no ovário, comprometendo a reprodução de insetos (Ambrose 2001), o que pode explicar diferenças no parasitismo entre o cartape e a deltametrina. Impactos no comportamento podem, também, afetar a reprodução de inimigos naturais (Bayram *et al* 2010, Desneux *et al* 2007). Inseticidas comprometem a ligação entre os sistemas nervoso e hormonal de insetos, resultando na quebra dos eventos fisiológicos, como a vitelogênese, e comportamentais, como o reconhecimento do hospedeiro, que se relacionam com a oviposição (Desneux *et al* 2007). A orientação e reconhecimento do hospedeiro estão ligados a transmissão nervosa que é o alvo de inseticidas como o cartape e a deltametrina (Nagata *et al* 1999, Symington *et al* 2007). Nesse sentido, o cartape pode ter sido mais eficiente em quebrar a ligação entre esses sistemas que a deltametrina, o que resultou no menor desempenho de *P. elaeisis*. Impacto reduzido da deltametrina foi observado para o comportamento do parasitóide *Aphidius ervi* Haliday (Hymenoptera: Braconidae) que manteve a habilidade de se orientar pelo odor do hospedeiro após exposição a esse inseticida (Desneux *et al* 2006). Além disso, a deltametrina não afetou a frequência e a sequência do comportamento de oviposição dos parasitóides *Aphidius matricariae* (Haliday) e *Diaeretiella rapae* (McIntosh) (Hymenoptera: Braconidae) (Desneux *et al* 2004).

O maior impacto na emergência da progênie de fêmeas de *P. elaeisis* após exposição ao cartape pode ser devido à perturbação dos processos neurofisiológicos de formação e ovulação de ovos maduros (Cônoli *et al* 1998).

A melhor reprodução de *P. elaeisis* após exposição à deltametrina na dose de 10% foi evidenciada pelo alto número de descendentes desse parasitóide. Além

disso, o número de descendentes produzidos por pupa de *T. molitor* com deltametrina a 10% é, também, maior que aquele da criação massal com esse mesmo hospedeiro em laboratório (70,07) (Zanuncio *et al* 2008). O aumento na produção de descendentes de *P. elaeisis* exposto a deltametrina a 10% pode ser devido à hormese (Calabrese & Baldwin 2003, Zanuncio *et al* 2003, 2005). Esse fenômeno biológico se caracteriza pelo estímulo de uma característica biológica pela baixa dose de um produto tóxico devido a uma super compensação em resposta à ruptura da homeostase de um organismo (Calabrese 1999, Hercus *et al* 2003). Isso ocorre devido à “trade-offs” entre processos fisiológicos diferentes regulados por um organismo (Forbes 2000). Fêmeas de *P. elaeisis*, sob baixa dose de deltametrina, podem ter desviado recursos energéticos para reprodução em detrimento de outro processo fisiológico como mostrado para fêmeas de *Nilaparvata lugens* (Stål) (Hemiptera: Delphacidae) pelo aumento dos conteúdos de proteína e RNA total no ovário e no corpo gorduroso quando expostas a doses subletais de deltametrina (Ge *et al* 2009). Proteínas precursoras de vitelina (vitelogeninas) e RNAs produzidos no corpo gorduroso são utilizados para a formação dos ovócitos durante a vitelogênese (Hagedorn & Kunkel 1979).

O maior número de fêmeas produzidas por fêmea de *P. elaeisis* após exposição à deltametrina a 10% deve-se ao alto número de descendentes desse parasitóide e da taxa de fecundação dos ovos.

O menor ciclo ovo-adulto, largura de capsula cefálica e comprimento do corpo de machos e fêmeas com deltametrina a 10% são devido à competição intra-específica dos imaturos de *P. elaeisis* por recursos alimentares provenientes de *T. molitor* como mostrado para esse parasitóide com pupas de *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae) (Pereira *et al* 2010). Apesar do menor ciclo ovo-adulto

de *P. elaeisis* com deltametrina a 10% ser favorável para o controle de pragas por aumentar o número de gerações por ano, a competição intra-específica durante sua fase imatura, que gerou adultos menores, pode afetar sua reprodução, pois, insetos mal nutridos durante essa fase podem, também, ter menores ovário e corpo gorduroso quando adultos (Lemos *et al* 2003).

A razão sexual da progênie de *P. elaeisis* semelhante ou maior do que a do controle é importante, pois fêmeas desse parasitóide são responsáveis pelo parasitismo e, portanto, pelo controle de pragas (Zanuncio *et al* 2008).

A morte prematura das células nutridoras, caracterizada por núcleos picnóticos, no sistema reprodutor de fêmeas de *P. elaeisis*, após exposição ao cartape nas doses de 50 e 100% afetou a formação dos ovócitos desse parasitóide. As células nutridoras, no ovário de insetos que as possuem, são responsáveis pelo crescimento dos ovócitos pela transmissão de proteínas, RNAs e outros constituintes durante a vitelogênese (Chapman 1998). *Palmistichus elaeisis* é sinovigênico e suas fêmeas apresentam formação completa dos ovos a partir de 48 horas da emergência (dados não publicados). As células nutridoras podem não ter cumprido sua função normal durante a vitelogênese para a formação dos ovócitos, por estarem em processo prematuro de morte caracterizado pela presença de núcleos picnóticos nessas células. Isso é evidenciado pela presença de ovócitos pouco desenvolvidos após 72 horas da exposição de fêmeas de *P. elaeisis* a esse inseticida nas doses de 50 e 100%. O comprometimento da vitelogênese nas fêmeas de *P. elaeisis* com cartape a 50 e 100% pode ter reduzido a produção de ovos, ou produzido ovos inviáveis, ou de baixa qualidade nutricional ou ambos. Portanto, a reduzida reprodução de *P. elaeisis* com cartape pode ser devido à má formação de seus ovos até o parasitismo nas pupas de *T. molitor*, mas, inseticidas podem, também, causar danos ao germário, o que

reduz o tamanho e o número de ovócitos e reduz a espessura do epitélio folicular de insetos (Soltani-Mazoni 1994, Ambrose 2001). Por outro lado, o menor impacto da deltametrina no ovário de fêmeas de *P. elaeisis* foi evidenciado por células nutridoras com núcleos picnóticos e ovócitos já desenvolvidos. A morte de células nutridoras é um processo normal após a conclusão da vitelogênese (Chapman 1998). Nesse sentido, a exposição à deltametrina não afetou a ovogênese das fêmeas de *P. elaeisis*, o que refletiu em melhor reprodução desse parasitóide.

CONCLUSÕES

A deltametrina é seletiva a *P. elaeisis* e não afetou o ovário e a reprodução desse inimigo natural.

Cartape afeta o ovário e compromete a reprodução de *P. elaeisis* e isso pode reduzir a eficiência desse parasitóide em campos de algodoeiro.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agamy E (2010) Field evaluation of the egg parasitoid, *Trichogramma evanescens* West. against the olive moth *Prays oleae* (Bern.) in Egypt. J Pest Sci 83: 53-58.

- Agrofit (2009) Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento Disponível em:
<http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons.>
Acessado em 02/2009.
- Ambrose D P (2001) Friendly insecticides to conserve beneficial insects. *Zoos' Print Jour* 16: 561-572.
- Antunes E C, Guedes R N C, Della-Lucia T M C, Serrão J E (2000) Sub-lethal effects of abamectin suppressing colonies of the leaf-cutting ant *Acromyrmex subterraneus subterraneus*. *Pest Manag Sci* 56: 1059-1064.
- Anuradha M (2009) Field releases of *Cotesia plutellae* against diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.). *Res on Crops* 10: 702-704.
- Bacci L, Crespo A L B, Galvan T L, Pereira E J G, Picanço M C, Silva G A, Chediak M (2007) Toxicity of insecticides to the sweet potato whitefly (Hemiptera: Aleyrodidae) and its natural enemies. *Pest Manag Sci* 63: 699-706.
- Bayram A, Salerno G, Onofri A, Conti E (2010) Sub-lethal effects of two pyrethroids on biological parameters and behavioral responses to host cues in the egg parasitoid *Telenomus busseolae*. *Biol Control* 53: 153-160.
- Brévault T, Oumarou Y, Achaleke J, Vaissayre M, Nibouche S (2009) Initial activity and persistence of insecticides for the control of bollworms (Lepidoptera: Noctuidae) in cotton crops. *Crop Prot* 28: 401-406.
- Brunner J F, Dunley J E, Doerr M D, Beers E H (2001) Effect of pesticides on *Colpoclypeus florus* (Hymenoptera: Eulophidae) and *Trichogramma platneri* (Hymenoptera: Trichogrammatidae), parasitoids of leafrollers in Washington. *J Econ Entomol* 94: 1075-1084.
- Cakmak I, Janssen A, Sabelis M W, Baspina H (2009) Biological control of an acarine pest by single and multiple natural enemies. *Biol Control* 50: 60-65.

- Calabrese E J (1999) Evidence that hormesis represents an “overcompensation” response to a disruption in homeostasis. *Ecotoxicol Environ Saf* 42: 135-137.
- Calabrese E J, Baldwin L A (2003) Hormesis: the dose-response revolution. *Annu Rev Pharmacol Toxicol* 43: 175-197.
- Chapman R F (1998) *The insects: structure and function*. New York, Cambridge University Press, 770p.
- Cohen E (2006) Pesticide-mediated homeostatic modulation in arthropods. *Pestic Biochem Physiol* 85: 21-27.
- Cônsoli F L, Parra J R P, Hassan S A (1998) Side effects of insecticides used in tomato fields on the egg parasitoid *Trichogramma pretiosum* Riley (Hym., Trichogrammatidae), a natural enemy of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep., Gelechiidae). *J App Entomol* 122: 43-47.
- Delvare G, LaSalle J (1993) A new genus of *Tetrastichinae* (Hymenoptera: Eulophidae) from the Neotropical region, with the description of a new species parasitic on key pests of oil palm. *J Nat Hist* 27: 435-444.
- Desneux N, Denoyelle R, Kaiser L (2006) A multi-step bioassay to assess the effect of the deltamethrin on the parasitic wasp *Aphidius ervi*. *Chemosphere* 65: 1697-1706.
- Desneux N, Decourtye A, Delpuech J M (2007) The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Ann Rev Entomol* 52: 81-106.
- Desneux N, Wajnberg E, Fauvergue X, Privet S, Kaiser L (2004) Oviposition behaviour and patch-time allocation in two aphid parasitoids exposed to deltamethrin residues. *Entomol Exp Appl* 112: 227-235.
- Dhawan A K, Singh S, Kumar S (2009) Integrated pest management (IPM) helps reduce pesticide load in cotton. *J Agric Sci Tech* 11: 599-611.

- Forbes V E (2000) Is hormesis an evolutionary expectation? *Funct Ecol* 14: 12-24.
- Frampton G K, van den Brink P J (2007) Collembola and macroarthropod community responses to carbamate, organophosphate and synthetic pyrethroid insecticides: direct and indirect effects. *Environ Poll* 147: 14-25.
- Ge L Q, Hu J H, Wu J C, Yang G Q, Gu H (2009) Insecticide-induced changes in protein, RNA, and DNA contents in ovary and fat body of female *Nilaparvata lugens* (Hemiptera: Delphacidae). *J Econ Entomol* 102: 1506-1514.
- Goodell P B (2009) Fifty years of the integrated control concept: the role of landscape ecology in IPM in San Joaquin valley cotton. *Pest Manag Sci* 65: 1293-1297.
- Grundy P R (2007) Utilizing the assassin bug, *Pristhesancus plagipennis* (Hemiptera: Reduviidae), as a biological control agent within an integrated pest management programme for *Helicoverpa* spp. (Lepidoptera: Noctuidae) and *Creontiades* spp. (Hemiptera: Miridae) in cotton. *Bull Entomol Res* 97: 281-290.
- Hagedorn H H, Kunkel J G (1979) Vitellogenin and vitellin in insects. *Ann Rev Entomol* 24: 475-505.
- Hercus M J, Loeschcke V, Rattan S I S (2003) Lifespan extension of *Drosophila melanogaster* through hormesis by repeated mild heat stress. *Biogerontology* 4: 149-156.
- Hopkins B W, Knutson A E, Bernal J S, Treacy M F, Smith C W (2010) Species composition, damage potential, and insecticide susceptibility of stink bugs in cotton in the Lower Gulf Coast Region of Texas. *Southwest Entomol* 35: 19-32.

- Jones W A, Ciomperlik M A, Wolfenbarger D A (1998) Lethal and sublethal effects of insecticides on two parasitoids attacking *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). *Biol Control* 11: 70-76.
- Lemos W P, Ramalho F S, Serrão J E, Zanuncio J C (2003) Effects of diet on development of *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Het., Pentatomidae), a predator of the cotton leafworm *J Appl Ent* 127: 389-395.
- Karthikeyan K, Jacob S, Beevi P, Purushothaman S M (2010) Evaluation of different integrated pest management modules for the management of major pests of rice (*Oryza sativa*). *Indian J Agr Sci* 80: 59-62.
- McKinion J M, Jenkins J N, Willers J L, Zumanis A (2009) Spatially variable insecticide applications for early season control of cotton insect pests. *Comp Elect Agric* 67: 71-79.
- Moura A P, Carvalho G A, Pereira A E, Rocha L C D (2006) Selectivity evaluation of insecticides used to control tomato pests to *Trichogramma pretiosum*. *BioControl* 51: 769-778.
- Nagata K, Ikeda T, Shono T (1999) Voltage-dependent modulation of the neuronal nicotinic acetylcholine receptor-channel by cartap. *Pestic Sci* 55: 452-456.
- Naranjo S E (2001) Conservation and evaluation of natural enemies in IPM systems for *Bemisia tabaci*. *Crop Prot* 20: 835-852.
- Naranjo S E, Ellsworth P C (2009) The contribution of conservation biological control to integrated control of *Bemisia tabaci* in cotton. *Biol Control* 51: 458-470.
- Oztemiz S, Karacaoglu M, Yarpuzlu F (2009) Parasitization rate of *Helicoverpa armigera* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae) eggs after field releases of

- Trichogramma evanescens* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in cotton in Cukurova Region of Turkey. *J Kansas Entomol Soc* 82: 183-193.
- Pereira F F, Zanuncio T V, Zanuncio J C, Pratisoli D, Tavares M T (2008) Species of Lepidoptera defoliators of eucalyptus as new host for the parasitoid *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae). *Braz Arch Biol Technol* 51: 259-262.
- Pereira F F, Zanuncio J C, Serrão J E, Zanuncio T V, Pratisoli D, Pastori P L (2010) The density of females of *Palmistichus elaeisis* Delvare and LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) affects their reproductive performance on pupae of *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae). *An Acad Bras Ciênc* 82: 323-331.
- Prabhaker N, Morse J G, Castle S J, Naranjo S E, Henneberry T J, Toscano N C (2007) Toxicity of seven foliar insecticides to four insect parasitoids attacking citrus and cotton pests. *J Econ Entomol* 100: 1053-1061.
- Stefanini M, De Martino C, Zamboni L (1967) Fixation of ejaculated spermatozoa for electron microscopy. *Nature* 216: 173-174.
- Soltani-Mazouni N (1994) Effects of ingested diflubenzuron on ovarian development during the sexual maturation of mealworms. *Tissue Cell* 26: 439-445.
- Stavrínides M C, Mills N J (2009) Demographic effects of pesticides on biological control of Pacific spider mite (*Tetranychus pacificus*) by the western predatory mite (*Galendromus occidentalis*). *Biol Control* 48: 267-273.
- Symington S B, Frisbie R K, Lu K D, Clark M (2007) Action of cismethrin and deltamethrin on functional attributes of isolated presynaptic nerve terminals from rat brain. *Pest Biochem Physiol* 87: 172-181.

- Torres J B, Silva-Torres C S A (2008) Interaction between insecticides and soil moisture in the control of whitefly and aphid in cotton. *Pesq Agropec Bras* 43: 949-956.
- Tran D H, Takagi M, Takasu K (2004) Effects of selective insecticides on host searching and oviposition behavior of *Neochrysocharis formosa* (Westwood) (Hymenoptera: Eulophidae), a larval parasitoid of the American serpentine leafminer. *Appl Entomol Zool* 39: 435-441.
- Vianna U R, Pratisoli D, Zanuncio J C, Lima E R, Brunner J, Pereira F F, Serrão J E (2009) Insecticide toxicity to *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) females and effect on descendant generation. *Ecotoxicology* 18: 180-186.
- Williams III L, Price L D (2004) A space-efficient contact toxicity bioassay for minute Hymenoptera, used to test the effects of novel and conventional insecticides on the egg parasitoids *Anaphes iole* and *Trichogramma pretiosum*. *BioControl* 49: 163-185.
- Wilson C (2000) Environmental and human costs of commercial agricultural production in South Asia. *Int J Soc Econ* 27: 816-846.
- Yin J L, Xu H W, Wu J C, Hu J H, Yang G Q (2008) Cultivar and insecticide applications affect the physiological development of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Stål) (Hemiptera: Delphacidae). *Environ Entomol* 37: 206-212.
- Zanuncio J C, Pereira F F, Jacques G C, Tavares M T, Serrão J E (2008) *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae), a new alternative host to rear the pupae parasitoid *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae). *Coleop Bull* 62: 64-66.

- Zanuncio T V, Serrão J E, Zanuncio J C, Guedes R N C (2003) Permethrin-induced hormesis on the predator *Supputius cincticeps* (Stål, 1860) (Heteroptera: Pentatomidae). *Crop Protec* 22: 941-947.
- Zanuncio T V, Zanuncio J C, Serrão J E, Medeiros R S, Pinon T B M, Sedyama C A Z (2005) Fertility and life expectancy of the predator *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae) exposed to sublethal doses of permethrin. *Biol Res* 38: 31-39.
- Zhang W Q, Hassan S A (2003) Use of the parasitoid *Diaeretiella rapae* (McIntoch) to control the cabbage aphid *Brevicoryne brassicae* (L.). *J Appl Entomol* 127: 522-526.

Tabela 1 Produtos comerciais utilizados em algodoeiro*

Especificações	Cartape	Deltametrina	Espalhante adesivo
Norme comercial ¹	Cartap BR 500	Keshet 25 EC	Wil Fix
Fabricante	Sumitomo Chemical do Brasil Representante Ltda.	Milênia Agrociências	Charmon Destyk Indústria Química Ltda.
Grupo químico	Nereistoxin	Piretróide	Ácido sulfônico
Concentração do ingrediente ativo	500 g·kg ⁻¹	25 g·L ⁻¹	30 g·L ⁻¹
Formulação ²	SP	EC	Outra
Classificação toxicológica	III	I	IV
Classificação ambiental ¹	II	II	IV

¹Marca registrada do fabricante[®]; ²SP: pó solúvel, SC: suspensão concentrada, EC: concentrado emulsionável, ³CT: classe toxicológica (I: extremamente tóxico, II: altamente tóxico, III: mediamente tóxico, IV: pouco tóxico); ⁴CA: classificação ambiental (I: altamente perigoso, II: muito perigoso, III: perigoso, IV: pouco perigoso). *Agrofit (2009)

Tabela 2 Químicos e doses utilizadas contra *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae)

Inseticida	Quantidade utilizada		
	Porcentagem (%)	Formulação	Ingrediente ativo
Cartape	10	150 kg·ha ⁻¹	75 g·[ia]·ha ⁻¹
	50	750 kg·ha ⁻¹	375 g·[ia]·ha ⁻¹
	100*	1500 kg·ha ⁻¹	750 g·[ia]·ha ⁻¹
Deltametrina	10	80 mL·ha ⁻¹	2 g·[ia]·ha ⁻¹
	50	400 mL·ha ⁻¹	10 g·[ia]·ha ⁻¹
	100*	800 mL·ha ⁻¹	20 g·[ia]·ha ⁻¹
Espalhante adesivo	100	10 mL·100L ⁻¹	-

* Dose recomendada para o controle de pragas na cultura do algodão no Brasil (Agrofit 2009).

Tabela 3 Parâmetros (média \pm erro padrão) de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) em pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) após exposição aos inseticidas deltametrina e cartape a 10, 50 e 100% da dose recomendada. Temperatura: $25 \pm 0,5^\circ\text{C}$, $70 \pm 5\%$ de umidade relativa e fotoperíodo de 12 horas

Parâmetros Reprodutivos	Controle (água destilada)		Deltametrina			Cartape						
			10%	50%	100%	10%	50%	100%				
Parasitismo (%) ¹	100,00	a	100,00	a	95,00	a	70,00	a	50,00 ab	0 b	0 b	
Emergência (%) ¹	100,00	a	100,00	a	89,47	a	85,71	a	70,00	a	ND	ND
Progênie por pupa	84,90 \pm 10,20	b	169,65 \pm 5,89	a	77,71 \pm 9,13	b	61,25 \pm 6,66	b	80,14 \pm 15,86	b	ND	ND
Fêmeas produzidas por fêmea	10,05 \pm 1,12 bc		24,03 \pm 0,84	a	8,08 \pm 1,23	c	8,63 \pm 1,02 bc		12,31 \pm 2,32	b	ND	ND
Ciclo ovo-adulto (dias)	21,55 \pm 0,42	a	19,35 \pm 0,11	b	22,35 \pm 0,46	a	22,42 \pm 0,38	a	22,00 \pm 0,53	a	ND	ND
Corpo da fêmea (mm)	1,85 \pm 0,03	c	1,56 \pm 0,02	d	1,77 \pm 0,02	c	1,92 \pm 0,03	b	2,01 \pm 0,03	a	ND	ND
Corpo do macho (mm)	1,34 \pm 0,03	c	1,19 \pm 0,02	d	1,37 \pm 0,02 bc		1,53 \pm 0,03	a	1,43 \pm 0,02	b	ND	ND
Cápsula cefálica da fêmea (mm)	0,58 \pm 0,01	a	0,48 \pm 0,00	c	0,55 \pm 0,00	b	0,57 \pm 0,01	a	0,59 \pm 0,01	a	ND	ND
Cápsula cefálica do macho (mm)	0,44 \pm 0,01	c	0,39 \pm 0,01	d	0,44 \pm 0,01	c	0,49 \pm 0,01	a	0,47 \pm 0,01	b	ND	ND

Razão sexual	0,74 ± 0,03 bc	0,85 ± 0,01 ab	0,67 ± 0,07 c	0,85 ± 0,04 ab	0,93 ± 0,01	a	ND	ND
--------------	-------------------	-------------------	---------------	-------------------	-------------	---	----	----

Médias seguidas de mesma letra por linha são semelhantes pelo teste de Fisher-LSD ($P > 0,05$); ¹ Médias seguidas por mesma letra por linha são semelhantes pelo teste de Kruskal-Wallis ($P > 0,05$); ND: não determinado.

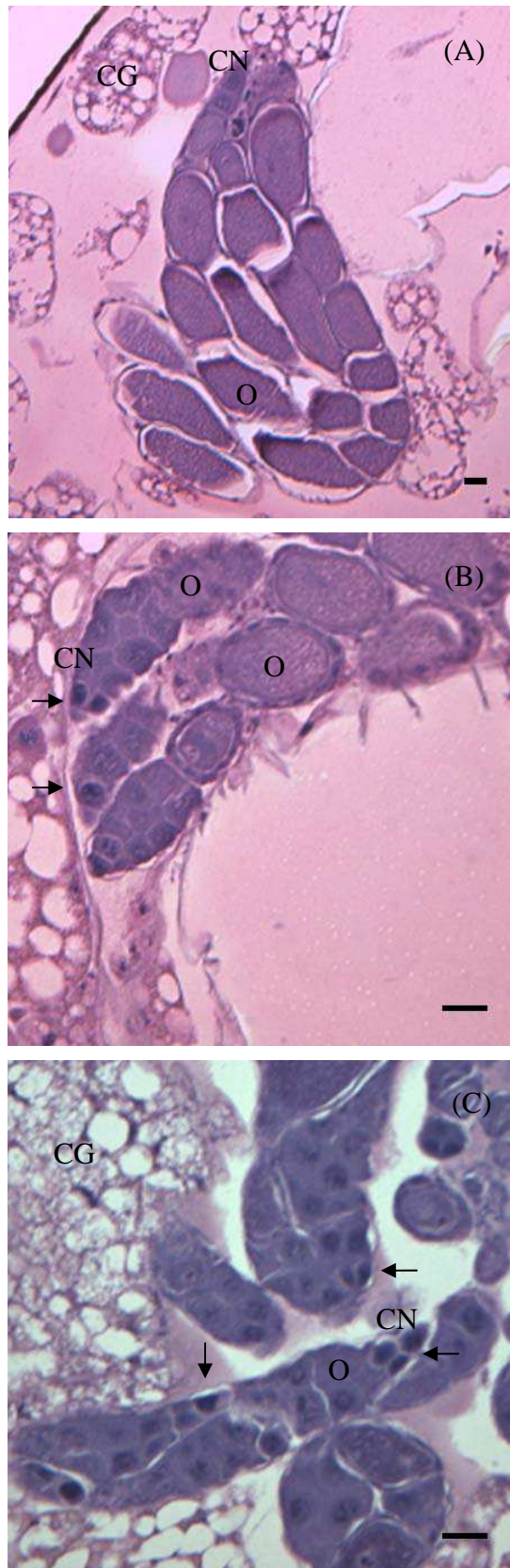


Fig 1 Seção histológica do ovário de fêmea adulta de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) após 72 horas de exposição a inseticidas. (A): deltametrina a 50%; (B): cartape a 50%; (C): cartape a 100%. CG: corpo gorduroso; CN: células nutridoras; O: ovócito. Setas indicam núcleos celulares picnóticos. Barras = 10 µm.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Acefato e clorfenapir não foram seletivos e causaram alta mortalidade de fêmeas de *P. elaeisis* expostas a diferentes doses desses inseticidas.

Cartape e deltametrina causaram baixa mortalidade de *P. elaeisis* mesmo nas doses que corresponderam a 100% da recomendada para o controle de pragas no algodoeiro.

O cartape reduziu a reprodução e causou efeitos deletérios no ovário de *P. elaeisis* apesar da baixa mortalidade desse parasitóide com esse inseticida. A morte prematura das células nutridoras no ovário de *P. elaeisis* pode explicar a redução do parasitismo e da emergência desse parasitóide exposto a esse inseticida.

Os inseticidas acefato, cartape e clorfenapir não são seletivos a *P. elaeisis* e devem ser evitados com esse parasitóide para o controle de lepidópteros pragas em algodoeiro.

A deltametrina não reduziu o parasitismo por *P. elaeisis* e não afetou o ovário desse parasitóide. Além disso, a menor dose de deltametrina (10% da recomendada para campo) melhorou a reprodução de *P. elaeisis* devido à produção de maior número de indivíduos desse parasitóide. Esse inseticida pode ser utilizado com esse parasitóide para o controle de lepidópteros pragas no algodoeiro.