

CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DE *Trichogramma pretiosum* RILEY (HYMENOPTERA:
TRICHOGRAMMATIDAE) PARASITANDO OVOS DE *Helicoverpa armigera* (HÜBNER)
(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

por

VITOR ZUIM

(Sob Orientação do Professor Dirceu Pratissoli - UFES)

RESUMO

A lagarta *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) não ocorria no Brasil até recentemente. A introdução e, posterior, distribuição em quase todo o Brasil têm acarretado perdas consideráveis para as culturas atacadas. Assim, o parasitismo de ovos de *H. armigera* por *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae), linhagem comercial brasileira, foi estudado considerando o efeito da idade dos ovos (0-12, 24-36, e 48-60 h), densidades de ovos (15, 20, 25 e 30 ovos por fêmea), bem como o efeito de diferentes temperaturas (18, 21, 24, 27, 30 e 33 °C) na biologia do parasitoide. As maiores taxas de parasitismo foram obtidas em ovos de *H. armigera* com até 36 h e quando ofertados 20 ovos por fêmea. O limiar térmico inferior de desenvolvimento foi de 10,3 °C e a constante térmica de 130,38 GD. O aumento da temperatura atuou de forma inversa reduzindo o desenvolvimento do parasitoide de 18,67 dias para 6,10 dias, e o tempo médio de geração (T) de 20,9 dias para 7,5 dias, quando criados a 18 °C e 33 °C, respectivamente. A taxa líquida de reprodução (R_0) não diferiu na faixa de 21 a 27 °C, enquanto que a taxa intrínseca de crescimento populacional (r_m) aumentou até a 30 °C. O maior número de postura por fêmeas de *T. pretiosum* foi verificado no primeiro dia de vida para todas as temperaturas, exceto a 30 °C em que o maior parasitismo foi

observado no segundo dia. A longevidade das fêmeas, assim como o ritmo de postura, decresceu com o aumento da temperatura. A maior taxa de fecundidade foi observada a 24 °C. Os resultados obtidos apontam que a linhagem brasileira de *T. pretiosum* possui potencial de utilização no controle biológico aplicado da praga nas diferentes condições de temperatura de ocorrência da mesma.

PALAVRAS-CHAVE: Controle biológico, exigências térmicas, tabela de vida de fertilidade, idade de ovos, densidade de ovos.

BIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF *Trichogramma pretiosum* RILEY (HYMENOPTERA:
TRICHOGRAMMATIDAE) PARASITIZING *Helicoverpa armigera* (HÜBNER)
(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EGGS

por

VITOR ZUIM

(Sob Orientação do Professor Dirceu Pratissoli - UFES)

ABSTRACT

The bollworm *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) did not occur in Brazil until recently. The introduction and its distribution in most part of Brazil have caused considerable losses to attacked crops. Thus, the parasitism of *H. armigera* eggs by a Brazilian commercial strain of *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) was studied regarding the effect of: egg developmental age (0-12, 24-36 and 48-60 h), egg densities (15, 20, 25 and 30 eggs per female), and different temperatures (18, 21, 24, 27, 30 and 33 °C) on the parasitoids biology. Higher rates of parasitism was obtained in *H. armigera* eggs with up to 36 h old and when offered 20 eggs per female. Lower temperature threshold and thermal requirement for egg to adult development was 10.3 °C and 130.38 GD, respectively. The increase of temperature directly reduces parasitoid development durations from 18.67 to 6.10 days and the mean generation time (T) from 20.9 to 7.5 days when reared at 18 and 33 °C, respectively. The net reproductive rate (R_0) did not differ between 21 and 27 °C; while the intrinsic rate of population increase (r_m) kept increasing up to 30 °C. The greater number of host egg parasitized was observed in the first day of adult stage across all studied temperatures, except at 30 °C when the highest parasitism took place in the second day. The female longevity and the parasitism rate

decreased with increasing temperatures. The higher parasitism was found at 24°C. The results indicate that the Brazilian strain of *T. pretiosum* has potential to be used as an applied biological control agent of the studied pest across the most areas of occurrence in Brazil.

KEY WORDS: Biological control, thermal requirements, fertility life table, egg age, egg density.

CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DE *Trichogramma pretiosum* RILEY (HYMENOPTERA:
TRICHOGRAMMATIDAE) PARASITANDO OVOS DE *Helicoverpa armigera* (HÜBNER)
(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

por

VITOR ZUIM

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola, da
Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de
Mestre em Entomologia Agrícola.

RECIFE - PE

Fevereiro - 2015

CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DE *Trichogramma pretiosum* RILEY (HYMENOPTERA:
TRICHOGRAMMATIDAE) PARASITANDO OVOS DE *Helicoverpa armigera* (HÜBNER)
(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

por

VITOR ZUIM

Comitê de Orientação:

Dirceu Pratisoli – UFES

Jorge Braz Torres – UFRPE

CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DE *Trichogramma pretiosum* RILEY (HYMENOPTERA:
TRICHOGRAMMATIDAE) PARASITANDO OVOS DE *Helicoverpa armigera* (HÜBNER)
(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

por

VITOR ZUIM

Orientador: _____
Dirceu Pratissoli - UFES

Presidente: _____
Jorge Braz Torres - UFRPE

Examinadores: _____
Vando Miozzi Rondelli - UFRPE

Wendel José Teles Pontes - UFPE

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Anselmo Zuim e Lúcia Eli Fiorese Zuim, pelo esforço, apoio, incentivo, educação e amor a mim dedicados durante essa jornada.

À Lauana Pellanda de Souza pelo carinho, por me acompanhar, apoiar, incentivar e colaborar para que atingisse esse objetivo.

Ao meu irmão Lucas Zuim, pela amizade e ajuda.

A todos os familiares e amigos, pelo apoio e incentivo.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar ao meu lado, dando força, saúde, determinação, coragem, bem como todas as oportunidades que me foram oferecidas.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Programa de Pós-graduação em Entomologia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco (PPGEA/UFRPE), pela oportunidade de realizar este curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo a Pesquisa do Espírito Santo (FAPES), pelo apoio financeiro.

Ao setor de Entomologia do Núcleo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Manejo Fitossanitário (NUDEMAFI), situado no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA/UFES), em Alegre-ES, por ter me fornecido todo o suporte para a realização deste trabalho.

Aos meus pais, pela força e apoio incondicional.

A Lauana, por ser uma grande companheira, disposta a perder seus fins de semana para me auxiliar. Pelos momentos de descontração e pela paciência comigo.

Ao meu irmão, por me apoiar e ser um grande amigo.

A toda minha família que sempre torceu pelo meu sucesso.

Ao meu orientador, professor Dr. Dirceu Pratissoli, por me ensinar a almejar grandes conquistas.

Ao meu co-orientador, professor Dr. Jorge Braz Torres, pelo apoio, atenção e valiosas sugestões.

Ao pós-doutorando Vando Miossi Rondelli pela disponibilidade em compor a banca examinadora.

Ao professor Wendel José Teles Pontes pela presteza em fazer parte da banca examinadora.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola da UFRPE pela competência e dedicação em passar seus conhecimentos profissionais aos seus alunos, especialmente, aos professores Reginaldo Barros, Jorge Braz Torres, José Vargas de Oliveira, Herbert A. A. de Siqueira, Valéria Wanderley Teixeira e Manoel G. C. Gondim Junior, com os quais adquiri muito conhecimento.

Ao Dr. Reginaldo Barros, por estar sempre disponível a ouvir e aconselhar.

Ao Dr. Hugo José Gonçalves dos Santos Junior pelas valiosas sugestões, amizade e tempo disponibilizado.

Ao amigo Luan (Mossoró) pelo incentivo e ajuda com adaptação em Recife. Aos amigos de república João Paulo e Eriberto.

Aos discentes do PPGEA, em especial aos amigos e colegas, João Paulo, Paulo Roberto, Karla Sombra, Cristiane, Clara, Fabiana, Nane, Carol Guedes, Luziani, Vando, Fran, Douglas, Mariana, Eduardo, Felipe, Carlos Henrique, Liliane, Mauricéia, Cynara, Aline, Sérgio, Thiago, Vaneska, Lucas, Márcia, Sibebe, Ana Carolina, Nayara, Rebeke, Rodrigo e Cristina. Aos pós-doutorandos Alberto, Agna e Franklin.

Aos discentes e amigos do curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal do CCA/UFES, João Paulo, Priscila, Lorena, Ingrid, Victor, Carlos Magno, José Romário, Luiz, Adamastor e Gisele, pela troca de informações e descontração. À pós-doutoranda Débora pelas soluções para os experimentos. Ao amigo Flávio pesquisador do Incaper.

A trinca de amigos e colaboradores, Hígor, Amanda e Wilson, por não medirem esforço para ajudar no desenvolvimento dos experimentos.

A trinca de estagiários e amigos, Ana Clara, Anderson e Ingrid, pela ajuda e descontração.

Aos demais amigos do NUDEMAFI, Wilker, Débora, Marcel, Romário, Laura, Luana, Aixelhe, Camila Teixeira e Camila Costabeber.

Aos funcionários do PPGEA, Darcy, Ariella, Marcelo, pelos esclarecimentos.

Aos funcionários do NUDEMAFI, Leonardo, Maria Carlota e Carlos Magno, pela boa vontade em ajudar e pela amizade.

Aos amigos, Gabriel, Daniel, Igor, Letícia, Kharen, Zé Henrique, Tiago, pela torcida.

Aos amigos da 'SECA LITRO', Lucas, Peroni, Dudu, Thiago, Erik, Adriel, Peludo, Higor, Butina, Willy, Ademar e Alex, pelo companheirismo e ótima convivência.

A todas as pessoas que me ajudaram, direta ou indiretamente, na realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
AGRADECIMENTOS	ix
CAPÍTULOS	
1 INTRODUÇÃO	1
LITERATURA CITADA.....	6
2 INFLUÊNCIA DA IDADE E DA DENSIDADE DE OVOS NO PARASITISMO DE <i>Helicoverpa armigera</i> (HÜBNER) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) POR <i>Trichogramma pretiosum</i> RILEY (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE)	13
RESUMO	14
ABSTRACT	15
INTRODUÇÃO	16
MATERIAL E MÉTODOS	17
RESULTADOS.....	21
DISCUSSÃO.....	22
AGRADECIMENTOS.....	26
LITERATURA CITADA.....	27

3	DESENVOLVIMENTO E TABELA DE VIDA DE FERTILIDADE DE <i>Trichogramma pretiosum</i> RILEY (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE) PARASITANDO <i>Helicoverpa armigera</i> (HÜBNER) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM DIFERENTES TEMPERATURAS.....	35
	RESUMO	36
	ABSTRACT	37
	INTRODUÇÃO	38
	MATERIAL E MÉTODOS	40
	RESULTADOS	43
	DISCUSSÃO.....	45
	AGRADECIMENTOS.....	49
	LITERATURA CITADA.....	49

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

A lagarta-armigera *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) é uma espécie polífaga sendo praga de diversas culturas de importância econômica (Venette *et al.* 2003a). Esta praga está presente em mais de 120 países de todos os continentes (CABI 2014). Até recentemente era considerada praga quarentenária para a América do Sul, a lagarta-armigera teve sua ocorrência relatada na safra 2012/2013 no Brasil, especialmente no oeste da Bahia, a níveis populacionais nunca antes observados de lagartas morfologicamente semelhantes a *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae), as quais afetaram significativamente a colheita do algodão (EMBRAPA, 2013, Mastrangelo *et al.* 2014).

Após a constatação e confirmação da espécie no Brasil (Czepak *et al.* 2013, Specht *et al.* 2013), *H. armigera* tem sido citada causando perdas em diversas culturas e encontrando-se distribuída basicamente em todos os Estados do Brasil (Ávila *et al.* 2013, Czepak *et al.* 2013, EMBRAPA, 2013, Tay *et al.* 2013, Thomazoni *et al.* 2013, Bueno *et al.* 2014, Mastrangelo *et al.* 2014, Pratisoli *et al.* 2015).

A variabilidade genética das populações de *H. armigera* presentes no Brasil, nos estudos de Tay *et al.* (2013), indicaram a presença de material genético (DNA mitocondrial, citocromo oxidase I e citocromo B) comuns em todo o velho mundo, impossibilitando a identificação da população que originou a introdução da espécie. Por não ser possível inferir a invasão e as vias de dispersão da praga, os resultados sugerem um desafio para o manejo sustentável baseado na alta diversidade genética, que favorece a adaptação do inseto a diferentes ambientes e estratégias de controle (Leite *et al.* 2014).

O adulto de *H. armigera* é uma mariposa de 40 mm de envergadura que apresenta dimorfismo sexual, tendo as fêmeas asas anteriores de coloração marrom-avermelhada com uma marcação escura em formato de rim próximo ao centro e asas posteriores brancas com uma faixa marrom-escura na margem externa. Os machos apresentam as mesmas características, contudo, as asas anteriores são cinza-esverdeadas (Brambila 2009).

O acasalamento ocorre preferencialmente no período noturno e a postura é realizada, geralmente, entre 21 e 24h. As fêmeas ovipositam de forma isolada, preferencialmente no terço superior das plantas, sendo depositados, em sua maioria, na superfície das folhas, próximos à nervura central, botões florais, inflorescências e flores (Pinóia 2012). A fecundidade varia de 150 a 1500 ovos por fêmea, sendo a média de 450 ovos (Karim *et al.* 2000). As primeiras posturas ocorrem entre 2 a 4 dias de vida e os primeiros ovos podem ser inviáveis (Figueiredo *et al.* 2006). As lagartas apresentam seis ínstar. Nos três primeiros ínstar as lagartas alimentam-se sobretudo das folhas mais tenras, inflorescências e pequenos frutos, onde fazem perfurações. Nos ínstar finais, as lagartas tendem a descer para os frutos maiores na base da planta, onde estão mais protegidas das condições adversas, dos inimigos naturais e da ação de inseticidas (Pinóia 2012). Assumem variadas cores, principalmente a partir do quarto ínstar, variando do amarelo-palha ao verde-escuro e podem medir até 42 mm de comprimento. Após completarem a fase larval, abandonam a planta/frutos e vão para o solo, onde se transformam em pupa (Venette *et al.* 2003a, Venette *et al.* 2003b, Czepak *et al.* 2013, Thomazoni *et al.* 2013).

O desenvolvimento de *H. armigera* usando grão-de-bico, em laboratório sobre temperatura de 25 ± 1 °C, $65 \pm 5\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 h, ocorreu com o período de incubação de 3,3 dias, período larval de 17 dias e a fase de pupa de 13 dias. Os machos sobreviveram por aproximadamente nove dias, enquanto as fêmeas tiveram longevidade de 12 dias (Ali *et al.* 2009). O desenvolvimento do ciclo de ovo-adulto foi estudado entre 17,5 e 32,5

°C, neste intervalo térmico as durações das fases de ovo, lagarta e pupa, oscilaram entre 8,1 e 2,02, 36,4 e 11,96 e 19,78 e 9,85, respectivamente. Nas temperaturas superiores aos 35 °C todas as lagartas foram mortas, e temperaturas inferiores a 15 °C induziram a diapausa em pupas (Mironidis *et al.* 2014).

A importância e o sucesso de *H. armigera* é, em grande parte devido às suas estratégias de sobrevivência, como a utilização de vários hospedeiros, alta fecundidade, capacidade de dispersão e capacidade de entrar em diapausa, assim, sendo capaz de adaptar-se a diferentes condições de agroecossistemas e clima (Cleary *et al.* 2006).

A capacidade de dispersão permite a exploração de fontes de alimentos favoráveis e separados pela distância (Feng *et al.* 2005, Feng *et al.* 2009), enquanto a diapausa pupal facultativa, permite a adaptação de *H. armigera* em condições extremas de temperatura e fotoperíodo (Kurban *et al.* 2007, Mironidis & Savopoulou-Soultani 2012). As plantas hospedeiras também exercem efeito indireto sobre a condição de diapausa, pela necessidade das lagartas em acumular reservas de energia antes da diapausa (Liu *et al.* 2010).

Por se tratar de uma praga direta, exige um baixo nível de controle. Na ausência, na maioria das situações, de controle natural adequado significa que o método químico, ou na melhor das hipóteses, medidas integradas de controle precisam ser adotadas (CABI 2014).

O uso contínuo do mesmo inseticida pode acarretar a seleção de populações com resistência e, assim, tornar este método de controle ineficiente. O desenvolvimento da resistência em *H. armigera* é uma preocupação em todas as regiões em que a lagarta ocorre. Assim, pesquisas estão sendo realizadas em relação ao monitoramento da resistência em todo mundo (Chaturvedi 2007, Nimbalkar *et al.* 2009, Avilla & González-Zamora 2010, Jouben *et al.* 2012).

Com intuito de reduzir as aplicações de produtos químicos, algumas alternativas têm sido sugeridas, como a utilização de inimigos naturais. Uma das vantagens na indicação de

parasitoides, predadores e entomopatógenos é que estes são empregados nas fases iniciais de desenvolvimento, como ovos e lagartas de até terceiro ínstar, fase em que estão mais expostas aos agentes de controle e, distribuídas especialmente na parte apical das plantas (Pinóia 2012).

Parasitoides de *H. armigera* têm sido registrados em todo mundo, como Tachinidae (Walker 2011, Jadhav & Armes 2013), inclusive uma espécie nativa do Brasil (Guerra *et al.* 2014), Braconidae (Li *et al.* 2006, Thanavendan & Jeyarani 2010) e Ichneumonidae (Zhang *et al.* 2006). No entanto, na maioria dos casos o sucesso com parasitoides para *H. armigera* é conferido ao uso de microhimenópteros do gênero *Trichogramma* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) (Jarjees & Merritt 2004, Davies *et al.* 2011a, Krishnamoorthy 2012).

Nos países em que a praga ocorre há mais tempo, como na Austrália, a espécie *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) foi introduzida e faz parte do plano de manejo de populações de *H. armigera* resistentes a inseticidas e ao *Bacillus thuringiensis* no algodão transgênico (Davies & Zalucki 2008, Davies *et al.* 2009).

Na Turquia, em lavouras de algodão foi observada taxa de parasitismo natural por *Trichogramma evanescens* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) de 28,5% (Oztemiz 2008). Nesse mesmo país, a liberação de 120.000 adultos de *T. evanescens* por hectare de algodão resultou em taxa de parasitismo de ovos de *H. armigera* entre 62,9 e 71,6% e redução entre 76,8 e 80,6% de lagartas de *H. armigera* na área (Oztemiz *et al.* 2009).

Na China, empresas de controle biológico atingem uma marca de produção anual de 20 bilhões de vespas de *Trichogramma*. São liberadas via cartões contendo ovos parasitados, pendurados no meio do dossel das plantas de algodão, quando ocorre um pico de *H. armigera*. As liberações são realizadas a cada 50-60 dias em densidade de 180.000 - 210.000 vespas por hectare e resultam em parasitismo de 37 a 40% e redução na população de lagarta em até 60% (Luo *et al.* 2014).

A eficiência nos programas de manejo de pragas, através do uso de inimigos naturais, deve levar em consideração as restrições ambientais, observando as características da cultura: arquitetura, espaçamento e variedade; características da espécie hospedeira: tamanho, idade e densidade do ovo; além de fatores abióticos, como temperatura, umidade e fotoperíodo (Davies *et al.* 2011a).

Nas plantas de algodão, *T. pretiosum* apresenta taxa de parasitismo significativamente maior no meio do dossel, local onde o controle por outros mecanismos é mais difícil (Davies *et al.* 2011b). Esta mesma espécie demonstrou preferência por ovos de *H. armigera* em testes de livre escolha com ovos de *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae), indicando preferência pelo hospedeiro em campo quando ambos hospedeiros estiverem disponíveis (Brotodjojo & Walter 2006).

O desenvolvimento embrionário do hospedeiro é importante fator no desempenho do parasitoide de ovos, uma vez que o avanço na idade dos ovos altera o valor nutricional e, também, a espessura do córion, interferindo negativamente na taxa de parasitismo (Pratissoli *et al.*, 2007, Poltronieri *et al.* 2008, Ko *et al.* 2014). Entretanto, Polanczyk *et al.* (2007) obtiveram maiores taxas de parasitismo por *Trichogramma exiguum* Pinto & Platner (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) com 72 h de desenvolvimento embrionário. Da mesma forma, ovos de *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) além de 48h de idade foram parasitados, mas com baixa resposta comparada a ovos de até 36 h de idade (Faria *et al.* 2000).

A adequação da proporção de parasitoides liberados em relação à densidade dos ovos da praga é um fator que contribui para o sucesso do manejo com *Trichogramma*. As maiores densidades de ovo de *Plodia interpunctella* Hübner (Lepidoptera: Pyralidae), foram preferidas por três espécies de *Trichogramma* em estudo desenvolvido por Grieshop *et al.* (2010). Pereira *et al.*

(2004) indicaram uma combinação de uma fêmea de *T. pretiosum* para 25 ovos de *P. xylostella*. Estudos com pequenas densidades levaram a uma baixa razão sexual (Pratissoli *et al.* 2005, Polanczyk *et al.* 2011), fato indesejado, sabendo que as fêmeas produzidas darão segmento no processo de parasitismo. O comportamento de procura de *T. pretiosum* por hospedeiros é facilitado em locais de maior disponibilidade de hospedeiro (Zago *et al.* 2010).

A adaptação às condições climáticas, sobretudo à temperatura, é um dos fatores mais importantes para a eficiência desses parasitoides. Dentro da faixa de 18 a 30 °C a taxa de parasitismo de *T. pretiosum* sobre ovos de *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) não apresentou grandes variações (Foerster *et al.* 2014). No entanto, em outros hospedeiros noctuídeos, tais como: *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), *Chrysodeixis includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Heliothis virescens* (Fabr.) (Lepidoptera: Noctuidae) (Bueno *et al.* 2010, Andrade *et al.* 2011, Bueno *et al.* 2012), o desempenho sofre alterações entre as temperaturas 18 e 32 °C.

Diante do exposto, esse trabalho tem o objetivo de determinar características biológicas de *T. pretiosum*, linhagem comercial nacional parasitando ovos *H. armigera* em função da idade do ovo, disponibilidade de ovos e diferentes temperaturas.

Literatura Citada

- Ali, A., R.A. Choudhury, Z. Ahmad, F. Rahman, F.R. Khan & S.K. Ahmad. 2009.** Some biological characteristics of *Helicoverpa armigera* on chickpea. Tunisian J. Pl. Prot. 4: 99-106.
- Andrade, G.S., D. Pratissoli, L.P. Dalvi, N. Desneux, H.J.G. Santos Jr. 2011.** Performance of four *Trichogramma* species (Hymenoptera: Trichogrammatidae) as biocontrol agents of *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) under various temperature regimes. J. Pest. Sci. 84: 313-320.
- Ávila, C.J., L.M. Vivian & V.G. Tomquelski. 2013.** Ocorrência, aspectos biológicos, danos e estratégias de manejo de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) nos

sistemas de produção agrícolas. Dourados, Embrapa Agropecuária Oeste, 12p. (Circular técnica 23).

Avilla, C. & J.E. González-Zamora. 2010. Monitoring resistance of *Helicoverpa armigera* to different insecticides used in cotton in Spain. *Crop Prot.* 29: 100-103.

Brambila, J. 2009. *Helicoverpa armigera*, old world bollworm diagnostic aid and field screening aid. USDA Cooperative Agricultural Pest Survey (CAPS). Disponível em: http://www.aphis.usda.gov/plant_health/plant_pest_info/owb/downloads/owb-screeningaid.pdf. Acesso em: 28/12/2014.

Brotodjojo, R.R.R. & G.H. Walter. 2006. Oviposition and reproductive performance of a generalist parasitoid (*Trichogramma pretiosum*) exposed to host species that differ in their physical characteristics. *Biol. Control* 39: 300-312.

Bueno, R.C.O.F., A.F. Bueno, J.R.P. Parra, S.S. Vieira & L.J. Oliveira. 2010. Biological characteristics and parasitism capacity of *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera, Trichogrammatidae) on eggs of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera, Noctuidae). *Rev. Bras. Entomol.* 54: 322-327.

Bueno, R.C.O.F., J.R.P. Parra & A.F. Bueno. 2012. *Trichogramma pretiosum* parasitism of *Pseudoplusia includes* and *Anticarsia gemmatalis* eggs at different temperatures. *Biol. Control* 60: 154-162.

Bueno, R.C.O.F., P.T. Yamamoto, M.M. Carvalho & N.M. Bueno. 2014. Occurrence of *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) on citrus in the State of São Paulo, Brazil. *Rev. Bras. Frutic.* 36: 520-523.

CABI. 2014. Crop Protection Compendium. *Helicoverpa armigera*. Disponível em: <http://www.cabi.org/cpc/datasheet/26757>. Acesso em 22/12/2015.

Chaturvedi, I. 2007. Status of insecticide resistance in the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner). *J. Cent. European Agric.* 8: 171-182.

Cleary, A.J., B.W. Cribb & D.A.H. Murray. 2006. *Helicoverpa armigera* (Hübner): can wheat stubble protect cotton from attack. *Aust. J. Entomol.* 45: 10-15.

- Czepak, C., K.C. Albernaz, L.M. Vivian, H.O. Guimarães & T. Carvalhais. 2013.** Primeiro registro de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) no Brasil. *Pesq. Agropec. Trop.* 43: 110-113.
- Davies, A.P. & M.P. Zalucki. 2008.** Collection of *Trichogramma* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) from tropical northern Australia: a survey of egg parasitoids for potential pest insect biological control in regions of proposed agricultural expansion. *Aust. J. Entomol.* 47: 160-167.
- Davies, A.P., U.S. Pufke & M.P. Zaluchi. 2009.** *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) ecology in a tropical Bt transgenic cotton cropping system: sampling to improve seasonal pest impact estimates in the Ord river irrigation area, Australia. *J. Econ. Entomol.* 102: 1018-1031.
- Davies, A.P., C.M. Carr, B.C.G. Scholz & M.P. Zalucki. 2011a.** Using *Trichogramma* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) for insect pest biological control in cotton crops: an Australian perspective. *Aust. J. Entomol.* 50: 424-440.
- Davies, A.P., U.S. Pufke & M.P. Zalucki. 2011b.** Spatio-temporal variation in *Helicoverpa* egg parasitism by *Trichogramma* in a tropical Bt-transgenic cotton landscape. *Agric. For. Entomol.* 13: 247-258.
- EMBRAPA, 2013.** Ações emergenciais propostas pela EMBRAPA para o manejo integrado de *Helicoverpa* spp. em áreas agrícolas. Disponível em: https://www.google.com.br/search?biw=1280&bih=656&client=psy-ab&q=a%C3%A7%C3%B5es+emergenciais+helicoverpa+armigera&btnG=&oq=a%C3%A7%C3%B5es+emergenciais+helicoverpa+armigera&gs_l=hp.3..33i21.1043984.1055644.10.1055842.44.42.2.0.0.566.12879.2-18j19j2j2.41.0....0...1c.1.26.hp..66.59.21574.fGQ-D8SV84w&psj=1. Acesso em 03 jan 2013.
- Faria, C.A., J.B. Torres & A.M.I. Farias. 2000.** Resposta funcional de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) parasitando ovos de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae): efeito da idade do hospedeiro. *An. Soc. Entomol. Brasil* 29: 85-93.
- Feng, H.Q., K.M. Wu, Y.X. Ni, D.F. Cheng & Y.Y. Guo. 2005.** High-altitude windborne transport of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in mid-summer in Northern China. *J. Insect Behav.* 18: 335-349.
- Feng, H.Q., X. Wu, B. Wu & K. Wu. 2009.** Seasonal migration of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) over the Bohai Sea. *Entomol. Soc. Am.* 102: 95-104.
- Figueiredo, E., F. Amaro, C. Gonçalves, M. Godinho, E.V.A. Salvador & S. Albano. 2006.** Lagarta do tomate, p. 42-50. In F. Amaro & A. Mexia (eds.), *Proteção integrada em tomate de indústria*. Oeiras, Instituto Nacional de Investigação Agrária e das Pescas, 114p.

- Foerster, M.R., C.A. Marchioro & L.A. Foerster. 2014.** Temperature-dependent parasitism, survival, and longevity of five species of *Trichogramma* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) associated with *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae). *Neotrop. Entomol.* 43: 176-182.
- Grieshop, M.J., P.W. Flinn & J.R. Nechols. 2010.** Effects of intra-and interpatch host density on egg parasitism by three species of *Trichogramma*. *J. Insect Sci.* 10: 1-14.
- Guerra, W.D., A.L.L.D. Guerra, L.N. Ribas, R.M. Gonçalves & T. Mastrangelo. 2014.** Molecular identification of a parasitic fly (Diptera: Tachinidae) from the introduced *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. *Entomol. Ornithol. Herpetol.* 3: 1-4.
- Jadhav, D.R. & N.J. Armes. 2013.** Diapause in two tachinid (Diptera: Tachinidae) parasitoids of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) in Southern India. *Asian J. Agric. Sci.* 5: 118-125.
- Jarjees, E.A. & D.J. Merritt. 2004.** The effect of parasitization by *Trichogramma australicum* on *Helicoverpa armigera* host eggs and embryos. *J. Invertebr. Pathol.* 85: 1-8.
- Jouben, N., S. Agnolet, S. Lorenz, S.E. Schöne, R. Ellinger, B. Schneider & D.G. Heckel. 2012.** Resistance of Australian *Helicoverpa armigera* to fenvalerate is due to the chimeric P450 enzyme CYP337B3. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 109: 15206-15211.
- Karim, S. 2000.** Management of *Helicoverpa armigera*: a review and prospectus for Pakistan. *Pakistan J. Biol. Sci.* 3: 1213-1222.
- Ko, K., Y. Liu, M. Hou, D. Babendreier, F. Zhang & K. Cañção. 2014.** Evaluation for potential *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) strains for control of the striped stem borer (Lepidoptera: Crambidae) in the Greater Mekong Subregion. *J. Econ. Entomol.* 107: 955-963.
- Krishnamoorthy, A. 2012.** Exploitation of egg parasitoids for control of potential pests in vegetable ecosystems in India. *Comun. Sci.* 3: 1-15.
- Kurban, A., H. Yoshida, Y. Izumi, S. Sonoda & H. Tsumuki. 2007.** Pupal diapause of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae): sensitive stage for thermal induction in the Okayama (western Japan) population. *Bull. Entomol. Res.* 97: 219-223.
- Leite N.A., A. Alves-Pereira, A.S. Corrêa, M.I. Zucchi & C. Omoto. 2014.** Demographics and genetic variability of the new world bollworm (*Helicoverpa zea*) and the old world bollworm (*Helicoverpa armigera*) in Brazil. *PlosOne.* 9: 1-9.
- Li, J., F. Yan, T.A. Coudron, W. Pan, X. Zhang, X. Liu & Q. Zhang. 2006.** Field release of the parasitoid *Microplitis mediator* (Hymenoptera: Braconidae) for control of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in cotton fields in Northwestern China's Xinjiang province. *Environ. Entomol.* 35: 694-699.

- Liu, Z., P. Gong, D. Li & W. Wei. 2010.** Pupal diapause of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) mediated by larval host plants: pupal weight is important. *J. Insect Physiol.* 56: 1863-1870.
- Luo, S., S.E. Naranjo & K. Wu. 2014.** Biological control of cotton pests in China. *Biol. Control* 68: 6-14.
- Mastrangelo, T., D.F. Paulo, L.W. Bergamo, E.G.F. Morais, M. Silva, G. Bezerra-Silva & A.M.L. Azeredo-Espin. 2014.** Detection and genetic diversity of a Heliothine invader (Lepidoptera: Noctuidae) from north and northeast of Brazil. *J. Econ. Entomol.* 107: 970-980.
- Mironidis, G.K. & M. Savopoulou-Soultani. 2012.** Effects of constant and changing temperature conditions on diapause induction in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). *Bull. Entomol. Res.* 102: 139-147.
- Mironidis, G.K. 2014.** Development, survivorship and reproduction of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) under fluctuating temperatures. *Bull. Entomol. Res.* 104: 751-764.
- Nimbalkar, R.K., S.S. Shinde, D.S. Tawar & S.P. Muley. 2009.** Response of cotton bollworm *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) to different insecticides in Maharashtra, India. *World J. Agric. Sci.* 5: 250-255.
- Oztemiz, S. 2008.** Natural parasitism rate of *Trichogramma evanescens* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) and its release efficacy against the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) in the Cukurova region, Turkey. *Americ. Entomol. Soc.* 119: 19-33.
- Oztemiz, S., M. Karacaoglu & F. Yarpuzlu. 2009.** Parasitization rate of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) eggs after field releases of *Trichogramma evanescens* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in cotton in Cukurova region of Turkey. *J. Kans. Entomol. Soc.* 82: 183-193.
- Pereira, F.F., R. Barros & D. Pratissoli. 2004.** Desempenho de *Trichogramma pretiosum* Riley e *T. exiguum* Pinto & Platner (Hymenoptera: Trichogrammatidae) submetidos a diferentes densidades de ovos de *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Ciê. Rural* 34: 1669-1674.
- Pinóia, S.S.F. 2012.** Eficácia de *Bacillus thuringiensis* (Berliner) e spinosade no combate a *Helicoverpa armigera* (Hbn) (Lepidoptera: Noctuidae) em tomateiro. Dissertação de Mestrado, Ulisboa, Lisboa, 89p.
- Polanczyk, R.A., D. Pratissoli, A.M. Holtz, C.L.T. Pereira & I.S.A. Furtado. 2007.** Efeito da idade de *Trichogramma exiguum* e do desenvolvimento embrionário da traça-das-crucíferas sobre as características biológicas do parasitóide. *Acta Sci. Biol. Sci.* 29: 161-166.

- Polanczyk, R.A., W.F. Barbosa, F.N. Celestino, D. Pratissoli, A.M. Holtz, A.M. Milanez, J.G. Cochetto & A.F. Silva. 2011.** Influência da densidade de ovos de *Diaphania hyalinata* (L.) (Lepidoptera: Crambidae) na capacidade de parasitismo de *Trichogramma exiguum* Pinto & Platner e *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Neotrop. Entomol. 40: 238-243.
- Poltronieri, A.S., E.D.B. Silva, E.S. Araujo, J.M. Schuber & P.L. Pastori. 2008.** Características biológicas de duas linhagens de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos da mariposa-oriental com diferentes idades. Bol. San. Veg. Plagas 34: 349-356.
- Pratissoli, D., R.A. Polanczyk, C.L.T. Pereira, I.S.A. Furtado & J.G. Cochetto. 2007.** Influência da fase embrionária dos ovos da traça-das-crucíferas sobre fêmeas de *Trichogramma pretiosum* com diferentes idades. Hortic. Bras. 25: 286-290.
- Pratissoli, D., U.R. Vianna, E.F. Reis, G.S. Andrade & A.F. Silva. 2005.** Influência da densidade de ovos de *Spodoptera frugiperda* em alguns aspectos biológicos de três espécies de *Trichogramma*. Rev. Bras. Milho Sorgo 4: 1-7.
- Pratissoli, D., V.L.S. Lima, V.D. Pirovani & W.L. Lima. 2015.** Occurrence of *Helicoverpa armigera* on tomato in the Espírito Santo state. Hortic. Bras. 33:114-118.
- Specht, A., D.R. Sosa-Gomez, S.V. Paula-Moraes & S.A.C. Yano. 2013.** Identificação morfológica e molecular de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) e ampliação de seu registro de ocorrência no Brasil. Pesq. Agropec. Bras. 48: 689-692.
- Tay, W.T, M.F. Soria, T. Walsh, D. Thomazoni, P. Silvie, G.T. Behere, C. Anderson & S. Downes. 2013.** A brave new world for an old world pest: *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. Plos One 8: 1-7.
- Thanavendan, G. & S. Jeyarani. 2010.** Effect of different temperature regimes on the biology of *Bracon brevicornis* Wesmael (Braconidae: Hymenoptera) on different host larvae. J. Biopestic. 3: 441-444.
- Thomazoni, D., M.F. Soria, E.J.G. Pereira & P.E. Degrande. 2013.** *Helicoverpa armigera*: perigo iminente aos cultivos de algodão, soja e milho do Estado do Mato Grosso. Mato Grosso, Instituto Mato-grossense do algodão, 12p. (circular técnica 5).
- Venette, R.C., E.E. Davis, J. Zaspel, H. Heisler & M. Larson. 2003a.** Mini risk assessment old world bollworm, *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae). US Department of Agriculture. Disponível em: http://www.aphis.usda.gov/plant_health/plant_pest_info/owb/downloads/mini-risk-assessment-harmigerapra.pdf. Acesso em 22/12/2015.
- Venette, R.C., E.E. Davis, J. Zaspel, H. Heisler & M. Larson. 2003b.** Mini risk, *Helicoverpa armigera*. Disponível em:

http://www.aphis.usda.gov/plant_health/plant_pest_info/owb/downloads/owb-factsheet.pdf.
Acesso em: 22/12/2014.

- Walker, P.W. 2011.** Biology and development of *Chaetophthalmus dorsalis* (Malloch) (Diptera: Tachinidae) parasitizing *Helicoverpa armigera* (Hübner) and *H. punctigera* Wallengren (Lepidoptera: Noctuidae) larvae in the laboratory. *Aust. J. Entomol.* 50: 309-318.
- Zago, H.B., R. Barros, J.B. Torres & D. Pratissoli. 2010.** Distribuição de ovos de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) e o parasitismo por *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Neotrop. Entomol.* 39:241-247.
- Zhang, S.-Y., B.-Y. Xie, J. Cui & D.-M. Li. 2006.** Biology of *Campoletis chloridae* (Uchida) (Hym., Ichneumonidae) developing in Bt-treated, Bt-resistant *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lep., Noctuidae) larvae. *J. Appl. Entomol.* 130: 268-274.

CAPÍTULO 2

INFLUÊNCIA DA IDADE E DA DENSIDADE DE OVOS NO PARASITISMO DE *Helicoverpa armigera* (HÜBNER) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) POR *Trichogramma* *pretiosum* RILEY (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE)¹

VITOR ZUIM² E DIRCEU PRATISSOLI³

²Departamento de Agronomia – Entomologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Av. Dom Manoel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, 52171-900 Recife, PE, Brasil.

³Departamento de Produção Vegetal – NUDEMAFI, Centro de Ciências Agrárias da
Universidade Federal do Espírito Santo, Alto Universitário, s/n, 29500-000 Alegre, ES, Brasil.

¹Zuim, V. & D. Pratissoli. Influência da idade e da densidade de ovos no parasitismo de *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) por *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). A ser submetido.

RESUMO – A lagarta *Helicoverpa armigera* (Hübner) é uma praga polífaga com recente registro de ocorrência no Brasil. A utilização do controle biológico com parasitoides de ovos tem sido uma alternativa para o controle desta praga em outras regiões. Assim, este trabalho avaliou a aceitação de ovos da praga de diferentes idades (0-12, 24-36, 48-60 h) pelo parasitoide *Trichogramma pretiosum* Riley, bem como o parasitismo nas densidades de ovos de 15, 20, 25 e 30 por fêmea do parasitoide empregando uma linhagem comercial brasileira. Em ambos os experimentos foram avaliados a taxa de parasitismo e de emergência, número de descendentes emergidos por ovo parasitado e a razão sexual. Ovos de *H. armigera* com até 36 h proporcionaram superior parasitismo e taxa de emergência de descendentes (> 85,8%) comparado a ovos com até 72 h de idade (77,6%). A emergência foi superior a um parasitoide por ovo parasitado e a razão sexual manteve-se em torno de 80% de fêmeas independentemente da idade do ovo do hospedeiro. Em relação a densidade de ovos disponíveis, o parasitoide respondeu com superior porcentagem de parasitismo (> 72,8%) na densidade de 20 ovos, emergência (> 89,5%) e número de indivíduos por ovo parasitado (> 1,68) foram superiores nas densidades de 20 e 25 ovos de *H. armigera* por fêmea do parasitoide. Estes resultados indicam que *T. pretiosum* parasita com superior desempenho ovos com idade até 36 h e em densidades de 20 ovos por fêmea/dia, em condições de laboratório. Esses resultados auxiliarão na programação dos intervalos entre as liberações do parasitoide para o controle da praga, quando acoplados ao conhecimento da sobrevivência do parasitoide em condições de campo e de sua infestação.

PALAVRAS-CHAVE: Controle biológico, praga exótica, parasitoide de ovo, interação parasitoide-hospedeiro

INFLUENCE OF AGE AND DENSITY OF EGGS ON PARASITISM OF *Helicoverpa armigera*
(HÜBNER) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EGG BY *Trichogramma pretiosum* RILEY
(HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE)

ABSTRACT – The caterpillar *Helicoverpa armigera* (Hübner) is a polyphagous pest with recent record of occurrence in Brazil. The use of biological control with egg parasitoid has been an alternative to control this pest in other regions. This study evaluated the parasitism of egg of different ages (0-12, 24-36, 48-60 h) and under different densities (15, 20, 25 and 30 eggs per female) using a Brazilian commercial strain of *Trichogramma pretiosum* Riley. In both experiments were evaluated parasitism and emergence rates, number of parasitoids emerged per parasitized egg and sex ratio. Eggs of *H. armigera* up to 36 h provided higher parasitism and emergence rates (> 85.8%) compared to eggs up to 72 h of age (77.6%). The number of parasitoids emerged per parasitized egg was greater than one and the sex ratio remained around 80% of females regardless of the host egg age. Regarding the density of eggs available, the parasitoid responded with superior rates of parasitism (>72.8%), emergence (>89.5%), and number of parasitoid produced per egg parasitized (>1.68 adults) at densities of 20 and 25 eggs of *H. armigera* per parasitoid female. These results indicate that *T. pretiosum* parasite eggs with superior performance on eggs up to 36 h old and densities of 20 eggs per female / day in laboratory conditions. These results will help to set up the intervals between parasitoid releases aiming to the control of this pest when adjusted with the knowledge of the parasitoid survival in the field and the pest infestation.

KEY WORDS: Biological control, exotic pest, egg parasitoid, host-parasitoid interaction

Introdução

Recentemente, a lagarta-armigera, *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae), uma praga cosmopolita e polífaga, foi constatada no Brasil (Czepak *et al.* 2013, Specht *et al.* 2013) e, desde então, vêm ocasionando perdas na produção de diversas culturas (Ávila *et al.* 2013, Czepak *et al.* 2013, Thomazoni *et al.* 2013, Bueno *et al.* 2014a, Pratissoli *et al.* 2015).

Entre as várias culturas com prejuízos resultantes das injúrias desta praga, destaca-se o algodão com redução de produção de cerca de 11% e aumento nos custos com o controle de 25% na safra 2012/2013 (ABRAPA 2013). As principais injúrias são a desfolha e o ataque das estruturas reprodutivas pelas lagartas. Além dos danos mecânicos nos frutos, aumenta a ocorrência de agentes patogênicos secundários (fungos e bactérias) que podem se proliferar e deteriorar a qualidade dos mesmos (Kakimoto *et al.* 2003, Venette *et al.* 2003). No início da fase de lagarta, elas se alimentam preferencialmente das folhas e estão mais expostas aos agentes de controle (Figueiredo *et al.* 2006); e em instares mais avançados passam a atacar as estruturas reprodutivas das plantas que podem se localizar nas partes mais baixas protegidas pelo dossel da planta, ou mesmo, se alojar no interior dos frutos tornando-se parcialmente protegidas dos métodos de controle.

Levando em conta a recente ocorrência no país, o controle tem sido dificultado devido à ausência de práticas de manejo adaptadas a nossa realidade agrícola além da diversidade de culturas, clima e múltiplos ciclos de cultivos por ano possíveis no Brasil. Assim, o controle com inseticidas biológicos e químicos tem sido empregado de forma emergencial (EMBRAPA 2013) e a busca por alternativas de controle e sua eficácia para o manejo integrado da praga são necessários. Assim, tem-se estudado várias formas de controle, tais como: inseticida biológico a base do vírus HzNPV (Papa *et al.* 2014, Zanardi Jr *et al.* 2014), toxinas Cry (Tavares *et al.* 2014), parasitoide de ovo (Silva *et al.* 2014a), parasitoides de lagartas (Guerra *et al.* 2014, Silva *et al.*

2014b), parasitoides de pupa (Simonato *et al.* 2014, Bueno *et al.* 2014b, Bueno *et al.* 2014c) e o nematoide *Steinernema brazilense* Nguyen, Ginarte, Leite, Santos & Harakava (Rhabditida: Steinernematidae) (Soares *et al.* 2013). Dentre esses, destaca-se o uso de parasitoides de ovo, pois, promovem a redução populacional da praga antes que ocorra danos às culturas.

Entre os parasitoides, espécies de *Trichogramma* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) são as mais estudadas e utilizadas em todo o mundo pela sua eficiência e facilidade de multiplicação em laboratório para posterior liberação em campo de forma inundativa, especialmente para controle de lepidópteros-praga (Pinto 2006). Por exemplo, em países onde *H. armigera* está presente há mais tempo, a utilização de *Trichogramma* já é realidade para o seu controle (Davies & Zalucki 2008, Davies *et al.* 2009). No entanto, as mudanças bioecológicas da praga podem resultar em diferentes respostas quanto ao uso dos parasitoides.

A eficiência de parasitoides de ovos no manejo integrado de pragas depende da adequação do número de parasitoides a serem liberados em relação a densidade dos ovos do hospedeiro presentes no agroecossistema (Parra & Zucchi 1997, Pereira *et al.* 2004) e os intervalos de liberação a partir do conhecimento do estágio de desenvolvimento embrionário que os ovos do hospedeiro se encontram (Polanczyk *et al.* 2007, Ko *et al.* 2014). Deste modo, o objetivo deste trabalho foi obter a densidade ótima de ovos de *H. armigera* por fêmea de *T. pretiosum* e avaliar a influência das diferentes fases de desenvolvimento embrionário de *H. armigera* no parasitismo por *T. pretiosum*.

Material e Métodos

Os experimentos foram desenvolvidos nas dependências do Núcleo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Manejo Fitossanitário “NUDEMAFI”, no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), em Alegre, ES.

Obtenção e Multiplicação de *H. armigera*. A coleta das lagartas de *H. armigera* foi realizada em plantios de tomate na cidade de Alegre (Distrito de Rive, 20°45'54''S e 41°27'27''O) e levadas ao laboratório dentro dos frutos de tomate infestados; sendo posteriormente individualizados em potes plásticos (10 cm de diâmetro x 8 cm de altura). Esses potes foram preenchidos em 1/4 com areia esterilizada (4 h em estufa de circulação forçada a 170 °C) para permitir as lagartas a construção do abrigo para passarem a fase de pupa. As pupas foram transferidas para gaiolas de acrílico (45 cm de altura x 40 cm de largura x 50 cm de profundidade) até a emergência dos adultos. Alguns espécimes foram separados e enviados ao Dr. Alexandre Specht da Embrapa Cerrado para identificação. Após quatro dias, tempo necessário para maturação sexual, os adultos foram coletados e inseridos em tubos de PVC (20 cm de diâmetro x 25 cm de altura) revestidos internamente com papel padaria, sendo a extremidade superior fechadas com papel toalha e tecido do tipo “voil” e a extremidade inferior apoiada em base de isopor revestida por papel padaria. Para alimentação dos adultos em ambas gaiolas foi oferecida uma solução de mel a 10% diariamente. Os ovos de *H. armigera* depositados na parede interna dos tubos e no papel toalha foram coletados e acondicionados em recipientes plásticos. Após a eclosão, as lagartas foram individualizadas em tubos de vidro (8,5 x 2,5 cm) preenchidos em até 1/3 de seu volume com dieta artificial à base de feijão, germe de trigo e farelo de soja (Giolo *et al.* 2006). As lagartas foram mantidas nesses recipientes até o período pupal. As pupas foram tratadas com solução de hipoclorito de cloro a 10% e lavadas em água deionizada. Todos os estágios de desenvolvimento da praga foram mantidos em sala climatizada (25 ± 1 °C, UR de 70 ± 10% e fotofase de 14 h).

Criação do Hospedeiro Alternativo para o Parasitoide *Anagasta kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). A criação foi conduzida em laboratório (25 ± 1 °C, UR 70 ± 10% e fotofase de 14h) de acordo com a metodologia desenvolvida pelo laboratório do NUDEMAFI, utilizando dieta homogeneizada à base de farinha de trigo integral (60%), farinha de milho (37%)

e levedura de cerveja (3%). A dieta era distribuída em caixas plásticas (30 x 25 x 10 cm) com fitas de papelão corrugado (25 x 2 cm) no fundo, sendo distribuídos cerca de 0,3 g de ovos por caixa. Procedeu-se a coleta dos adultos diariamente, com aspirador de pó adaptado, transferindo para gaiolas de PVC (150 mm de diâmetro x 25 cm de altura) contendo telas de náilon no interior, dobradas em ziguezague, que serviram de substrato para a oviposição. A extremidade superior da gaiola foi fechada com tecido tipo filó. Os ovos coletados diariamente, por cinco dias, e posteriormente armazenados e conservados em geladeira a 4 ± 1 °C, pelo período máximo de 20 dias (Milanez *et al.* 2009).

Obtenção e Multiplicação de *T. pretiosum*. Este estudo foi realizado empregando a linhagem comercial denominada de Tricho-Strip-P da Koppert Biological Systems Ltda (Piracicaba, SP) adquirida e mantida no laboratório do NUDEMAFI a 25 ± 1 °C, UR $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14h. A multiplicação desses parasitoides foi realizada em ovos do hospedeiro alternativo *A. kuehniella*. Empregando-se goma arábica (10% p.v⁻¹), ovos do hospedeiro alternativo foram colocados em cartelas de cartolina azul celeste (8,0 x 2,0 cm), e expostos a lâmpada germicida para inviabilização, por um período de 50 minutos (Pratissoli *et al.* 2010). Essas cartelas foram inseridas em tubos de vidro (8,5 x 2,5 cm) contendo adultos recém-emergidos do parasitoide. Após 24h, as cartelas foram transferidas para um tubo limpo e armazenadas até a emergência da próxima geração.

Influência da Idade dos Ovos de *Helicoverpa armigera* no Parasitismo por *Trichogramma pretiosum*. Fêmeas recém-emergidas de *T. pretiosum* foram individualizadas em microtubos Eppendorf™, contendo uma gotícula de mel depositada na parede interna. Ovos de *H. armigera* foram retirados da criação estoque durante três dias consecutivos e reservados. Em seguida estes ovos, com 0-12, 24-36 e 48-60 h, foram expostos por 24 h para as fêmeas de *T. pretiosum*. Os ovos foram colados com goma arábica (10% p.v⁻¹), em número de 30 ovos por fêmea do

parasitoide, em cartelas de cartolina azul celeste (0,5 x 2,5 cm), com auxílio de pincel. As cartelas foram oferecidas para o parasitismo das fêmeas durante 24 h. Após esse período, as fêmeas foram removidas e as cartelas contendo os ovos parasitados mantidas nos microtubos até a emergência dos parasitoides. Diariamente os microtubos foram vistoriados para a retirada das lagartas eclodidas, uma vez que as mesmas poderiam danificar os ovos parasitados. A partir da emergência dos parasitoides o número médio de ovos parasitados, porcentagem de emergência, razão sexual [No. de fêmeas/ (No. de fêmeas + No. de machos)] e número de parasitoides emergidos por ovo foram estimados.

Empregou-se o delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos representados pelos intervalos de idade dos ovos e 20 repetições (fêmeas). As premissas da ANOVA foram testadas usando “PROC UNIVARIATE” e os dados transformados quando necessários. Em seguida, os resultados foram submetidos à análise de variância (PROC ANOVA) e teste de Tukey (HSD) a 5% de probabilidade para a separação das médias empregando o programa estatístico SAS, versão 9.0 (SAS Institute 2001).

Influência da Densidade de Ovos de *Helicoverpa armigera* sobre o Parasitismo por *Trichogramma pretiosum*. Fêmeas recém-emergidas de *T. pretiosum* foram individualizadas em microtubos contendo uma gotícula de mel depositada na parede interna. Ovos de *H. armigera* de 48h de desenvolvimento embrionário foram retirados da criação estoque e colados, com goma arábica (10% p.v⁻¹), em diferentes densidades (15, 20, 25 e 30), em cartelas de cartolina azul celeste (0,5 x 2,5 cm), com auxílio de pincel. As cartelas foram oferecidas para o parasitismo das fêmeas por 24h em câmaras climatizadas (25 ± 1 °C, 70 ± 10% UR e fotofase de 14 h). Após esse período, as fêmeas foram removidas e as cartelas contendo os ovos parasitados mantidas nos microtubos até a emergência dos parasitoides. Diariamente os microtubos foram vistoriados para a retirada das lagartas eclodidas. A partir do número de ovos parasitados, foi calculado: parasitismo

(%), emergência (%) e razão sexual [No. de fêmeas/ (No. de fêmeas + No. de machos)], bem como o número de parasitoides emergidos por ovo parasitado.

O bioensaio foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (densidades) e 15 repetições (fêmeas). Os dados foram testados para normalidade e homogeneidade de variância. Posteriormente, foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, utilizando o programa R (Ferreira *et al.* 2011).

Resultados

Influência da Idade dos Ovos de *Helicoverpa armigera* no Parasitismo por *Trichogramma pretiosum*. O número médio de ovos parasitados por *T. pretiosum* variou em função da fase de desenvolvimento embrionário dos ovos de *H. armigera* ($F_{2, 42} = 39,27$; $P < 0,0001$) (Tabela 1). Ovos de 0-12 e 24-36 h, proporcionaram maior número de ovos parasitados, em relação a idade 48-60 h. Também, a porcentagem de emergência dos parasitoides assumiu efeito similar ao número de ovos parasitados, onde ovos de idade até 24-36 h proporcionaram a melhor taxa de emergência. A idade de até 48-60 h de desenvolvimento dos ovos proporcionou inferior taxa de emergência ($F_{2, 42} = 6,41$; $P = 0,0027$), porém se mantendo acima de 70% (Tabela 1). A quantidade de indivíduos emergidos por ovo parasitado ($F_{2, 42} = 2,98$; $P = 0,0619$), não diferiu em função da idade dos ovos de *H. armigera* (Tabela 1) bem como, a razão sexual ($F_{2, 42} = 0,93$; $P = 0,4006$) obtida de 79% e 83% de fêmeas.

Influência da Densidade de Ovos de *H. armigera* sobre o Parasitismo por *T. pretiosum*. A porcentagem de ovos parasitados por *T. pretiosum* variou em função da densidade de ovos de *H. armigera* oferecidos (Tabela 2). Quando ofertados na densidade de 20 ovos por fêmea foi observado a maior taxa de parasitismo por *T. pretiosum* ($F_{3, 56} = 8,43$; $P = 0,0001$), seguidos pelas

densidades de 25 e 30 ovos e superiores a densidade de 15 ovos. A produção de descendentes foi similar para todas as densidades, sendo superior a 85,7%, exceto para a densidade de 30 ovos de *H. armigera*, onde a emergência foi de 77,1% ($F_{3, 56} = 4,78$; $P = 0,0049$) (Tabela 2). A oferta de 20 e 25 ovos por fêmea proporcionou os maiores números de parasitoides emergidos por ovo, e mostrou-se superior as densidades de 15 e 30 ovos por fêmea ($F_{3, 56} = 3,87$; $P = 0,0138$) (Tabela 2). A razão sexual dos descendentes, entre 77 e 80% de fêmeas, não foi influenciada pela densidade de ovos oferecidos às fêmeas ($F_{3, 56} = 0,76$; $P = 0,5214$).

Discussão

Apesar de ocorrer produção de descendentes em todas as idades de ovo estudadas, o valor médio de ovos parasitados foi superior para ovos de até 36 h de idade. Isto demonstra que ovos até esta idade propiciam a melhor aceitação desse hospedeiro por *T. pretiosum*. O número de ovos com 48-60 h de desenvolvimento foi reduzido, entretanto, em média 50% ($n=15/30$) da densidade de ovos ofertada foi parasitada (Tabela 1). Isso é importante, pois em campo e em altas populações da praga, pode ser observado oviposição em todo o desenvolvimento da cultura (Duffield & Chapple 2001) e a idade de ovos será variável para o parasitoide. Assim, intervalos de liberação do parasitoide podem ocorrer acima de dois dias considerando que ovos depositados há 48 h, ainda são parasitados, bem como aqueles que irão ser depositados durante o período de sobrevivência das fêmeas liberadas de *Trichogramma*. Portanto, dados sobre a sobrevivência das fêmeas do parasitoide sob as condições predominantes na região da liberação devem ser considerados para recomendar os intervalos de liberação acima de 48 h.

Os resultados obtidos com média de 70% para número de ovos parasitados em ovos de até 48 h (Tabela 1) corroboram com os resultados obtidos com este parasitoide empregando ovos de *Bonogota salubricola* (Meyrick) (Lepidoptera: Tortricidae) (Pastori *et al.* 2010), *Grapholita*

molesta (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae) (Poltroniere *et al.* 2008), *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) (Pratissoli *et al.* 2007), *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) (Pratissoli & Oliveira 1999) e *Trichoplusia ni* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), *Pieris rapae* (L.) (Lepidoptera: Pieridae), *P. xylostella* (Godin & Boivin 2000) e *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) (Faria *et al.* 2000), onde ovos com idades até 72 h ou 96 h dependendo da espécie hospedeira, foram parasitados, contudo com melhor desempenho conferidos a ovos de até 48 h de idade.

O número de ovos parasitados por *T. pretiosum* aumentou proporcionalmente com a densidade de ovos de *H. armigera*, atingindo uma média máxima de 21,7 ovos, quando oferecidos 30 ovos. A quantidade de ovos parasitados tende a crescer e se estabilizar quando é alcançada a máxima capacidade de parasitismo da fêmea (Pratissoli *et al.* 2005). Estes autores observaram um máximo de parasitismo de *T. pretiosum*, quando 17,31 ovos foram parasitados na densidade de 25 ovos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), bem como 31,1 ovos de *T. absoluta* quando foi ofertado até 60 ovos por fêmea de *T. pretiosum* por dia (Faria *et al.* 2000).

As fêmeas de *Trichogramma* são conhecidas pela capacidade de avaliar o hospedeiro através do seu exame com os movimentos da antena e a sondagem com o ovipositor (Hassan 1997). Com o desenvolvimento do ovo, inúmeros fatores são modificados. Ovos mais jovens apresentam características nutricionais mais atrativas ao parasitoide (Godin & Boivin 2000). Portanto com o desenvolvimento, a composição dos nutrientes de reserva é modificada em tecidos quimicamente mais complexos (Vinson 1997), bem como o desenvolvimento embrionário torna-o mais resistente ao parasitismo ocasionando redução na taxa de viabilidade.

Uma hipótese para o aumento do número de ovos parasitados, pode ser fundamentada pela diminuição nos tempos para cada etapa do comportamento de parasitismo: reconhecimento externo do ovo, penetração do ovipositor e exame interno, após o parasitismo do primeiro ovo de

qualidade ideal. Desta forma, há um encurtamento sucessivo no comportamento de parasitismo, ligado à aprendizagem da fêmea quando parasitado o primeiro ovo (Beserra & Parra 2003, Moreira *et al.* 2009). No entanto, a aprendizagem das fêmeas em relação ao número de ovos parasitados, depende das características físico-químicas do ovo do hospedeiro, já que estas exibem um comportamento de busca caracterizado por sinais químicos (Colazza *et al.* 2010). Quando mantidas sucessivas gerações num mesmo hospedeiro, o parasitoide adquire um condicionamento pré-imaginal, que retarda a aceitação de novos hospedeiros (Volpe *et al.* 2006, Siqueira *et al.* 2012). Entretanto, a variabilidade genética da população de *Trichogramma*, resulta em fêmeas mais ou menos agressivas, com maior aceitação e capacidade de parasitismo em posturas com diferentes barreiras físicas (Beserra & Parra 2004).

Ovos de 0-12 e 24-36 h de *H. armigera*, asseguraram taxas de emergência de *T. pretiosum* superiores a 85,8%, demonstrando ser as idades ideais, como também nos resultados de parasitismo. Esta taxa ficou em torno dos 90% quando as fêmeas receberam 20 ou 25 ovos. Uma redução na emergência foi detectada em ovos de 48-60 h. Contudo, uma média de 77,6% dos ovos parasitados apresentava orifício, o que juntamente com a taxa de parasitismo demonstram que o parasitoide é capaz de parasitar ovos desta idade. Nesses ovos mais velhos, o parasitoide já encontrará o embrião em estágio avançado de desenvolvimento, com cápsula cefálica esclerotizada e capaz de percorrer o interior do ovo (Moreno *et al.* 2009), sendo mais competitivo. Também, o endurecimento do córion limita a penetração do ovipositor, com isso, o parasitoide necessita de um maior tempo de manipulação do hospedeiro, assim, um menor número de ovos é parasitado (Faria *et al.* 2000). O parasitismo dos ovos mais velhos, obriga a larva do parasitoide a desenvolver-se mais rápido (Pizzol *et al.* 2012), podendo gerar indivíduos deformados incapazes de emergir.

A redução na emergência dos parasitoides em função do desenvolvimento embrionário foi constatado por diversos autores (Pratissoli *et al.* 2005, Pratissoli *et al.* 2007, Poltronieri *et al.* 2008, Pastori *et al.* 2010, Ko *et al.* 2014). Entre os fatores que influenciam na emergência dos parasitoides, a umidade, o tamanho, a idade e qualidade nutricional do ovo são principais. A manutenção da umidade do ovo é importante, pois o ressecamento do córion pode dificultar a emergência dos adultos (Nava *et al.* 2007).

O desenvolvimento embrionário não desempenhou alterações no número de parasitoides desenvolvidos por ovo, sendo, o número de parasitoides emergidos por ovo sempre superior a um parasitoide por ovo parasitado. Em todas as densidades estudadas, o número de indivíduos por ovo também foi maior que um e com resultados superiores nas densidades de 20 e 25 ovos com média de até 1,81 indivíduos por ovo. Isso pode ser explicado pelo tamanho do ovo de *H. armigera* que mede entre 0,42 - 0,60 mm (Ali *et al.* 2009), considerado grande quando comparado aos ovos do hospedeiro alternativo *A. kuehniella* utilizados para criação massal (Zamoner 2005), os quais medem cerca de 0,3 mm. Esta mesma produção foi encontrada por Pastori *et al.* (2010). Esses resultados indicam uma grande quantidade de nutrientes no ovo, capaz de suportar o desenvolvimento de mais de um parasitoide. No entanto, quando mais de um parasitoide se desenvolve no mesmo ovo, pode haver competição por alimento e resultar em indivíduos de menor tamanho e baixa qualidade nutricional, refletidos na redução do número de ovos parasitados por fêmea (Moreira *et al.* 2009).

A razão sexual da descendência variou entre 79 e 83% de fêmeas e não foi influenciada pela idade e densidade de ovos do hospedeiro. Estes valores estão de acordo com Poltronieri *et al.* (2008) e Pastori *et al.* (2010) para *T. pretiosum* e para *Trichogramma galloi* Zucchi (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos de *Diatraea saccharalis* (Fabr.) (Lepidoptera: Crambidae) (Oliveira *et al.* 2014).

Apesar da temperatura, umidade, espécie hospedeira e infecções por bactérias do gênero *Wolbachia* exercerem efeito sobre o número de fêmeas emergidas, o principal fator que determina essa proporção é a qualidade do ovo, reconhecida pela fêmea no momento da oviposição e a competição por recursos nutricionais entre parasitoide e embrião (Vinson 1997, Gonçalves *et al.* 2006, Dias *et al.* 2008, Moiroux *et al.* 2014). A proporção de ovo oferecido por parasitoide, não afetou a produção de fêmeas, dado que, manteve-se constante a temperatura, a umidade, e as idades da fêmea e do hospedeiro.

Para o estudo em questão, pode-se concluir que o desenvolvimento embrionário dos ovos da praga exerce influência sobre o número de ovos parasitados e a taxa de emergência dos mesmos, sendo a idade de até 36 h a mais favorável, bem como a densidade de ovos de até 20 ovos ofertados por fêmea a que proporciona a maior porcentagem de ovos parasitados. Enquanto a emergência é inferior na densidade de 30 e a quantidade de parasitoides produzidos por ovo parasitado é maior nas densidades 20 a 25.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos ao primeiro autor; ao Programa de Pós-graduação em Entomologia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco (PPGEA/UFRPE) e ao Núcleo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Manejo Fitossanitário do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (NUDEMAFI-CCA/UFES) por permitirem o desenvolvimento dessa pesquisa; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo a Pesquisa do Espírito Santo (FAPES) pelo apoio financeiro; ao pesquisador da Embrapa Cerrados, Dr. Alexandre Specht, pela confirmação dos espécimes.

Literatura Citada

- ABRAPA. 2013.** *Helicoverpa armigera* já representa metade do custo de controle de pragas do algodão. Disponível em: <http://www.abrapa.com.br/noticias/Paginas/Helicoverpa-armigera-ja-representa-metade-do-custo-de-controle-de-pragas-do-algodao.aspx>. Acesso em: 12/02/2015.
- Ali, A., R.A. Choudhury, Z. Ahmad, F. Rahman, F.R. Khan & S.K. Ahmad. 2009.** Some biological characteristics of *Helicoverpa armigera* on chickpea. Tunisian J. Pl. Prot. 4: 99-106.
- Ávila, C.J., L.M. Vivian & V.G. Tomquelski. 2013.** Ocorrência, aspectos biológicos, danos e estratégias de manejo de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) nos sistemas de produção agrícolas. Dourados, Embrapa Agropecuária Oeste, 12p. (Circular Técnica 23).
- Beserra E.B. & J.R.P. Parra. 2003.** Comportamento de parasitismo de *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner e *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera, Trichogrammatidae) em posturas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera, Noctuidae). Rev. Bras. Entomol. 47: 205-209.
- Beserra E.B. & J.R.P. Parra. 2004.** Biologia e parasitismo de *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner e *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera, Trichogrammatidae) em ovos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera, Noctuidae). Rev. Bras. Entomol. 48: 119-126.
- Bueno, R.C.O.F., P.T. Yamamoto, M.M. Carvalho & N.M. Bueno. 2014a.** Occurrence of *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) on citrus in the State of São Paulo, Brazil. Rev. Bras. Frutic. 36: 520-523.
- Bueno, N.M., R.C.O.F. Bueno, C.F. Wilcken, M.C. Candelaria, A.L. Favoretto, A.F. Godoy, L.G. Campos & R.Z.S. Deluzzi. 2014b.** Parasitismo de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) em pupa de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). In XXV Congresso Brasileiro de Entomologia, Goiânia, GO.
- Bueno, N.M., R.C.O.F. Bueno, C.F. Wilcken, M.C. Candelaria, A.L. Favoretto, A.F. Godoy, M. Cilento & P.M. Martins. 2014c.** Parasitismo de *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) em pupa de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). In XXV Congresso Brasileiro de Entomologia, Goiânia, GO.
- Colazza, S., E. Peri, G. Salerno & E. Conti. 2010.** Host searching by egg parasitoids: exploitation of host chemical cues, p. 97-148. In F.L. Cònsoli, J.R.P. Parra & R.A. Zucchi (eds.), Egg parasitoids in agroecosystems with emphasis on *Trichogramma*. Piracicaba, Springer, 479p.

- Czepak, C., K.C. Albernaz, L.M. Vivian, H.O. Guimarães & T. Carvalhais. 2013.** Primeiro registro de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) no Brasil. *Pesq. Agropec. Trop.* 43: 110-113.
- Davies, A.P. & M.P. Zalucki. 2008.** Collection of *Trichogramma* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) from tropical northern Australia: a survey of egg parasitoids for potential pest insect biological control in regions of proposed agricultural expansion. *Aust. J. Entomol.* 47: 160-167.
- Davies, A.P., U.S. Pufke & M.P. Zaluchi. 2009.** *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) ecology in a tropical Bt transgenic cotton cropping system: sampling to improve seasonal pest impact estimates in the Ord River irrigation area, Australia. *J. Econ. Entomol.* 102: 1018-1031.
- Dias, N.S., J.R.P. Parra & T.C.C. Lima. 2008.** Seleção de hospedeiro alternativo para três espécies de tricogramátídeos neotropicais. *Pesq. Agropec. Bras.* 43: 1467-1473.
- Duffield, S.J. & D.G. Chapple. 2001.** Within-plant distribution of *Helicoverpa armigera* (Hübner) and *Helicoverpa punctigera* (Wallengren) (Lepidoptera: Noctuidae) eggs on irrigated soybean. *Aust. J. Entomol.* 40: 151-157.
- EMBRAPA, 2013.** Ações emergenciais propostas pela EMBRAPA para o manejo integrado de *Helicoverpa* spp. em áreas agrícolas. Disponível em: https://www.google.com.br/search?biw=1280&bih=656&scient=psy-ab&q=a%C3%A7%C3%B5es+emergenciaias+helicoverpa+armigera&btnG=&oq=a%C3%A7%C3%B5es+emergenciaias+helicoverpa+armigera&gs_l=hp.3..33i21.1043984.1055644.10.1055842.44.42.2.0.0.0.566.12879.2-18j19j2j2.41.0....0...1c.1.26.hp..66.59.21574.fGQ-D8SV84w&psj=1. Acesso em 03/09/2013.
- Faria, C.A., J.B. Torres & A.M.I. Farias. 2000.** Resposta funcional de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) parasitando ovos de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae): efeito da idade do hospedeiro. *An. Soc. Entomol. Brasil* 29: 85-93.
- Ferreira, E.B., P.P. Cavalcanti, D.A. Nogueira. 2011.** Experimental designs: um pacote R para análise de experimentos. *Rev. Estatística UFOP* 1: 1-9.
- Figueiredo, E., F. Amaro, C. Gonçalves, M. Godinho, E.V.A. Salvador & S. Albano. 2006.** Lagarta do tomate, p. 42-50. In F. Amaro & A. Mexia (eds.), *Proteção integrada em tomate de indústria*. Oeiras, Instituto Nacional de Investigação Agrária e das Pescas, 114 p.
- Giolo, F.P., G.R. Busato, M.S. Garcia, C.G. Manzoni, O. Bernardi & M. Zart. 2006.** Biologia de *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera: Noctuidae) em duas dietas artificiais. *Rev. Bras. Agroc.* 12: 167-171.
- Godin, C. & G. Boivin. 2000.** Effects of host age on parasitism and progeny allocation in Trichogrammatidae. *Entomol. Exp. Appl.* 97: 149-160.

- Gonçalves, C.I., M.E. Huigens, P. Verbaarschot, S. Duarte, A. Mexia & J. Tavares. 2006.** Natural occurrence of *Wolbachia*-infected and uninfected *Trichogramma* species in tomato fields in Portugal. *Bio. Control* 37: 375-381.
- Guerra, W.D., A.L.L.D. Guerra, L.N. Ribas, R.M. Gonçalves & T. Mastrangelo. 2014.** Molecular identification of a parasitic fly (Diptera: Tachinidae) from the introduced *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. *Entomol. Ornithol. Herpetol.* 3: 1-4.
- Hassan, S.A. 1997.** Seleção de espécies de *Trichogramma* para o uso em programas de controle biológico, p.183-206. In J.R.P. Parra & R.A. Zucchi. (ed.), *Trichogramma e o controle biológico aplicado*. Piracicaba, Fealq, 324p.
- Kakimoto, T., K. Fujisaki & T. Miyatake. 2003.** Egg laying preference, larval dispersion, and cannibalism in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 96: 793-798.
- Ko, K., Y. Liu, M. Hou, D. Babendreier, F. Zhang & K. Canção. 2014.** Evaluation for Potential *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) strains for control of the striped stem borer (Lepidoptera: Crambidae) in the Greater Mekong subregion. *J. Econ. Entomol.* 107: 955-963.
- Milanez, A.M., D. Pratisoli, R.A. Polanczyk, A.F. Bueno & C.B.A. Tufik. 2009.** Avaliação de *Trichogramma* spp. para o controle de *Trichoplusia ni*. *Pesq. Agropec. Bras.* 44: 1219-1224.
- Moreira, M.D., M.C.F. Santos, E.B. Beserra, J.B. Torres & R.P. Almeida. 2009.** Parasitismo e superparasitismo de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos de *Sitotroga cerealella* (Oliver) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Neotrop. Entomol.* 38: 237-242.
- Moreno, F., I. Pérez-Moreno & V. Marco. 2009.** Effects of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) egg age, density, and UV treatment on parasitism and development of *Trichogramma cacoeciae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Environ. Entomol.* 38: 1513-1520.
- Moiroux, J., J. Brodeur & G. Boivin. 2014.** Sex ratio variations with temperature in an egg parasitoid: behavioural adjustment and physiological constraint. *Anim. Behav.* 91: 61-66.
- Nava, D.E., K.M. Takahashi & J.R.P. Parra. 2007.** Linhagens de *Trichogramma* e Trichogrammatoidea para controle de *Stenoma catenifer*. *Pesq. Agropec. Bras.* 42: 9-16.
- Oliveira, H.N., D.R.S. Santana, P.P. Bellon & F.C. Oliveira. 2014.** Influência da idade dos ovos de *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: crambidae) no parasitismo de *Trichogramma galloi* (Hymenoptera: trichogrammatidae). *Interciência* 39: 46-48.

- Papa, G., J.A. Zanardi Jr. F.J. Celoto, R. Silva, R.C.P. Andrade. 2014.** Atividade do agente biológico HzNPV (Vírus) no controle da *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepdoptera: Noctuidae), na cultura da soja. In XXV Congresso Brasileiro de Entomologia, Goiânia, GO.
- Parra, J.R.P. & R.A. Zucchi. 1997.** *Trichogramma* e o controle biológico aplicado. Piracicaba, FEALQ, 324p.
- Pastori, P.L., L.B. Monteiro, M. Botton & D. Pratissoli. 2010.** Efeito da idade do parasitoide e do hospedeiro na reprodução de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: trichogrammatidae) em ovos de *Bonagota salubricola* (Meyrick) (Lepidoptera: tortricidae). Arq. Inst. Biol. 77: 349-353.
- Pereira, F.F., R. Barros & D. Pratissoli. 2004.** Desempenho de *Trichogramma pretiosum* Riley e *T. exiguum* Pinto & Platner (Hymenoptera: Trichogrammatidae) submetidos a diferentes densidades de ovos de *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). Ciênc. Rural 34: 1669-1674.
- Pinto, J.D. 2006.** A review of the new world genera of Trichogrammatidae (Hymenoptera). J. Hym. Res. 15: 38-163.
- Pizzol, J., N. Desneux, E. Wajnberg & D. Thiéry. 2012.** Parasitoid and host egg ages have independent impact on various biological traits in a *Trichogramma* species. J. Pest. Sci. 85: 489-496.
- Polanczyk, R.A., D. Pratissoli, A.M. Holtz, C.L.T. Pereira & I.S.A. Furtado. 2007.** Efeito da idade de *Trichogramma exiguum* e do desenvolvimento embrionário da traça-das-crucíferas sobre as características biológicas do parasitoide. Acta Sci. Biol. Sci. 29: 161-166.
- Poltronieri, A.S., E.D.B. Silva, E.S. Araujo, J.M. Schuber & P.L. Pastori. 2008.** Características biológicas de duas linhagens de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos da mariposa-oriental com diferentes idades. Bol. San. Veg. Plagas 34: 349-356.
- Pratissoli, D. & H.N. Oliveira. 1999.** Influência da idade dos ovos de *Helicoverpa zea* (Boddie) no parasitismo de *Trichogramma pretiosum* Riley. Pesq. Agropec. Bras. 34: 891-896.
- Pratissoli, D., L.P. Dalvi, R.A. Polanczyk, G.S. Andrade, A.M. Holtz & H.O. Nicoline. 2010.** Características biológicas de *Trichogramma exiguum* em ovos de *Anagasta kuehniella* e *Sitotroga cerealella*. Idesia 28: 39-42.
- Pratissoli, D., R.A. Polanczyk, C.L.T. Pereira, I.S.A. Furtado & J.G. Cochetto. 2007.** Influência da fase embrionária dos ovos da traça-das-crucíferas sobre fêmeas de *Trichogramma pretiosum* com diferentes idades. Hort. Bras. 25: 286-290.
- Pratissoli, D., U.R. Vianna, E.F. Reis, G.S. Andrade & A.F. Silva. 2005.** Influência da densidade de ovos de *Spodoptera frugiperda* em alguns aspectos biológicos de três espécies de *Trichogramma*. Rev. Bras. Milho Sorgo 4: 1-7.

- Pratissoli, D., V.L.S. Lima, V.D. Pirovani & W.L. Lima. 2015.** Occurrence of *Helicoverpa armigera* on tomato in the Espírito Santo state. *Hortic. Bras.* 33:114-118.
- SAS Institute 2001.** SAS/STAT User's guide, version .02, TS level 2MO. SAS Institute Inc, Cary, NC.
- Silva, L.B., A.F. Faria, G.S. Carvalho, C. Munhae, E. Carneiro, V.B. Santos, D.T. Carvalhinho & R.F. Rodrigues. 2014a.** *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) parasitando ovos de *Helicoverpa armigera* na cultura do milho no cerrado piauiense. In XXV Congresso Brasileiro de Entomologia, Goiânia, GO.
- Silva, M.L., R. Toma, N.P. Benito, F.G.V. Schmidt, R.B. Lopes, R.S. Mendonça & L.M.O. Silva. 2014b.** Ocorrência de parasitismo por Tachinidae (Diptera) em *Helicoverpa armigera* e *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) em lavouras de soja. In XXV Congresso Brasileiro de Entomologia, Goiânia, GO.
- Simonato, J. H.N. Oliveira, D.F. Glaeser & F.F. Pereira. 2014.** Parasitismo de *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera: Eulophidae) em pupas de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). In XXV Congresso Brasileiro de Entomologia, Goiânia, GO.
- Siqueira, J.R., R.C.O.F. Bueno, A.F. Bueno & S.S. Vieira. 2012.** Preferência hospedeira do parasitoide de ovos *Trichogramma pretiosum*. *Ciên. Rural* 42: 1-5.
- Soares, P.L., G.F. Silva, A.P.A. Silva, R.A. Silva & L.M. Vivan. 2013.** Avaliação do índice de mortalidade de pré-pupas de *Helicoverpa armigera* pelo nematoide entomopatogênico *Steinernema brasilienses*. In XXXI Congresso Brasileiro de Nematologia, Cuiabá, MT.
- Specht, A., D.R. Sosa-Gomez, S.V. Paula-Moraes & S.A.C. Yano. 2013.** Identificação morfológica e molecular de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) e ampliação de seu registro de ocorrência no Brasil. *Pesq. Agropec. Bras.* 48: 689-692.
- Tavares, C.S., S.I. Campos, J.V.C. Rodrigues, M.F. Soria, D. Thomazoni & E.J.G. Pereira. 2014.** Avaliação da suscetibilidade de *Helicoverpa armigera* as principais toxinas do grupo Cry. In XXV Congresso Brasileiro de Entomologia, Goiânia, GO.
- Thomazoni, D., M.F. Soria, E.J.G. Pereira & P.E. Degrande. 2013.** *Helicoverpa armigera*: perigo iminente aos cultivos de algodão, soja e milho do Estado do Mato Grosso. Mato Grosso, Instituto Mato-grossense do algodão, 12p. (Circular Técnica 5).
- Venette, R.C., E.E. Davis, J. Zaspel, H. Heisler & M. Larson. 2003.** Mini risk assessment old world bollworm, *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae). US Department of Agriculture. Disponível em: http://www.aphis.usda.gov/plant_health/plant_pest_info/owb/downloads/mini-risk-assessment-harmigerapra.pdf. Acesso em 22/12/2015.

- Vinson, S.B. 1997.** Comportamento de seleção hospedeira de parasitoides de ovos, com ênfase na família Trichogrammatidae, p. 67-120. In J.R.P. Parra & R.A. Zucchi. (ed.), *Trichogramma e o Controle Biológico Aplicado*. Piracicaba, Fealq, 324p.
- Volpe, H.X.L., S.A. Bortoli, R.T. Thuler, C.L.T.P. Viana & R.M. Goulart. 2006.** Avaliação de características biológicas de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) criado em três hospedeiros. Arq. Inst. Biol. 73: 311-315.
- Zamoner, M. 2005.** Efeito do volume de ovos hospedeiros sobre o desenvolvimento, capacidade de parasitismo e longevidade de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Dissertação de Mestrado, UFPR, Curitiba, 54p.
- Zanardi Jr, J.A., A.G. Amaral, M.C. Castro, M. Ferraz Jr. F.J. Celoto & G. Papa. 2014.** Atividade do agente biológico HzNPV (Vírus) no controle da *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), na cultura do algodão. In XXV Congresso Brasileiro de Entomologia, Goiânia, GO.

Tabela 1. Características do parasitismo de ovos de *Helicoverpa armigera* de diferentes idades por *Trichogramma pretiosum* em densidade constante de 30 ovos por fêmea (24 h de exposição) (25 ± 1 °C, $70 \pm 10\%$ UR e fotofase de 14 h).

Idade dos Ovos (h) ¹	No. de ovos parasitados/fêmea	Emergência (%)	No. de indivíduos emergidos/ovo
0-12	21,0 ± 0,46 a	85,8 ± 1,96 a	1,5 ± 0,07
24-36	21,0 ± 0,34 a	87,5 ± 1,65 a	1,3 ± 0,15
40-60	14,8 ± 0,80 b	77,6 ± 2,39 b	1,1 ± 0,12
<i>F</i>	39,27	6,81	2,98
<i>P</i>	<0,0001	0,0027	0,0619

¹Médias (\pm EP) seguidas por uma mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Características do parasitismo de ovos de *Helicoverpa armigera* de 48h de idade por *Trichogramma pretiosum* em função de diferentes densidades de ovos ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR e fotofase de 14 horas).

Densidades ¹	Parasitismo (%)	Emergência (%)	No.de indivíduos emergidos/ovo
15	63,9 ± 1,93 c	85,7 ± 2,89 a	1,59 ± 0,05 b
20	78,3 ± 1,80 a	89,5 ± 2,08 a	1,81 ± 0,04 a
25	72,8 ± 2,38 b	89,6 ± 2,55 a	1,68 ± 0,07 a
30	71,3 ± 1,97 b	77,1 ± 3,05 b	1,57 ± 0,04 b
<i>F</i>	8,43	4,78	3,87
<i>P</i>	0,0001	0,0049	0,0138

¹Médias seguidas por uma mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

CAPÍTULO 3

DESENVOLVIMENTO E TABELA DE VIDA DE FERTILIDADE DE *Trichogramma pretiosum* RILEY (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE) PARASITANDO *Helicoverpa armigera* (HÜBNER) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EM DIFERENTES TEMPERATURAS¹

VITOR ZUIM² E DIRCEU PRATISSOLI³

²Departamento de Agronomia – Entomologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Av. Dom Manoel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, 52171-900 Recife, PE, Brasil.

³Departamento de Produção Vegetal – NUDEMAFI, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, Alto Universitário, s/n, 29500-000 Alegre, ES, Brasil.

¹Zuim, V. & D. Pratissoli. Desenvolvimento e tabela de vida de fertilidade de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) parasitando *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes temperaturas. A ser submetido.

RESUMO – A eficiência do parasitoide está condicionada a vários fatores como a temperatura que influencia o seu desenvolvimento e desempenho reprodutivo. Assim, o efeito de seis temperaturas constantes entre 18 e 33 °C sobre os parâmetros biológicos de *Trichogramma pretiosum* Riley parasitando ovos de *Helicoverpa armigera* (Hübner) foi estudado. A duração do ciclo ovo-adulto do parasitoide variou de 6,1 a 33 °C até 18,67 dias a 18 °C. A emergência, razão sexual e o número de indivíduos por ovo, não foram alterados pela temperatura. O limiar térmico inferior de desenvolvimento de *T. pretiosum* foi de 10,3 °C e a constante térmica de 130,38 GD. A duração do tempo médio de geração (T) variou de 20,9 a 7,5 dias entre 18 °C e 33 °C, respectivamente. A maior produção de fêmea por fêmea (R_0) foi obtida na faixa entre 21 e 27 °C e quando considerada a taxa intrínseca de crescimento (r_m), os maiores valores foram observados nas temperaturas entre 24 e 30 °C. O ritmo de parasitismo de *T. pretiosum* foi influenciado pelas temperaturas estando concentrado no primeiro dia de vida, exceto para fêmeas expostas aos 30 °C que tiveram o maior número de postura no segundo dia. Aos 33 °C o número de ovos parasitados foi inferior a 10 ovos/fêmea. A longevidade das fêmeas decresceu de 16,1 dias a 18 °C para 5,4 a 33 °C. Fêmeas a 24 °C parasitaram, em média, 84,14 ovos da praga. Estes resultados indicam que *T. pretiosum* parasita *H. armigera* com sucesso em ampla faixa de temperatura sendo maior entre 21 e 27 °C.

PALAVRAS-CHAVE: Parasitoide de ovo, praga exótica, biologia, exigências térmicas, tabela de vida, capacidade de parasitismo

DEVELOPMENT AND LIFE TABLE FERTILITY OF *Trichogramma pretiosum* RILEY
(HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE) PARASITIZING *Helicoverpa armigera*
(HÜBNER) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EGGS AT DIFFERENT TEMPERATURES

ABSTRACT – The parasitoids efficiency is dependent upon various factors such as temperature which influences its development and reproductive performance. Thus, the effect of six constant temperatures between 18 to 33 °C on the biological parameters of *Trichogramma pretiosum* Riley parasitizing eggs of *Helicoverpa armigera* (Hübner) was studied. The duration from egg parasitism to adult emergence varied from 6.1 at 33 °C to 18.67 days at 18 °C. The emergence rate, sex ratio and the number of parasitoid emerged per parasitized egg were similar across the tested temperatures. The lower threshold temperature for *T. pretiosum* development was 10.3 °C and the thermal constant 130.38 GD. The average of generation time (T) ranged from 20.9 to 7.5 days at 18 °C and 33 °C, respectively. Higher net reproductive rate (R_0) was obtained in temperatures between 21 and 27 °C; while the intrinsic rate of increase (r_m) higher between 24 and 30 °C. The parasitoid had their oviposition dynamic affected by temperature regimes concentrating the egg laying at the first day of adulthood, except at 30°C that most eggs were laid during the second day. The lowest parasitism rate was observed at 33°C (10 eggs/female). The longevity of females decreased from 16.1 days at 18 °C to 5.4 at 33 °C. Females at 24°C parasitized, on average, 84.14 eggs/female. This result indicate that *T. pretiosum* parasite *H. armigera* successfully in wide temperature range and was higher between 21 and 27 °C.

KEY WORDS: Egg parasitoid, exotic pest, biology, thermal requirements, life table, parasitism capacity

Introdução

A lagarta, *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), é uma praga polífoga e tornou-se presente em todos os continentes ao ser registrada pela primeira vez no continente americano, no Brasil, em 2013 (Czepak *et al.* 2013, Specht *et al.* 2013, CABI 2014). A importância e sucesso como praga está relacionado a gama de hospedeiros em que se desenvolve alimentando-se de folhas e partes reprodutivas das plantas (CABI 2014). Apresenta alta fecundidade em hospedeiros favoráveis, possui alta capacidade de dispersão e apresenta diapausa facultativa na fase de pupa para passar períodos desfavoráveis (Karim *et al.* 2000, Cleary *et al.* 2006, Feng *et al.* 2009, Mironidis & Savopoulou-Soultani 2012, Mironidis *et al.* 2014). Também, são facilmente selecionadas para resistência aos inseticidas recomendados tornando ineficaz as aplicações de inseticidas sintéticos (Chaturvedi 2007, Nimbalkar *et al.* 2009, Avilla & González-Zamora 2010, Jouben *et al.* 2012).

No Brasil, *H. armigera* é considerada contemporânea, deixando o status de praga quarentenária com ocorrência em quase todos os estados da federação (Ávila *et al.* 2013, Czepak *et al.* 2013, EMBRAPA, 2013, Tay *et al.* 2013, Thomazoni *et al.* 2013, Bueno *et al.* 2014, Mastrangelo *et al.* 2014, Pratisoli *et al.* 2015). Assim, considerando a importância e as perdas que vem causando para as diversas culturas, algumas medidas de manejo em caráter de emergência foram sugeridas (EMBRAPA 2013). No entanto, é necessário a geração de informações que possam contribuir para o sucesso do manejo integrado desta praga. Isto, então, significa o desenvolvimento e adaptação de múltiplas táticas de controle.

Medidas alternativas aos inseticidas são comprovadas como fundamentais para o sucesso no manejo de *H. armigera*. Entre essas medidas, o uso do parasitoide de ovo *Trichogramma* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) têm-se destacado (Davies & Zalucki 2008, Oztemiz 2008, Davies *et al.* 2009, Oztemiz *et al.* 2009, Luo *et al.* 2014). A eficiência nos

programas de manejo, com liberações de *Trichogramma*, deve levar em consideração as restrições ambientais, observando as características da cultura, da espécie hospedeira e fatores abióticos, como temperatura, umidade e fotoperíodo (Davies *et al.* 2011).

A temperatura, é um dos principais fatores que afetam o desempenho de *Trichogramma*. Apresentam o melhor desempenho quando submetidos a uma temperatura denominada ótima, embora sejam capazes de se desenvolver em uma faixa ampla de temperatura (Pratissoli *et al.* 2008, Bueno *et al.* 2009, Pratissoli *et al.* 2009, Bueno *et al.* 2010). Bueno *et al.* (2010), demonstraram que apesar do desenvolvimento de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) ocorrer em ovos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), entre 18 e 32 °C, a maior taxa de parasitismo ocorreu a 28 °C. Entre 18 e 32 °C, *T. pretiosum* também completa desenvolvimento em *Chrysodeixis includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Anticarsia gemmatalis* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), apresentando maior número de postura a 20 °C no primeiro hospedeiro e parasitismo similares em todas as temperaturas no segundo hospedeiro (Bueno *et al.* 2012). Em ovos de *Heliothis virescens* (Fabr.) (Lepidoptera: Noctuidae) o melhor desempenho de *T. pretiosum* foi observado a 25 °C (Andrade *et al.* 2011). Foerster *et al.* (2014) avaliaram durante três dias o parasitismo de *T. pretiosum* em *A. gemmatalis* e o maior parasitismo foi observado a 30 °C.

Desta forma, a temperatura pode provocar alterações no desenvolvimento e desempenho de *Trichogramma* em função do hospedeiro empregado. Assim, os objetivos deste estudo foi determinar os parâmetros desenvolvimento (ovo-adulto), exigências térmicas, tabela de vida de fertilidade e capacidade de parasitismo de *T. pretiosum* parasitando ovos de *H. armigera* em seis temperaturas.

Material e Métodos

Os experimentos foram desenvolvidos nas dependências do Núcleo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Manejo Fitossanitário “NUDEMAFI”, no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), em Alegre, ES.

Obtenção e Multiplicação de *Helicoverpa armigera*. A coleta das lagartas de *H. armigera* foi realizada em plantios de tomate na cidade de Alegre (Distrito de Rive, 20°45'54''S e 41°27'27''O) e levadas ao laboratório dentro dos frutos de tomate infestados; sendo posteriormente individualizados em potes plásticos (10 cm de diâmetro x 8 cm de altura). Esses potes foram preenchidos em 1/4 com areia esterilizada (4 h em estufa de circulação forçada a 170 °C) para permitir as lagartas a construção do abrigo para passarem a fase de pupa. As pupas foram transferidas para gaiolas de acrílico (45 cm de altura x 40 cm de largura x 50 cm de profundidade) até a emergência dos adultos. Alguns espécimes foram separados e enviados ao Dr. Alexandre Specht da Embrapa Cerrado para identificação. Após quatro dias, tempo necessário para maturação sexual, os adultos foram coletados e inseridos em tubos de PVC (20 cm de diâmetro x 25 cm de altura) revestidos internamente com papel padaria, extremidade superior fechadas com papel toalha e tecido do tipo “voil” e extremidade inferior apoiada em base de isopor revestida por papel padaria. Para alimentação dos adultos em ambas gaiolas foi oferecida uma solução de mel a 10% diariamente. Os ovos de *H. armigera* depositados na parede interna dos tubos e no papel toalha foram coletados e acondicionados em recipientes plásticos. Após a eclosão, as lagartas eram individualizadas em tubos de vidro (8,5 x 2,5 cm) preenchidos em até 1/3 de seu volume com dieta artificial à base de feijão, germe de trigo e farelo de soja (Giolo *et al.* 2006). As lagartas foram mantidas nesses recipientes até o período pupal. As pupas foram tratadas com solução de hipoclorito de cloro a 10% e lavadas em água deionizada. Todos os estágios de desenvolvimento da praga foram mantidos em sala climatizada (25 ± 1 °C, UR de 70 ± 10% e fotofase de 14 h).

Criação do Hospedeiro Alternativo para o Parasitoide. A criação do hospedeiro *Anagasta kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) foi conduzida em laboratório (25 ± 1 °C, UR $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 h) de acordo com a metodologia desenvolvida pelo laboratório do NUDEMAFI, utilizando dieta homogeneizada à base de farinha de trigo integral (60%), farinha de milho (37%) e levedura de cerveja (3%). A dieta era distribuída em caixas plásticas (30 x 25 x 10 cm) com fitas de papelão corrugado (25 x 2 cm) no fundo, sendo distribuídos cerca de 0,3 g de ovos por caixa. Procedeu-se a coleta dos adultos diariamente, com aspirador de pó adaptado, transferindo para gaiolas de PVC (150 mm de diâmetro x 25 cm de altura) contendo telas de náilon no interior, dobradas em ziguezague, que serviram de substrato para a oviposição. A extremidade superior da gaiola foi fechada com tecido tipo filó. Os ovos coletados diariamente, por cinco dias, e posteriormente armazenados e conservados em geladeira a 4 ± 1 °C, pelo período máximo de 20 dias (Milanez *et al.* 2009).

Obtenção e Multiplicação do Parasitoide. Este estudo foi realizado empregando a linhagem comercial de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) denominada de Tricho-Strip-P da Koppert Biological Systems Ltda (Piracicaba, SP) adquirida e mantida no laboratório do NUDEMAFI a 25 ± 1 °C, UR $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 h. A multiplicação desses parasitoides foi realizada em ovos do hospedeiro alternativo *A. kuehniella*. Empregando-se goma arábica (10% p.v⁻¹), ovos do hospedeiro alternativo foram colocados em cartelas de cartolina azul celeste (8,0 x 2,0 cm), e expostos a lâmpada germicida para inviabilização, por um período de 50 minutos (Pratissoli *et al.* 2010). Essas cartelas foram inseridas em tubos de vidro (8,5 x 2,5 cm) contendo adultos recém-emergidos do parasitoide. Após 24 h, as cartelas foram transferidas para um tubo limpo e armazenadas até a emergência da próxima geração.

Biologia e Exigências Térmicas de *Trichogramma pretiosum* em Ovos de *Helicoverpa armigera*. Ovos de *H. armigera* de 48 h de idade (Capítulo 2) foram colados em cartelas de

cartolina azul celeste (0,5 x 2,5 cm) utilizando goma arábica a 10% (p.v⁻¹) na densidade de 20 ovos por cartela. As cartelas foram transferidas para microtubos de 2 mL contendo duas fêmeas do parasitoide com idade até 6 h na fase adulta e permitido o parasitismo por 5 h a 25 ± 1 °C, UR $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 h. Após este período, as fêmeas foram removidas com pincel fino e 20 microtubos (20 repetições) foram transferidos para câmaras climatizadas reguladas nas temperaturas: 18, 21, 24, 27, 30 e 33 °C. Os microtubos eram monitorados diariamente para a retirada das lagartas eclodidas e a obtenção dos dados de duração de desenvolvimento (ovo-adulto; dias), emergência (%), razão sexual [No. de fêmeas/ (No. de fêmeas + No. de machos)] e número de indivíduos por ovo. Esses dados foram submetidos à análise de variância (PROC ANOVA) e transformados quando necessários para atender os pré-requisitos de normalidade e homogeneidade de variância. A duração e velocidade de desenvolvimento em função das temperaturas foram analisados através do PROC REG do SAS (SAS Institute 2001), selecionando os modelos com parâmetros significativos e com maior coeficiente de determinação.

Equações de regressão foram estimadas pelo inverso do desenvolvimento (1/D variável resposta, y_t -dias) em função das temperaturas estudadas (variável independente, t - °C). A temperatura base (T_b), representada em graus Celsius e constante térmica (K), representada em graus dias (GD), bem como os respectivos erros-padrão para as médias estimadas de T_b e K foram estimadas após Campbell *et al.* (1974). As estimativas para T_b e K foram determinadas pela equação linear de desenvolvimento, sendo T_b a relação do intercepto com o coeficiente linear ($T_b = -\alpha/\beta$) e K obtida pelo inverso do coeficiente linear ($K = 1/\beta$).

Tabela de Vida de Fertilidade e Dinâmica do Parasitismo de *Trichogramma pretiosum* em ovos de *Helicoverpa armigera*. Parasitoides emergidos do estudo de biologia foram empregados neste experimento por terem sido criados nas mesmas condições a serem submetidos na fase adulta. Assim, 15 fêmeas provenientes de cada temperatura (18, 21, 24, 27, 30 e 33 °C) foram

individualizadas em microtubos (2 mL) e mantidas nas respectivas temperaturas. Diariamente, foram ofertados individualmente para estas fêmeas, 20 ovos de *H. armigera* de 48 h de idade até observado a morte das mesmas. As cartelas contendo os ovos parasitados foram alocadas em microtubos e mantidos nas mesmas condições. Diariamente os microtubos eram vistoriados para a retirada das lagartas para evitar que essas danificassem os ovos parasitados, pois em campo os ovos de *H. armigera* são depositados isoladamente. A partir da sobrevivência da fase imatura, razão sexual, parasitismo diário na fase adulta e longevidade das fêmeas foram construídas tabelas de vida para *T. pretiosum* parasitando ovos de *H. armigera* em cada temperatura. Assim, os parâmetros taxa líquida de reprodução (R_0), tempo médio da geração (T) e taxa intrínseca de crescimento populacional (r_m) foram determinados para as populações em cada temperatura. Os parâmetros e seus respectivos intervalos de confiança a 95% de probabilidade foram calculados empregando o SAS (SAS Institute 2001), após ajuste para o PROC LIFETEST escrito por Maia *et al.* (2000). Este procedimento considera o método de Jackknife para as estimativas de erros e, conseqüentemente, comparações dos parâmetros determinados.

Os resultados também permitiram a determinação da taxa diária e acumulada de ovos parasitados, bem como a longevidade das fêmeas e o total de ovos parasitados em cada temperatura. A longevidade e fecundidade das fêmeas foram submetidas a análise de regressão em função das temperaturas através do PROC REG do SAS (SAS Institute 2001). Os modelos com todos os parâmetros significativos e com maiores coeficientes de determinação foram selecionados.

Resultados

Biologia e Exigências Térmicas de *Trichogramma pretiosum* em Ovos de *Helicoverpa armigera*. A duração do desenvolvimento ovo-adulto do parasitoide foi inversamente proporcional

ao aumento da temperatura, ajustando-se ao modelo quadrático ($F_{2, 117} = 6948,7$; $P < 0,0001$; $R^2 = 0,99$), variando de 18,7 para 6,10 dias nas temperaturas 18 °C e 33 °C, respectivamente (Fig. 1), sendo menos acentuado entre as temperaturas 27 e 33 °C. A velocidade do desenvolvimento aumentou com o aumento da temperatura ($F_{1, 118} = 2970,42$; $P < 0,0001$; $r^2 = 0,96$), seguindo um modelo linear (Fig. 1), e assim, possibilitando estimar a temperatura base (T_b) e constante térmica (K) (Campbell *et al.* 1974). O desenvolvimento do parasitismo de *T. pretiosum* ocorreu em temperaturas superiores a 10,3 °C, sendo necessário um acúmulo de 130,38 GD (Fig. 1).

Em relação à emergência dos parasitoides, razão sexual e número de indivíduos por ovo, todos tiveram pequena variação, não apresentaram diferenças estatísticas em função das temperaturas testadas. A emergência dos adultos variou entre 95,3 a 98,0% ($F_{5, 114} = 0,89$; $P = 0,4924$), razão sexual entre 62 e 69% de fêmeas ($F_{5, 114} = 1,29$; $P = 0,2719$), e número de indivíduos por ovo entre 1,88 e 2,16 ($F_{5, 114} = 2,25$; $P = 0,0540$).

Tabela de Vida de Fertilidade e Dinâmica do Parasitismo de *Trichogramma pretiosum* em ovos de *Helicoverpa armigera*. O tempo médio de cada geração (T) de *T. pretiosum* em ovos de *H. armigera* seguiu uma relação inversa com o aumento da temperatura de 18 °C a 33 °C, sendo de 20,9 e 7,5 dias, respectivamente (Tabela 1). Os valores para a taxa líquida de reprodução (R_0) não diferiram estatisticamente entre as temperaturas 21 °C e 27 °C sendo a maior produção de fêmeas por fêmea (58,1 fêmeas) obtida a 24 °C, sendo superiores aquelas taxas obtidas nas temperaturas 18, 30 e 33 °C. A taxa intrínseca de crescimento populacional (r_m) foi diferente entre as temperaturas sendo numericamente observado o menor e o maior valor a 18 °C e 30 °C, respectivamente (Tabela 1). Contudo, similar r_m foi encontrado para as temperaturas de 24 a 30 °C variando de 0,37 a 0,45 (Tabela 1). Nas diferentes temperaturas estudadas, o maior número de ovos parasitados foi encontrado no primeiro dia, exceto para 30 °C onde o valor máximo de parasitismo diário foi obtido no segundo dia de adulto, e esses valores máximos foram superiores a 15 ovos

parasitados (Fig. 2). Para a temperatura de 33 °C, o número de ovos parasitados não chegou a 10 ovos por dia. O número de posturas diariamente realizado por fêmeas do parasitoide decresceu em todas as temperaturas com o avanço da idade sendo o maior e menor período de oviposição observadas nas temperaturas 21 e 33 °C. Considerando o número total de ovos parasitados, o acúmulo de 80% de ovos parasitados foi alcançado aos 9 dias a 21 °C, 8 dias a 18 °C, 7 dias a 24 °C, 5 dias a 27 °C, 4 dias a 30 °C e aos 3 dias a 33 °C (Fig. 2).

A longevidade das fêmeas de *T. pretiosum* decresceu com o aumento da temperatura variando de 16,1 a 5,4 dias a 18 °C e 33 °C, respectivamente ($F_{2, 117} = 63,06$; $P < 0,0001$; $R^2 = 0,62$). Em média, 84,1 ovos foram parasitados por fêmea durante a sua vida na temperatura de 24 °C, enquanto que o menor valor foi de 22,41 a 33 °C ($F_{2, 117} = 39,81$; $P = 0,0069$; $R^2 = 0,96$) (Fig. 3).

Discussão

Com base nos resultados, pode-se afirmar que *T. pretiosum* possui o seu desenvolvimento e desempenho reprodutivo grandemente influenciado pela temperatura na faixa entre 18 e 33 °C parasitando ovos de *H. armigera*. Isto se deve ao fato que em temperaturas mais baixas, ocorre uma diminuição na eficiência de conversão de nutrientes, devido a redução da atividade de reação metabólica (Reynolds & Nottingham 1985). Com a elevação térmica, acontece um aumento nas atividades metabólicas e na taxa de respiração, ocasionando um desenvolvimento mais rápido até um limite ótimo (Chown & Nicolson 2004, Macieira & Proni 2005). Estudos prévios também mostram esta relação inversa entre o desenvolvimento e a temperatura para *T. pretiosum* em ovos de outras espécies (Pratissoli & Parra 2000a, Molina *et al.* 2005, Pratissoli *et al.* 2006, Pastori *et al.* 2008, Bueno *et al.* 2009, Bueno *et al.* 2010).

O desenvolvimento de *T. pretiosum* em ovos de *H. armigera* ocorre em temperaturas superiores à 10,3 °C. Estudos com diferentes linhagens de *T. pretiosum* empregando outros hospedeiros apresentam valores de Tb próximos ao deste trabalho (Pratissoli *et al.* 2006, Bueno *et al.* 2009). No entanto, valores superiores e inferiores ao deste trabalho foram observados (Pratissoli & Parra 2000a, Molina *et al.* 2005, Pratissoli *et al.* 2006, Pastori *et al.* 2008, Bueno *et al.* 2009, Bueno *et al.* 2010). Estes mesmos autores, demonstraram uma variação para a constante térmica entre 96,09 e 187,7 GD, que compreende o valor encontrado neste trabalho de 130,38 GD. Essas variações para os valores de Tb e K, indicam a interferência da linhagem do parasitoide utilizada, bem como, do hospedeiro, o que deve ser considerado quanto às condições de temperatura na localidade de liberação e sua multiplicação prévia. Além disso, este conhecimento do limiar térmico inferior e da constante térmica permitirá estimar o desenvolvimento populacional de *T. pretiosum* parasitando ovos de *H. armigera*, bem como planejar a sua criação. Resultados que possuem variadas finalidades, bem como definir regiões onde a espécie pode se desenvolver com maior sucesso (Santana *et al.* 2010).

Estudos de tabela de vida de fertilidade têm sido usados para avaliar o potencial de crescimento de espécies de parasitoides submetidas a diferentes temperaturas ou hospedeiros. Os resultados obtidos para o tempo médio de geração (T) estão de acordo com os resultados encontrados em outras pesquisas com *T. pretiosum*, onde os valores decresceram com a elevação térmica (Pratissoli & Parra 2000b, Pratissoli *et al.* 2004a, Pratissoli *et al.* 2004b). Da mesma forma, os valores de R₀, os quais indicam o número de vezes em que a população aumenta a cada geração mostram um maior crescimento daquelas populações mantidas a 24 °C (58,1 vezes). Quando outros hospedeiros foram utilizados, tais como *T. absoluta*, *Sitotogra cerealella* Oliver (Lepidoptera: Gelechiidae) e *A. kuehniella*, os maiores valores para taxa líquida de reprodução foram encontrados aos 22 °C, 25 °C e 30 °C, respectivamente (Pratissoli & Parra 2000b, Pratissoli *et al.* 2004a,

Pratissoli *et al.* 2004b). Também, a taxa intrínseca de crescimento populacional (r_m), aumentou com a temperatura, tendo uma redução na maior temperatura. Essa tendência foi observada por Pratissoli *et al.* (2004a) e Pratissoli & Parra (2000b). Quanto maior o valor de r_m , mais bem sucedida será a espécie naquela determinada temperatura.

A espécie *T. pretiosum* parasita mais de 20 espécies de Lepidoptera (Querino & Zucchi 2015), no entanto, apresenta desempenho variado entre as espécies de hospedeiro utilizadas. Contudo, considerando as taxas de parasitismo e desenvolvimento obtidas neste trabalho, podemos afirmar que *T. pretiosum* possui alto desempenho usando o hospedeiro *H. armigera*. O número de descendentes por ovo superior a um (1,88 a 2,16) confirma que o hospedeiro apresenta características nutricionais adequadas para o desenvolvimento de *T. pretiosum* (Godin & Boivin 2000). Além disso, a viabilidade do parasitismo e a razão sexual mantiveram-se inalterada, considerando a variação da temperatura. Isto é importante, a fim de manter a qualidade do parasitoide para liberação em massa quando criados previamente em temperaturas que assemelham as condições de campo.

O número de ovos parasitados foi maior nos primeiros dias da fase adulta em todas as temperaturas avaliadas. Essa característica deve ser considerada no campo, uma vez que quanto menor o tempo necessário para o parasitoide atingir 80% do parasitismo, melhor, devido a menor exposição aos fatores abióticos e bióticos que podem reduzir a sua sobrevivência (Bueno *et al.* 2012). Tanto fatores abióticos como uma mudança abrupta na temperatura que pode matar o parasitoide e quase nunca matar a praga (Denis *et al.* 2011), bem como a utilização de uma prática de manejo como o uso de inseticidas para o controle de outras pragas não alvo do parasitoide. Usualmente, após o parasitismo, durante o desenvolvimento protegido pelo córion do ovo do hospedeiro, o parasitoide sofre menor impacto dos inseticidas (Costa *et al.* 2014, Oliveira *et al.* 2014, Souza *et al.* 2014).

A maior oviposição de *T. pretiosum* é citada na literatura ocorrendo no primeiro dia após a emergência (Pratissoli *et al.* 2008, Bueno *et al.* 2010, 2012), sendo observado o mesmo comportamento para outras espécies do gênero (Pereira *et al.* 2007, Pratissoli *et al.* 2008, Pratissoli *et al.* 2009). Isso é geralmente consequência da maioria das espécies de parasitoides serem consideradas moderadamente sinovigênicas (Boivin 2010). Isto porque os parasitoides apresentam a maioria dos ovos prontos para oviposição quando emergem ou logo após a emergência, no entanto, são capazes de maturar ovos ao decorrer de sua longevidade.

As características biológicas e exigências térmicas de *T. pretiosum* em ovos de *H. armigera* fornecem importantes informações para a elaboração de um programa de controle biológico da praga. Os resultados para o efeito da temperatura foram positivos indicando que a utilização do parasitoide é possível na maioria das regiões produtoras das culturas onde se tem relato de ocorrência da praga no Brasil. Além de classificados como moderadamente sinovigênicos, a maioria das espécies de *Trichogramma* não são capazes de realizar lipogênese (Denis *et al.* 2011), ou seja, não sintetizam lipídeos. Devido a este fato, na fase adulta as reservas lipídicas diminuem rapidamente com o avanço da idade (Visser & Ellers 2008). Portanto, na fase imatura as larvas do parasitoide, direcionam os lipídeos ora para produção de ovos, ora para reservas lipídicas para o adulto, e com isso, gera um *trade-off* entre reprodução e longevidade das fêmeas (Visser & Ellers 2008).

O desempenho de *T. pretiosum* em ovos de *H. armigera* é impactado pela temperatura. No entanto, o parasitoide é capaz de se desenvolver e parasitar uma quantidade expressiva de ovos nas temperaturas entre 18 e 33 °C. Estes resultados demonstram que a interação parasitoide e *H. armigera* ocorre a uma ampla faixa de temperatura, sendo o parasitismo maior entre 21 e 27 °C, apresentando potencial em programas de controle biológico para regiões com variações térmicas dentro desta faixa.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos ao primeiro autor; ao Programa de Pós-graduação em Entomologia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco (PPGEA/UFRPE) e ao Núcleo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Manejo Fitossanitário do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (NUDEMAFI-CCA/UFES) por permitirem o desenvolvimento dessa pesquisa; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo (FAPES) pelo apoio financeiro; ao pesquisador da Embrapa Cerrados, Dr. Alexandre Specht, pela confirmação dos espécimes.

Literatura Citada

- Andrade, G.S., D. Pratissoli, L.P. Dalvi, N. Desneux, H.J.G. Santos Jr. 2011.** Performance of four *Trichogramma* species (Hymenoptera: Trichogrammatidae) as biocontrol agents of *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) under various temperature regimes. *J. Pest. Sci.* 84: 313-320.
- Avilla, C. & J.E. González-Zamora. 2010.** Monitoring resistance of *Helicoverpa armigera* to different insecticides used in cotton in Spain. *Crop Prot.* 29: 100-03.
- Boivin, G. 2010.** Reproduction and immature development of egg parasitoids host, p. 1-24. In F.L. Cònsoli, J.R.P. Parra & R.A. Zucchi (eds.), *Egg parasitoids in agroecosystems with emphasis on Trichogramma*. Piracicaba, Springer, 479p.
- Bueno, R.C.O.F., A.F. Bueno, J.R.P. Parra, S.S. Vieira & L.J. Oliveira. 2010.** Biological characteristics and parasitism capacity of *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera, Trichogrammatidae) on eggs of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera, Noctuidae). *Rev. Bras. Entomol.* 54: 322-327.
- Bueno, R.C.O.F., J.R.P. Parra & A.F. Bueno. 2009.** Biological characteristics and thermal requirements of a Brazilian strain of the parasitoid *Trichogramma pretiosum* reared on eggs of *Pseudoplusia includes* and *Anticarsia gemmatalis*. *Biol. Control* 51: 355-361.

- Bueno, R.C.O.F., J.R.P. Parra & A.F. Bueno. 2012.** *Trichogramma pretiosum* parasitism of *Pseudoplusia includes* and *Anticarsia gemmatalis* eggs at different temperatures. Biol. Control 60: 154-162.
- Bueno, R.C.O.F., P.T. Yamamoto, M.M. Carvalho & N.M. Bueno. 2014.** Occurrence of *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) on citrus in the State of São Paulo, Brazil. Rev. Bras. Frutic. 36: 520-523.
- CABI. 2014.** Crop Protection Compendium. *Helicoverpa armigera*. Disponível em: <http://www.cabi.org/cpc/datasheet/26757>. Acesso em 22/12/2015.
- Campbell, A., B. D. Frazer, N. Gilbert, A. P. Gutierrez & M. Mackauer. 1974.** Temperature requirements of some aphids and their parasites. J. Appl. Ecol. 11: 431-438.
- Chaturvedi, I. 2007.** Status of insecticide resistance in the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner). J. Cent. Eur. Agric. 8: 171-182.
- Chown, S.L. & S.W. Nicolson 2004.** Insect physiological ecology: mechanisms and patterns. Oxford, Oxford University Press, 243p.
- Cleary, A.J., B.W. Cribb & D.A.H. Murray. 2006.** *Helicoverpa armigera* (Hübner): can wheat stubble protect cotton from attack. Aust. J. Entomol. 45: 10-15.
- Costa, M.A., V.F. Moscardini, P.C. Gontijo, G.A. Carvalho, R.L. Oliveira & H.N. Oliveira. 2014.** Sublethal and transgenerational effects of insecticides in developing *Trichogramma galloi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Ecotoxicology 23: 1399-1408.
- Czepak, C., K.C. Albernaz, L.M. Vivian, H.O. Guimarães & T. Carvalhais. 2013.** Primeiro registro de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) no Brasil. Pesq. Agropec. Trop. 43: 110-113.
- Davies, A.P. & M.P. Zalucki. 2008.** Collection of *Trichogramma* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) from tropical northern Australia: a survey of egg parasitoids for potential pest insect biological control in regions of proposed agricultural expansion. Aust. J. Entomol. 47: 160-167.
- Davies, A.P., C.M. Carr, B.C.G. Scholz & M.P. Zalucki. 2011.** Using *Trichogramma* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) for insect pest biological control in cotton crops: an Australian perspective. Aust. J. Entomol. 50: 424-440.
- Davies, A.P., U.S. Pufke & M.P. Zaluchi. 2009.** *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) ecology in a tropical Bt transgenic cotton cropping system: sampling to improve seasonal pest impact estimates in the Ord River Irrigation area, Australia. J. Econ. Entomol. 102: 1018-1031.

- Denis, D., J.S. Pierre, J. Baaren & J.J.M. Alphen. 2011.** How temperature and habitat quality affect parasitoid lifetime reproductive success - A simulation study. *Ecol. Model.* 222: 1604-1613.
- EMBRAPA, 2013.** Ações emergenciais propostas pela EMBRAPA para o manejo integrado de *Helicoverpa* spp. em áreas agrícolas. Disponível em: https://www.google.com.br/search?biw=1280&bih=656&scient=psy-ab&q=a%C3%A7%C3%B5es+emergenciaias+helicoverpa+armigera&btnG=&oq=a%C3%A7%C3%B5es+emergenciaias+helicoverpa+armigera&gs_l=hp.3..33i21.1043984.1055644.10.1055842.44.42.2.0.0.0.566.12879.2-18j19j2j2.41.0....0...1c.1.26.hp..66.59.21574.fGQ-D8SV84w&psj=1. Acesso em 03/09/2013.
- Feng, H-Q., X. Wu, B. Wu & K. Wu. 2009.** Seasonal migration of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) Over the Bohai Sea. *Entomol. Soc. Am.* 102: 95-104.
- Foerster, M.R. C.A. Marchioro & L.A. Foerster. 2014.** Temperature-dependent parasitism, survival, and longevity of five species of *Trichogramma* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) associated with *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae). *Neotrop. Entomol.* 43: 176-182.
- Giolo, F.P., G.R. Busato, M.S. Garcia, C.G. Manzoni, O. Bernardi & M. Zart. 2006.** Biologia de *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Lepidoptera: noctuidae) em duas dietas artificiais. *Rev. Bras. Agrociência.* 12: 167-171.
- Godin, C. & G. Boivin. 2000.** Effects of host age on parasitism and progeny allocation in Trichogrammatidae. *Entomol. Exp. Appl.* 97: 149-160.
- Jouben, N., S. Agnolet, S. Lorenz, S.E. Schöne, R. Ellinger, B. Schneider & D.G. Heckel. 2012.** Resistance of australian *Helicoverpa armigera* to fenvalerate is due to the chimeric P450 enzyme CYP337B3. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 109: 15206-15211.
- Karim, S. 2000.** Management of *Helicoverpa armigera*: a review and prospectus for Pakistan. *Pakistan J. Biol. Sci.* 3: 1213-1222.
- Luo, S., S.E. Naranjo & K. Wu. 2014.** Biological control of cotton pests in China. *Biol. Control* 68: 6-14.
- Macieira, O.J.D. & E.A. Proni. 2005.** Influência da temperatura na taxa respiratória de abelhas forrageiras *Trigona spinipes* (Fabricius) (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae) durante períodos de verão e inverno. *Rev. Bras. Zool.* 22: 1159-1163.
- Maia, A.H.N., A.J.B. Luiz & C. Campanhola. 2000.** Statistical inference on associated fertility life table parameters using Jackknife technique: computational aspects. *J. Econ. Entomol.* 93: 511-518.
- Mastrangelo, T., D.F. Paulo, L.W. Bergamo, E.G.F. Morais, M. Silva, G. Bezerra-Silva & A.M.L. Azeredo-Espin. 2014.** Detection and genetic diversity of a Heliothine invader

(Lepidoptera: Noctuidae) from North and Northeast of Brazil. J. Econ. Entomol. 107: 970-980.

Milanez, A.M., D. Pratisoli, R.A. Polanczyk, A.F. Bueno & C.B.A. Tufik. 2009. Avaliação de *Trichogramma* spp. para o controle de *Trichoplusia ni*. Pesq. Agropec. Bras. 44: 1219-1224.

Mironidis, G.K. & M. Savopoulou-Soultani. 2012. Effects of constant and changing temperature conditions on diapause induction in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). Bull. Entomol. Res. 102: 139-147.

Mironidis, G.K. 2014. Development, survivorship and reproduction of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) under fluctuating temperatures. Bull. Entomol. Res. 104: 751-764.

Molina, R.M.S., V. Fronza & J.R.P. Parra. 2005. Seleção de *Trichogramma* spp., para o controle de *Ecdytolopha aurantiana*, com base na biologia e exigências térmicas. Rev. Bras. Entomol. 49: 152-158.

Nimbalkar, R.K., S.S. Shinde, D.S. Tawar & S.P. Muley. 2009. Response of cotton bollworm *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) to different insecticides in Maharashtra, India. World J. Agric. Sci. 5: 250-255.

Oliveira, H.N., M.R. Antigo, G.A. Carvalho & D.F. Glaeser. 2014. Effect of selectivity of herbicides and plant growth regulators used in sugarcane crops on immature stages of *Trichogramma galloi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Pl. Daninha 32: 125-131.

Oztemiz, S. 2008. Natural parasitism rate of *Trichogramma evanescens* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) and its release efficacy against the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) in the Cukurova Region, Turkey. Am. Entomol. Soc. 119: 19-33.

Oztemiz, S., M. Karacaoglu & F. Yarpuzlu. 2009. Parasitization rate of *Helicoverpa armigera* Hübner (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.

Pastori, P.L., L.B. Monteiro & M. Botton. 2008. Biologia e exigências térmicas de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera, Trichogrammatidae) “linhagem bonagota” criado em ovos de *Bonagota salubricola* (Meyrick) (Lepidoptera, Tortricidae). Rev. Bras. Entomol. 52: 472-476.

Pereira, F.F., R. Barros, D. Pratisoli, C.L.T. Pereira, U.R. Vianna & J.C. Zanuncio. 2007. Capacidade de parasitismo de *Trichogramma exiguum* Pinto & Platner, 1978 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos de *Plutella xylostella* (L., 1758) (Lepidoptera: Plutellidae) em diferentes temperaturas. Cienc. Rural 37: 297-303.

Pratisoli, D. & J.R.P. Parra. 2000a. Desenvolvimento e exigências térmicas de *Trichogramma pretiosum* Riley, criados em duas traças do tomateiro. Pesq. Agropec. Bras. 35: 1281-1288.

- Pratissoli, D. & J.R.P. Parra. 2000b.** Fertility life table of *Trichogramma pretiosum* (Hym., Trichogrammatidae) in eggs of *Tuta absoluta* and *Phthorimaea operculella* (Lep., Gelechiidae) at different temperatures. J. Appl. Entomol. 124: 339-342.
- Pratissoli, D., J.C. Zanuncio, U.R. Vianna, J.S. Andrade, E.M. Guimarães & M.C. Espindula. 2004a.** Fertility life table of *Trichogramma pretiosum* and *Trichogramma acacioion* eggs of *Anagasta kuehniella* at different temperatures. Pesq. Agropec. Bras. 39: 193-196.
- Pratissoli, D., O.A. Fernandes, J.C. Zanuncio & P.L. Pastori. 2004b.** Fertility life table of *Trichogramma pretiosum* and *Trichogramma acacioi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) on *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae) eggs at different constant temperatures. Ann. Entomol. Soc. Am. 97: 729-731.
- Pratissoli, D., E.F. Reis, H.B. Zago, P.L. Pastori & T. Tamanhoni. 2006.** Biologia e exigências térmicas de cinco linhagens de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) criadas em ovos de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). Cienc. Rural 36: 1671-1677.
- Pratissoli, D., J.C. Zanuncio, U.R. Vianna, J.S. Andrade, F.D. Zinger, J.R.C.C. Alencar & G.L.D. Leite. 2008.** Parasitism capacity of *Trichogramma pretiosum* and *Trichogramma acacioi* (Hym.: Trichogrammatidae) on eggs of *Sitotroga cerealella* (Lep.: Gelechiidae). Braz. Arch. Biol. Technol. 51: 1249-1254.
- Pratissoli, D., A.F. Bueno, R.C.O.F. Bueno, J.C. Zanúncio & R.A. Polanczyk. 2009.** *Trichogramma acacioi* (Hymenoptera, Trichogrammatidae) parasitismo capacity at different temperatures and factitious hosts. Rev. Bras. Entomol. 53: 151-153.
- Pratissoli, D., L.P. Dalvi, R.A. Polanczyk, G.S. Andrade, A.M. Holtz & H.O. Nicoline. 2010.** Características biológicas de *Trichogramma exiguum* em ovos de *Anagasta kuehniella* e *Sitotroga cerealella*. Idesia 28: 39-42.
- Pratissoli, D., V.L.S. Lima, V.D. Pirovani & W.L. Lima. 2015.** Occurrence of *Helicoverpa armigera* on tomato in the Espírito Santo state. Hort. Bras. 33:114-118.
- Querino, R.B. & R.A. Zucchi. 2015.** Species of Trichogramma: Collection of ESALQ-USP. Disponível em: http://www.lea.esalq.usp.br/tricho/edita_ssp_i.php. Acesso em: 22/01/2015.
- Reynolds, S.E. & S.F. Nottingham. 1985.** Effects of temperature on growth and efficiency of food utilization in fifth-instar caterpillars of the tobacco hornworm, *Manduca sexta*. J. Insect Physiol. 31: 129-134.
- Santana, S.W.J., R. Barros, J.B. Torres & M.G.C. Gondim Jr. 2010.** Exigências térmicas da praga do coqueiro *Atheloca subrufella* (Hulst) (Lepidoptera: Phycitidae). Neotrop. Entomol. 39: 181-186.

- SAS Institute 2001.** SAS/STAT User's guide, version .02, TS level 2MO. SAS Institute Inc, Cary, NC.
- Souza, J.R., G.A. Carvalho, A.P. Moura, M.H.G. Couto & J.B. Maia. 2014.** Toxicity of some insecticides used in maize crop on *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera, Trichogrammatidae) immature stages. Chil. J. Agric. Res. 74: 234-239.
- Specht, A., D.R. Sosa-Gomez, S.V. Paula-Moraes & S.A.C. Yano. 2013.** Identificação morfológica e molecular de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) e ampliação de seu registro de ocorrência no Brasil. Pesq. Agropec. Bras. 48: 689-692.
- Tay, W.T, M.F. Soria, T. Walsh, D. Thomazoni, P. Silvie, G.T. Behere, C. Anderson & S. Downes. 2013.** A brave new world for an old world pest: *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. Plos One 8: 1-7.
- Thomazoni, D., M.F. Soria, E.J.G. Pereira & P.E. Degrande. 2013.** *Helicoverpa armigera*: perigo iminente aos cultivos de algodão, soja e milho do Estado do Mato Grosso. Mato Grosso, Instituto Mato-grossense do algodão, 12p. (Circular Técnica 5).
- Visser, B. & J. Ellers. 2008.** Lack of lipogenesis in parasitoids: a review of physiological mechanisms and evolutionary implications. J. Insect Physiol. 54: 1315-1322.

Tabela 1. Valores médios (IC a 95%) do tempo médio de geração (T), da taxa líquida de reprodução (R_0) e da taxa intrínseca de crescimento populacional (r_m) para *Trichogramma pretiosum* parasitando ovos de *Helicoverpa armigera* com 48h de idade quando submetido a diferentes temperaturas.

Temperatura (°C)	T (dias)	R_0 (fêmea/fêmea)	r_m (fêmeas/fêmea*dia)
18 ¹	20,9 a (20,4 – 21,4)	34,9 b (27,4 – 42,5)	0,17 d (0,16 – 0,18)
21	15,7 b (15,3 – 16,2)	46,8 ab (36,6 – 57,1)	0,24 c (0,23 – 0,26)
24	11,0 c (10,4 – 11,7)	58,1 a (49,5 – 66,6)	0,37 ab (0,34 – 0,39)
27	9,1 d (8,9 – 9,4)	43,3 ab (34,9 – 51,7)	0,41 a (0,39 – 0,43)
30	8,0 e (7,8 – 8,2)	37,1 b (28,5 – 45,8)	0,45 a (0,43 – 0,47)
33	7,5 f (7,2 – 7,7)	15,2 c (11,5 – 18,9)	0,36 b (0,33 – 0,38)

¹Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si por pares de comparação pelo intervalo de confiança a 95% de probabilidade calculados pelo método Jackknife proposto por Maia *et al.* (2000).

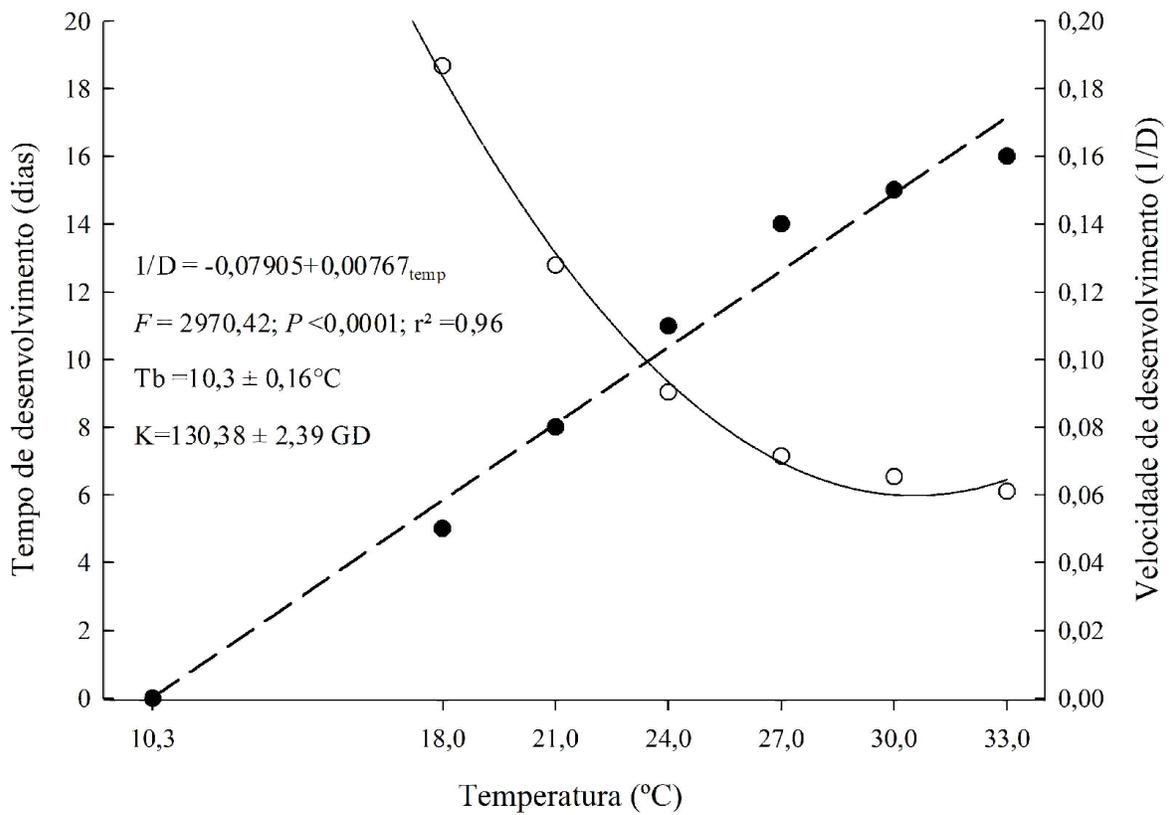


Figura 1. Relação do tempo de desenvolvimento (símbolo aberto) e a velocidade do desenvolvimento (símbolo fechado) para *Trichogramma pretiosum* criados em ovos de *Helicoverpa armigera* em diferentes temperaturas.

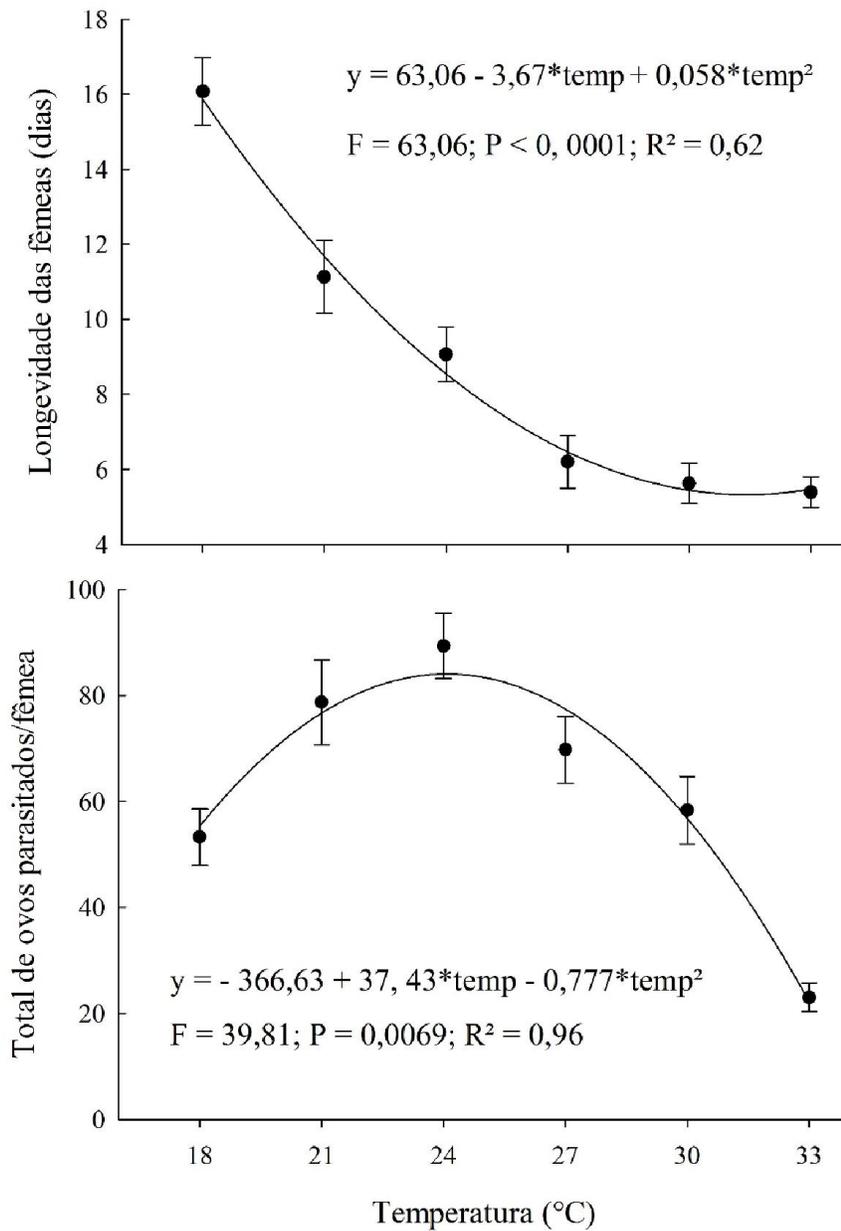


Figura 3. Médias (\pm EP) da longevidade das fêmeas e totais de ovos parasitados por fêmea de *Trichogramma pretiosum* no hospedeiro *Helicoverpa armigera* em diferentes temperaturas (18 ± 1 °C a 33 ± 1 °C, $70 \pm 10\%$ UR e fotofase de 14 h).