



ARTIGO

Desenvolvimento e exigências térmicas de *Trichospilus diatraeae* Cherian & Margabandhu (Hymenoptera: Eulophidae) criado em pupas de *Anticarsia gemmatalis* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)

Patrik Luiz Pastori^{1*}, José Cola Zanunio², Fabricio Fagundes Pereira³,
Dirceu Pratisoli⁴, Paulo Roberto Cecon⁵ e José Eduardo Serrão⁶

Recebido: 29 de julho de 2011 Recebido após revisão: 05 de novembro de 2011 Aceito: 23 de dezembro de 2011
Disponível on-line em <http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/1977>

RESUMO: (Desenvolvimento e exigências térmicas de *Trichospilus diatraeae* Cherian & Margabandhu (Hymenoptera: Eulophidae) criado em pupas de *Anticarsia gemmatalis* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)). A temperatura afeta os processos vitais de todos os organismos vivos, de modo que, conhecer seu efeito é fundamental para se planejar o uso de parasitoides em programas de controle biológico. O desenvolvimento e as exigências térmicas de *Trichospilus diatraeae* Cherian & Margabandhu (Hymenoptera: Eulophidae) foram determinados em pupas de *Anticarsia gemmatalis* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). Cada pupa do hospedeiro, com 0-24 horas de idade, foi submetida ao parasitismo por seis fêmeas de *T. diatraeae*, durante 24 horas, e transferida para câmaras climatizadas a 18, 20, 22, 25, 28, 30 e 32 °C até a emergência dos adultos do parasitoide. A duração do ciclo biológico (ovo-adulto) de *T. diatraeae* reduziu de 37,72 para 16,00 dias com o aumento da temperatura de 18 para 30 °C. O percentual de emergência e o número de adultos de *T. diatraeae* foram maiores na faixa térmica de 22 a 25 °C. A elevação da temperatura aumentou o número de fêmeas, com alteração da razão sexual desse parasitoide. A largura da cápsula cefálica de machos e de fêmeas dos adultos emergidos de *T. diatraeae* foi semelhante entre as temperaturas. A temperatura base (T_b) e a constante térmica (K) foram de 8,40 °C e 328,41 graus-dia (GD), respectivamente. Temperaturas acima ou abaixo da faixa térmica de 22 a 25 °C influenciam negativamente os parâmetros biológicos de *T. diatraeae*.
Palavras-chave: parasitoides, hospedeiro alternativo, criação massal, temperatura base.

ABSTRACT: (Development and thermal requirements of *Trichospilus diatraeae* Cherian & Margabandhu (Hymenoptera: Eulophidae) reared on *Anticarsia gemmatalis* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) pupae). All living organisms' vital processes are affected by environmental temperature and the knowledge of its effects is fundamental for planning the use of parasitoids in biological control programs. *Trichospilus diatraeae* Cherian & Margabandhu (Hymenoptera: Eulophidae) development and thermal requirements were determined on *Anticarsia gemmatalis* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) pupae. Each pupa of this host, aging 0-24 hours was submitted to parasitism by six females of *T. diatraeae* for 24 hours and then transferred to acclimatized chambers at 18, 20, 22, 25, 28, 30 and 32 °C until parasitoid emergency. *T. diatraeae* biological cycle length (egg-adult) reduced from 37.72 to 16.00 days when temperature was increased from 18 to 30 °C, respectively. The parasitoid emergency and its progeny were greater in the temperature range of 22 to 25 °C. Temperature rise increased the number of females and, consequently, changed the parasitoid sex ratio. Head capsule width of *T. diatraeae* females and males progenies was similar among temperatures. Threshold temperature and thermal constant were 8.4 °C and 328.41 degrees-day, respectively. Temperatures above 22 or below 25 °C negatively influenced *T. diatraeae* biological parameters.

Key words: parasitoids, alternative host, mass rearing, threshold temperature.

INTRODUÇÃO

Parasitoides são importantes para o equilíbrio de agroecossistemas pela diversidade de espécies parasitoides e altos níveis de parasitismo em seus hospedeiros (Soares *et al.* 2009). A densidade populacional de insetos-praga e de seus inimigos naturais varia com suas necessidades térmicas e com o tamanho da área (Haddad *et al.* 1999, Krugner *et al.* 2007, Lapointe *et al.* 2007). Diversos aspectos da história de vida dos insetos são afetados quando a temperatura está acima ou abaixo daquela considerada “ótima” para a espécie, como: Desenvolvimento, sobrevivência, metabolismo, reprodução, fertilidade, parasitismo, comportamento alimen-

tar e longevidade dos parasitoides (Thomazini & Berti Filho 2001, Bazzocchi *et al.* 2003, Bittencourt & Berti Filho 2004, Pastori *et al.* 2008).

O estudo das exigências térmicas facilita a compreensão da relação entre a temperatura e o desenvolvimento da espécie-alvo, bem como a previsão do número de gerações no campo e a melhor época para controlá-la (Haghani *et al.* 2007, Kalaitzaki *et al.* 2007, Iranipour *et al.* 2010). A determinação da temperatura “ótima”, em laboratório, fornece subsídios para a obtenção do número de parasitoides desejados, com previsão de sobrevivência, duração do ciclo biológico e capacidade reprodutiva de fêmeas em temperaturas conhecidas (Ferreira

1. Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal do Ceará. CEP 60.356-000, Fortaleza, CE, Brasil.

2. Departamento de Biologia Animal, Universidade Federal de Viçosa. CEP 36.570-000, Viçosa, MG, Brasil.

3. Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, Universidade Federal da Grande Dourados. CEP 79.804-970, Dourados, MS, Brasil.

4. Departamento de Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, 29.804-970, Alegre, ES, Brasil.

5. Departamento de Estatística, Universidade Federal de Viçosa. CEP 36.570-000, Viçosa, MG, Brasil.

6. Departamento de Biologia Geral, Universidade Federal de Viçosa, CEP 36.570-000, Viçosa, MG, Brasil.

*Autor para contato. E-mail: plpastori@yahoo.com.br

et al. 2003, Pratisoli *et al.* 2004, Pereira *et al.* 2009).

Trichospilus diatraeae Cheria & Margabandhu (Hymenoptera: Eulophidae) é um endoparasitoide que se desenvolve, principalmente, em pupas de Lepidoptera (Paron & Berti Filho 2000, Ubaidillah 2006, Pereira *et al.* 2008). A espécie se reproduz em pupas de *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) (Paron & Berti Filho 2000), as quais, por sua vez, podem ser facilmente criadas em dieta artificial (Greene *et al.* 1976). *Trichospilus diatraeae* foi relatado parasitando pupas de lepidópteros-praga das famílias: Crambidae (Cheria & Margabandhu 1942), Arctiidae (Paron & Berti Filho 2000), Oecophoridae (Oliveira *et al.* 2001), Pyralidae (Kazmi & Chauhan 2003) e Geometridae (Pereira *et al.* 2008; Zaché *et al.* 2010); e apresenta potencial para o controle biológico em culturas de grande importância na África, Ásia e Américas, como: Cana-de-açúcar, milho e algodão (Bouček 1976, Fávero 2009, Grance 2010). Desta forma, o presente estudo visa avaliar a influência da temperatura sobre o desenvolvimento de *T. diatraeae* em pupas do hospedeiro alternativo *A. gemmatalis* visando a sua criação massal.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Controle Biológico de Insetos (LCBI) do Instituto de Biotecnologia Aplicada a Agricultura (BIOAGRO) da Universidade Federal de Viçosa (UFV) em Viçosa, Minas Gerais.

Criação de *A. gemmatalis*

Lagartas de *A. gemmatalis* foram criadas em potes plásticos (1.000 mL) com a tampa furada, vedada com organza e alimentadas com dieta artificial proposta por Greene *et al.* (1976) à 25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 14 horas. Os adultos foram mantidos em gaiolas de madeira (33 x 33 x 33 cm) com as laterais teladas e fechadas com tampa de vidro e alimentados com solução nutritiva embebida em algodão (Greene *et al.* 1976). Folhas de papel branco foram dispostas no interior das gaiolas para servir de superfície de oviposição. Posturas foram coletadas e transferidas para os potes de criação larval descritos acima.

Criação de *T. diatraeae*

Os adultos de *T. diatraeae* foram provenientes de criação já estabelecida no LCBI, sendo mantidos em tubos de vidro (14,0 x 2,2 cm), fechados com algodão e alimentados com gotículas de mel puro. Cada pupa de *A. gemmatalis* foi oferecida às fêmeas recém-emergidas de *T. diatraeae* por 24 horas e, após esse período, individualizadas e mantidas a 25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa (Rodrigues 2010) e fotofase de 14 horas até a emergência dos adultos (Pereira *et al.* 2008).

Desenvolvimento experimental

Cada pupa de *A. gemmatalis* com até 24 horas de idade foi pesada ($176,23 \pm 4,82$ mg - média das pupas utilizadas) e transferida para um tubo de vidro (14,0 x 2,2 cm) fechado com algodão contendo seis fêmeas de *T. diatraeae* recém-emergidas. O número de fêmeas do parasitoide foi determinado em testes preliminares em função do peso das pupas hospedeiras. O parasitismo foi permitido por 24 horas em câmara climatizada, regulada a 25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 14 horas. Ao final desse período, as fêmeas de *T. diatraeae* foram retiradas com pincel de pelos finos sob microscópio estereoscópico e os tubos com as pupas parasitadas foram transferidos para câmaras climatizadas a 18, 20, 22, 25, 28, 30 ou 32 °C, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 14 horas.

A duração do ciclo de vida (ovo-adulto) foi determinada a partir de observações diárias sempre no mesmo horário (14 h). O percentual de emergência, o número de parasitoides emergidos, a razão sexual (RS= número de fêmeas/ número de adultos) e a largura da cápsula cefálica de machos e de fêmeas do parasitoide foram avaliados. O sexo de *T. diatraeae* foi determinado pelas características morfológicas da antena e abdome (Paron 1999).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com sete tratamentos (temperaturas) e 12 repetições, constituídas por um grupo de quatro pupas de *A. gemmatalis* e 10 e 20 repetições constituídas por 10 machos e 20 fêmeas, escolhidos(as) ao acaso nos descendentes de cada tratamento para largura da cápsula cefálica de machos e de fêmeas, respectivamente. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e os modelos escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão utilizando o teste “t” de Student adotando o nível de 5% de probabilidade, no coeficiente de determinação ($R^2 = \text{SQReg} / \text{SQTotal}$) e no fenômeno biológico estudado.

Determinação das exigências térmicas de *T. diatraeae*

O cálculo da temperatura base (T_b) e da constante térmica (K) foi realizado pelo método da hipérbole (Haddad *et al.* 1999), baseando-se na duração do ciclo de vida (ovo-adulto) nas temperaturas estudadas.

RESULTADOS

A duração do ciclo biológico (ovo-adulto) de *T. diatraeae* em pupas de *A. gemmatalis* apresentou relação inversa com a elevação da temperatura e variou de 37,72 a 16,00 dias (2,35 vezes) na faixa de 18 a 30 °C, respectivamente ($F = 173,1081$; $p < 0,0001$) (Fig. 1A). O parasitoide, porém, não completou seu desenvolvimento em pupas de *A. gemmatalis* a 32 °C e, por isto, os demais parâmetros biológicos não puderam ser avaliados nessa temperatura.

O percentual de emergência de *T. diatraeae* foi maior

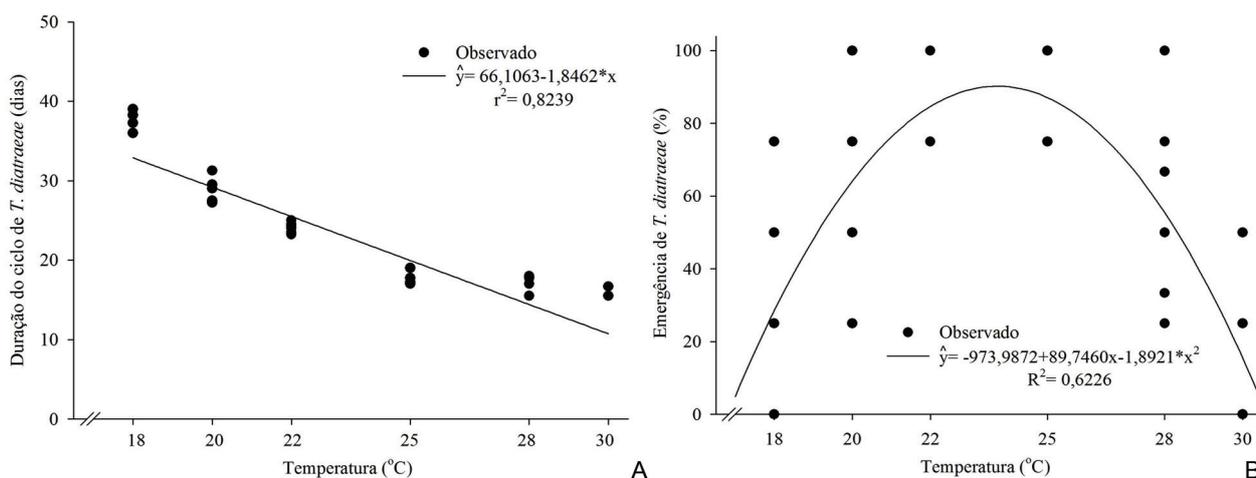


Figura 1. Duração do ciclo de vida (A) e percentual de emergência (B) de *Trichospilus diatraeae* Cherian & Margabandhu (Hymenoptera: Eulophidae) criados em pupas de *Anticarsia gemmatilis* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), em diferentes temperaturas constantes. Umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e 14 horas de fotofase.

na faixa térmica de 22 a 25 °C, com ponto de máximo a 23,7 °C e menor nas temperaturas extremas (18 e 30 °C) ($F = 56,9076$; $p < 0,0001$) (Fig. 1B).

O número de descendentes emergidos de pupas de *A. gemmatilis* variou de 41,86 a 251,28, com menor valor nas temperaturas extremas (18, 28 e 30 °C) e maior na faixa de 22 a 25 °C com ponto de máximo a 23,0 °C ($F = 14,8866$; $p < 0,0001$) (Fig. 2A).

A razão sexual dos parasitoides emergidos variou de 0,89 a 0,97 no intervalo de 18 a 30 °C, aumentando com a elevação da temperatura ($F = 14,9035$; $p < 0,0004$) (Fig. 2B).

A largura da casula cefálica de machos e de fêmeas de *T. diatraeae* apresentou valor médio de $0,49 \pm 0,02$ mm ($F = 0,614$; $p = 0,6898$) e $0,77 \pm 0,01$ mm ($F = 0,929$; $p = 0,4694$), respectivamente, não havendo diferença significativa entre as temperaturas testadas.

As exigências térmicas de *T. diatraeae* (ovo-adulto)

em pupas de *A. gemmatilis* foram determinadas com o modelo $Y = (1/D) = -0,0256 + 0,030x$ ($r^2 = 0,9380$; $F = 60,5401$; $p = \leq 0,00147$), com valores de 8,40 °C e 328,41 graus-dia (GD), para o limite térmico inferior de desenvolvimento (temperatura base - T_b) e constante térmica (K), respectivamente (Fig. 3).

DISCUSSÃO

Trichospilus diatraeae se desenvolve com sucesso em pupas de *A. gemmatilis* na faixa térmica de 22 a 25 °C e cessa seu desenvolvimento biológico a 32 °C, indicando que seu limite térmico superior se encontra abaixo desta última temperatura. A definição do limite térmico superior é importante pois a temperatura é um fator abiótico crítico para a dinâmica populacional e estabelece os limites das atividades biológicas dos principais processos vitais de insetos (Haghani *et al.* 2007,

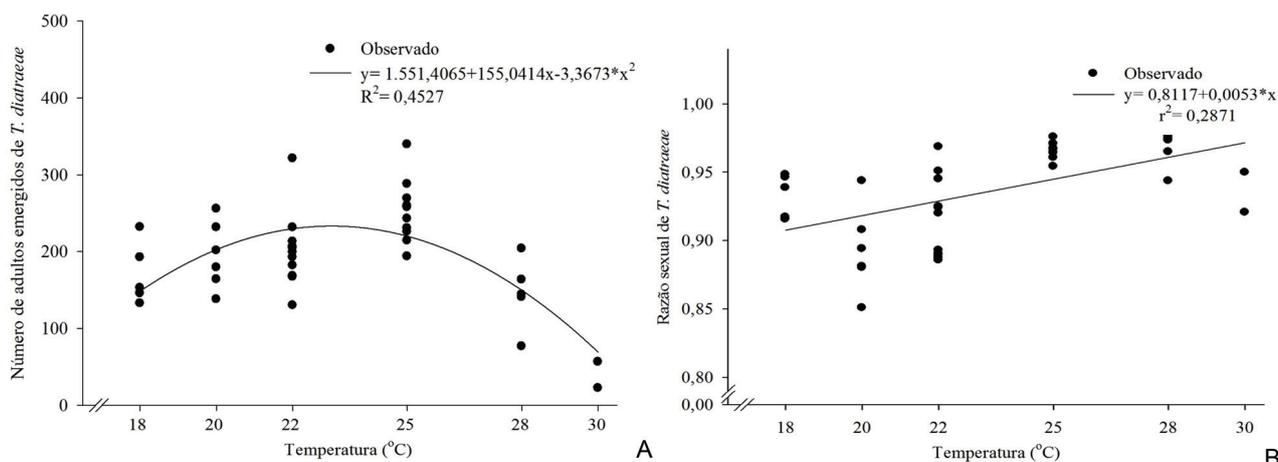


Figura 2. Número de adultos emergidos (A) e razão sexual (B) de *Trichospilus diatraeae* Cherian & Margabandhu (Hymenoptera: Eulophidae) criados em pupas de *Anticarsia gemmatilis* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), em diferentes temperaturas constantes. Umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e 14 horas de fotofase.

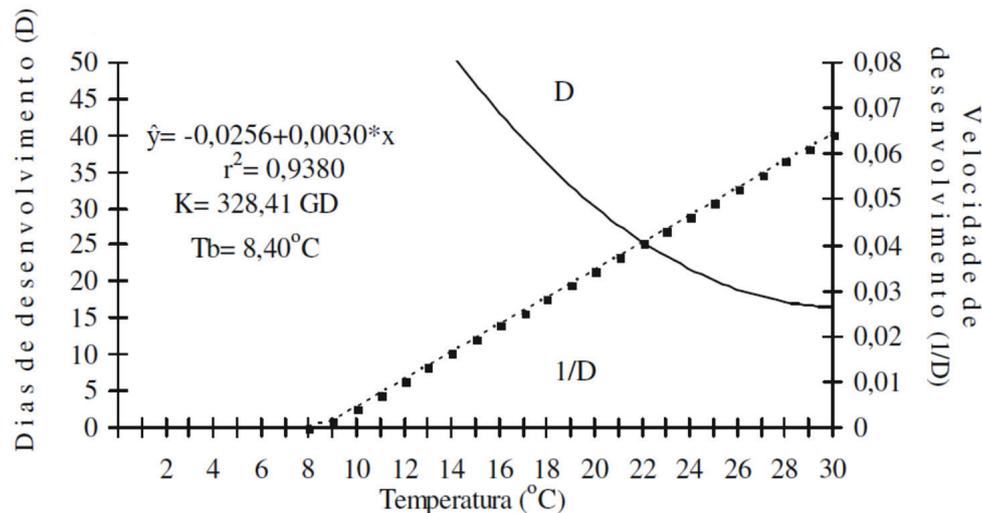


Figura 3. Desenvolvimento (dias, D) e velocidade de desenvolvimento (1/D) de *Trichospilus diatraeae* Cherian & Margabandhu (Hymenoptera: Eulophidae) criado em pupas de *Anticarsia gemmatalis* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), em diferentes temperaturas constantes. Umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e 14 horas de fotofase.

Sandanayaka & Ramankutty 2007). No entanto, estudos em laboratório não avaliam os efeitos das variações de temperatura em cada diferente etapa do desenvolvimento do parasitoide, existentes em condições naturais (Haghani *et al.* 2007, Krugner *et al.* 2007), e superestimam a mortalidade nas temperaturas inferiores e superiores testadas (Sandanyaka & Ramankutty 2007). Assim, *T. diatraeae* poderia completar seu desenvolvimento em campo com temperaturas superiores a $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ desde que não coincidisse com seus estágios críticos de desenvolvimento, como relatado para *Quadrastichus citrella* Reina & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) que suportou temperaturas entre 13 e $39\text{ }^{\circ}\text{C}$ no hospedeiro *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae) (Llàcer *et al.* 2006). Desta forma, sugere-se o estudo de *T. diatraeae* com temperaturas flutuantes, o que é fundamental para a aplicação prática desse parasitoide no controle biológico (Golizadeh *et al.* 2008).

A faixa de temperatura ideal de desenvolvimento para *T. diatraeae* está de acordo com o proposto para essa mesma espécie do parasitoide sobre o hospedeiro *Diatraea saccharalis* (Fabricius) (Lepidoptera: Crambidae) (Paron 1999, Rodrigues 2010) e para *Thripobius semiluteus* Bouček (Hymenoptera: Eulophidae) em *Heliothrips haemorrhoidalis* (Bouché) (Thysanoptera: Thripidae) (Bernardo *et al.* 2005). Isto sugere que as populações dessas espécies sejam pouco adaptadas às temperaturas constantes acima de $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Limites térmicos superiores abaixo de $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ foram relatados para *Oomyzus sokolowskii* (Kurdjumov) (Hymenoptera: Eulophidae), *Diadegma anurum* (Thomson) (Hymenoptera: Ichneumonidae), *Fidiobia dominica* Evans (Hymenoptera: Platygasteridae), *Aprostocetus vaquitarum* Wolcott (Hymenoptera: Eulophidae) e *Pnigalio pectinicornis* (Linnaeus) (Hymenoptera: Eulophidae) em *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Plutellidae),

Diaprepes abbreviatus (Linnaeus) (Coleoptera: Curculionidae) e *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae), (Ferreira *et al.* 2003, Ulmer *et al.* 2006, Kalaitzaki *et al.* 2007, Golizadeh *et al.* 2008, Jacas *et al.* 2008). *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) obteve melhor desenvolvimento a $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ em diversos hospedeiros: *A. gemmatalis*, *D. saccharalis*, *Heliothis virescens* (Fabricius), *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Thyrinteina arnobia* (Stoll) (Lepidoptera: Geometridae) (Bittencourt & Berti Filho 2004). Características térmicas variam entre espécies, populações, estágios de desenvolvimento (Pratissoli *et al.* 2003, Ulmer *et al.* 2006, Pastori *et al.* 2008, Iranipour *et al.* 2010), hospedeiros (Bittencourt & Berti Filho 2004) e fatores ecológicos como fonte de alimento (Roy *et al.* 2002, 2003, Pandey & Tripathi 2008). Assim, populações de *T. diatraeae* podem apresentar resposta diferenciada à temperatura no mesmo hospedeiro, *D. saccharalis*, com diferentes limites superiores (ver Paron 1999, Rodrigues 2010).

Temperaturas extremas no campo, durante o verão e o inverno afetam a eficiência de parasitoides nos programas de controle biológico (Goolsby *et al.* 2005, Llàcer *et al.* 2006, Kalaitzaki *et al.* 2007). A faixa térmica “ótima” para o desenvolvimento de um parasitoide é ferramenta importante para a programação da criação em laboratório a fim de sincronizar a emergência do parasitoide com a presença do estágio de interesse do hospedeiro-alvo no campo e melhorar a eficiência da criação massal e de programas de liberação (Sagarra *et al.* 2000, Krugner *et al.* 2007, Bueno *et al.* 2008). No entanto, podem também, prejudicar o inseto-praga, quando o parasitoide apresenta co-evolução com o hospedeiro (Lapointe *et al.* 2007); para *T. diatraeae* e seus hospedeiros essas relações não são conhecidas.

O menor percentual de emergência de *T. diatraeae* a 30°C e ausência de emergência a 32°C, corroboram a hipótese de que a exposição à altas temperaturas ao longo do desenvolvimento afetam negativamente a história de vida dos parasitoides, evidenciando que o desenvolvimento de insetos tende a ser menor fora do intervalo de valores ótimos de temperatura (Thomazini & Bert Filho 2001, Bazzocchi et al. 2003, Krugner et al. 2007). A mortalidade dos parasitoides em altas temperaturas pode estar relacionada ao aumento da taxa metabólica, pois, quando a temperatura se aproxima do limite superior letal, a taxa de metabolismo reduz drasticamente (Bueno et al. 2008, Pandey & Tripathi 2008). Ainda ocorrem atrasos no desenvolvimento no extremo superior de temperatura, devido à alimentação subótima (van Steenis 1994) e, em baixas temperaturas, devido à mortalidade do hospedeiro, uma vez que temperaturas inferiores a 20 °C são inadequadas para o desenvolvimento de *A. gemmatalis* (Magrini et al. 1996).

O maior número de adultos emergidos de *T. diatraeae* na faixa térmica de 22 a 25 °C indica adaptabilidade, mas esse parâmetro não sofreu redução significativa nas demais temperaturas, exceto acima de 28 °C e manteve número satisfatório de indivíduos (Paron & Berti Filho 2000, Grance 2010).

O menor número de adultos emergidos de *T. diatraeae* em temperaturas extremas influenciou a razão sexual obtida, mas não a largura da cápsula cefálica de machos e de fêmeas desse parasitoide. Isso sugere que machos e fêmeas imaturos de *T. diatraeae* sofreram efeito diferenciado em temperaturas extremas, com interferência na mortalidade diferencial, mas não no tamanho dos adultos. Variação na razão sexual pode beneficiar ou prejudicar a aplicação prática do controle biológico (Heimpel & Lundgren 2000, Favero 2009), devendo-se buscar razão sexual com maior número de fêmeas, visto que os machos não contribuem para o parasitismo (Pandey & Tripathi 2008, Zanuncio et al. 2008).

As exigências térmicas de *T. diatraeae* [limite térmico inferior de desenvolvimento (Tb) e constante térmica (K)] foram determinadas por um modelo linear que é utilizado por requerer poucos dados para a formulação, ser de fácil aplicação e cálculo e, geralmente apresentar um valor resultante com diferenças negligenciáveis na precisão de modelos mais complexos (Haghani et al. 2007, Iranipour et al. 2010). Além disso, é o método mais simples e fácil para estimar a constante térmica (K) (Worner 1992). Os valores de exigências térmicas de *T. diatraeae* obtidos em *A. gemmatalis* são próximos aos encontrados em *D. saccharalis* por Paron (1999) (Tb= 8,0 °C e K= 371, 88 graus-dia (GD) e Rodrigues (2010) (Tb= 9,37 °C e K= 257,60 graus-dia (GD)). As exigências térmicas de um parasitoide variam com o hospedeiro, como relatado para *P. elaeisis*, cuja constante térmica de ovo-adulto variou de 353,1 a 407,7 graus-dia (GD) e o limite térmico inferior de desenvolvimento de 5,0 a 7,5 °C em *A. gemmatalis*, *D. saccharalis*, *H. virescens*, *S. frugiperda* e *T. arnobia* (Bittencourt & Berti Filho 2004).

Nas condições de temperatura estudadas, *T. diatraeae* se desenvolveu mais rápido que seu hospedeiro alternativo, *A. gemmatalis*, uma vez que esse parasitoide apresenta exigências térmicas inferiores às do hospedeiro, o qual possui temperatura base (Tb = 13,9 °C) e constante térmica (K= 337,6 graus-dia GD) (Magrini et al. 1996). A aplicação de parasitoides em programas de controle biológico depende de seu desenvolvimento ser mais rápido e apresentar maior número de gerações que o hospedeiro na mesma temperatura. Por outro lado, se o hospedeiro se desenvolver mais rápido que o parasitoide, a flutuação populacional da praga aumenta rapidamente e o parasitoide não responde numericamente, o que prejudica o controle (Ferreira et al. 2003, Kalaitzaki et al. 2007, Krugner et al. 2007, Pastori et al. 2008).

O desempenho reprodutivo satisfatório de *T. diatraeae* em pupas de *A. gemmatalis* (hospedeiro alternativo) na faixa térmica de 22 a 25 °C com temperatura base (Tb) e constante térmica (K) de 8,40 °C e 328,41 graus-dia (GD), respectivamente, indica que esse inimigo natural pode ser criado em laboratório e, após testes de eficiência e aplicabilidade, ser utilizado em programas de controle biológico.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

- BAZZOCCHI, G. G., LANZONI, A., BURGIO, G. & FIACCONI, M. R. 2003. Effects of temperature and host on the pre-imaginal development of the parasitoid *Diglyphus isaea* (Hymenoptera: Eulophidae). *Biological Control*, 26: 74-82.
- BERNARDO, U., VIGGIANI, G. & SASSO, R. 2005. Biological parameters of *Thripobius semiluteus* Bouček (Hym., Eulophidae), a larval endoparasitoid of *Heliothrips haemorrhoidalis* (Bouché) (Thysan., Thripidae). *Journal of Applied Entomology*, 129: 250-257.
- BITTENCOURT, M.A.L. & BERTI FILHO, E. 2004. Exigências térmicas para o desenvolvimento de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera, Eulophidae) em pupas de cinco espécies de lepidópteros. *Iheringia, Série Zoologia*, 94: 321-323.
- BOUČEK, Z. 1976. The African and Asiatic species of *Trichospilus* and *Cotterellia* (Hymenoptera: Eulophidae). *Bulletin of Entomological Research*, 65: 669-681.
- BUENO, R.C.O.F., CARNEIRO, T.R., PRATISSOLI, D., BUENO, A.F. & FERNANDES, O.A. 2008. Biology and thermal requirements of *Telenomus remus* reared on fall armyworm *Spodoptera frugiperda* eggs. *Ciência Rural*, 38: 01-06.
- CHERIAN, M.C. & MARGABANDHU, V. 1942. A new species of *Trichospilus* (Hymenoptera: Chalcidoidea) from South India. *Indian Journal of Entomology*, 4: 101-102.
- FÁVERO, K. 2009. *Biologia e técnicas de criação de Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) em pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) e *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae). 63 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade). Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2009.

- FERREIRA, S.W.J., BARROS, R. & TORRES, J.B. 2003. Exigências térmicas e estimativa do número de gerações de *Oomyzus sokolowskii* (Kurdjumov) (Hymenoptera: Eulophidae), para regiões produtoras de crucíferas em Pernambuco. *Neotropical Entomology*, 32: 407-411.
- GOLIZADEH, A., KAMALI, K., FATHIPOUR, Y. & ABBASIPOUR, H. 2008. Life table and temperature-dependent development of *Diadegma anurum* (Hymenoptera: Ichneumonidae) on its host *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Environmental Entomology*, 37: 38-44.
- GOOLSBY, J.A., DEBARRO, P. J., KIRK, A.A., SUTHERST, R.W., CANAN, L., CIOMPERLIK, M.A., ELLSWORTH, P.C., GOULD, J.R., HARTLEY, D.M., KOELMER, K.A., NARANJO, S.E., ROSE, M., ROLTSCH, W.J., RUIZ, R.A., PICKETT, C.H. & VACEK, D.C. 2005. Post-release evaluation of biological control of *Bemisia tabaci* biotype "B" in the USA and the development of predictive tools to guide introductions for other countries. *Biological Control*, 32: 70-77.
- GRANCE, E.L.V. 2010. *Potencial de Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) para o controle de *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) em cana-de-açúcar. 53 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade). Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2010.
- GREENE, G.L., LEPLA, N.C. & DICKERSON, W.A. 1976. Velvetbean caterpillar: A rearing procedure and artificial diet. *Journal of Economic Entomology*, 69: 487-488.
- HADDAD, M.L., PARRA, J.R.P. & MORAES, R.C.B. 1999. *Métodos para estimar os limites térmicos inferior e superior de desenvolvimento de insetos*. Piracicaba: FEALQ. 29 p.
- HAGHANI, M., FATHIPOUR, Y., TALEBI, A.A. & BANIAMERI, V. 2007. Temperature-dependent development of *Diglyphus isaea* (Hymenoptera: Eulophidae) on *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) on cucumber. *Journal of Pest Science*, 80: 71-77.
- HEIMPEL, G.E. & LUNDGREN, J.G. 2000. Sex ratios of commercially reared biological control agents. *Biological Control*, 19: 77-93.
- IRANIPOUR, S., BONAB, Z.N. & MICHAUD, J.P. 2010. Thermal requirements of *Trissolcus grandis* (Hymenoptera: Scelionidae), an egg parasitoid of sunn pest. *European Journal of Entomology*, 107: 47-53.
- JACAS, J.A., PEÑA, J.E., DUNCAN, R.E. & ULMER, B.J. 2008. Thermal requirements of *Fidiobia dominica* (Hymenoptera: Platygasteridae) and *Haeckelia sperata* (Hymenoptera: Trichogrammatidae), two exotic egg parasitoids of *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae). *BioControl*, 53: 451-460.
- KALAITZAKI, A.P., LYKOURESSIS, D.P., PERDIKIS, D.C.H. & ALEXANDRAKIS, V. Z. 2007. Effect of temperature on development and survival of the parasitoid *Pnigalio pectinicornis* (Hymenoptera: Eulophidae) reared on *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae). *Environmental Entomology*, 36: 497-505.
- KAZMI, S.I. & CHAUHAN, N. 2003. Chalcidoid parasitoids (Hymenoptera: Chalcidoidea) of *Hypsipyla robusta* (Lepidoptera: Pyralidae), a pest of cedars and mahogany. *Oriental Insects*, 37: 261-275.
- KRUGNER, R., DAANE, K.M., LAWSON, A.B. & YOKOTA, G.Y. 2007. Temperature-dependent development of *Macrocentrus iridescens* (Hymenoptera: Braconidae) as a parasitoid of the obliquebanded leafroller (Lepidoptera: Tortricidae): Implications for field synchrony of parasitoid and host. *Biological Control*, 42: 110-118.
- LAPOINTE, S.L., BORCHERT, D.M. & HALL, D.G. 2007. Effect of low temperatures on mortality and oviposition in conjunction with climate mapping to predict spread of the root weevil *Diaprepes abbreviatus* and introduced natural enemies. *Environmental Entomology*, 36:73-82.
- LLÁCER, E., URBANEJA, A., GARRIDO, A. & JACAS, J.A. 2006. Temperature requirements may explain why the introduced parasitoid *Quadrastichus citrella* (Hymenoptera: Eulophidae) failed to control *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae) in Spain. *BioControl*, 51: 439-452.
- MAGRINI, E.A., SILVEIRA NETO, S., PARRA, J.R.P., BOTELHO, P.S.M. & HADDAD, M.L. 1996. Biologia e exigências térmicas de *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) em laboratório. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 25: 513-519.
- OLIVEIRA, M.A.S., JUNQUEIRA, N.T.V., ICUMA, I.M., ALVES, R.T., OLIVEIRA, J.N. S. & ANDRADE, G.A. 2001. *Incidência de danos da broca do fruto da graviola no Distrito Federal*. Planaltina: Embrapa-CPAC. 5 p. (Comunicado Técnico n. 51)
- PANDEY, A.K. & TRIPATHI, C.O.M. 2008. Effect of temperature on the development, fecundity, progeny sex ratio and life-table of *Campoletis chloridae*, an endolarval parasitoid of the pod borer, *Helicoverpa armigera*. *BioControl*, 53: 461-471.
- PARON, M. R. 1999. *Bioecologia de Trichospilus diatraeae* Cherian & Margabandhu, 1942 (Hymenoptera: Eulophidae), endoparasitoide de pupas de Lepidoptera. 57 f. Tese (Doutorado em Ciências: Entomologia). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP, Piracicaba, 1999.
- PARON, M.R. & BERTI FILHO, E. 2000. Capacidade reprodutiva de *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) em pupas de diferentes hospedeiros (Lepidoptera). *Scientia Agricola*, 57: 355-358.
- PASTORI, P.L., MONTEIRO, L.B. & BOTTON, M. 2008. Biologia e exigências térmicas de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera, Trichogrammatidae) linhagem bonagota criado em ovos de *Bonagota salubricola* (Meyrick) (Lepidoptera, Tortricidae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 52: 472-476.
- PEREIRA, F.F., ZANUNCIO, J.C., TAVARES, M.T., PASTORI, P.L., JACQUES, G.C. & VILELA, E.F. 2008. New record of *Trichospilus diatraeae* as a parasitoid of the eucalypt defoliator *Thyrinteina arnobia* in Brazil. *Phytoparasitica*, 36: 304-306.
- PEREIRA, F.F., ZANUNCIO, J.C., SERRÃO, J.E., PASTORI, P.L. & RAMALHO, F.S. 2009. Reproductive performance of *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera; Eulophidae) with previously refrigerated pupae of *Bombyx mori* (Lepidoptera; Bombycidae). *Brazilian Journal of Biology*, 69: 865-869.
- PRATISSOLI, D., FORNAZIER, M.J., HOLTZ, A.M., GONÇALVES, J.R., CHIORAMITAL, A.B. & ZAGO, H.B. 2003. Ocorrência de *Trichogramma pretiosum* em áreas comerciais de tomate, no Espírito Santo, em regiões de diferentes altitudes. *Horticultura Brasileira*, 21: 73-76.
- PRATISSOLI, D., FERNANDES, O.A., ZANUNCIO, J.C. & PASTORI, P.L. 2004. Fertility life table of *Trichogramma pretiosum* and *Trichogramma acacioi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) on *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae) eggs at different constant temperatures. *Annals of the Entomological Society of America*, 97: 729-731.
- RODRIGUES, M. A. T. 2010. *Exigências térmicas e hídricas de Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) em pupas de *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae). 52 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade). Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2010.
- ROY, M., BRODEUR, J. & CLOUTIER, C. 2002. Relationship between temperature and development rate of *Stethorus punctillum* (Coleoptera: Coccinellidae) and its prey *Tetranychus mcDanieli* (Acarina: Tetranychidae). *Environmental Entomology*, 31: 177-187.
- ROY, M., BRODEUR, J. & CLOUTIER, C. 2003. Effect of temperature on intrinsic rate of natural increase (rm) of a coccinellid and its spider mite prey. *Biological Control*, 48: 57-72.
- SAGARRA, L.A., VINCENT, C., PETERS, N.F. & STEWART, R.K. 2000. Effect of host density, temperature, and photoperiod on the fitness of *Anagyrus kamali*, a parasitoid of the hibiscus mealybug *Maconellicoccus hirsutus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 96: 141-147.
- SANDANAYAKA, W.R.M. & RAMANKUTTY, P. 2007. Temperature emergence and survival of *Platygaster demades* (Hymenoptera: Platygasteridae), parasitoid of apple leaf curling midge. *Biological Control*, 42: 41-47.
- SOARES, M.A., GUTIERREZ, C.T., ZANUNCIO, J.C., PEDROSA, A.R.P. & LORENZON, A.S. 2009. Superparasitismo de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) y comportamiento de defensa de dos hospederos. *Revista Colombiana de Entomologia*, 35: 62-65.
- THOMAZINI, M.J. & BERTI FILHO, E. 2001. Ciclo biológico, exigências térmicas e parasitismo de *Muscidifurax uniraptor* em pupas de mosca doméstica. *Scientia Agricola*, 58: 469-473.

- UBAIDILLAH, R. 2006. Eulophine parasitoids of the genus *Trichospilus* in Indonesia, with the description of two new species (Hymenoptera: Eulophidae). *Entomological Science*, 9: 217-222.
- ULMER, B.J., JACAS, J.A., PEÑA, J.E., DUNCAN, R.E. & CASTILLO, J. 2006. Effect of temperature on life history of *Aprostocetus vaquitarum* (Hymenoptera: Eulophidae), an egg parasitoid of *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae). *Biological Control*, 39: 19-25.
- VAN STEENIS, M.J. 1994. Intrinsic rate of increase of *Lysiphlebus testaceipes* Cresson (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of *Aphis gossypii* Glover. *Journal of Applied Entomology*, 118: 399-404.
- WORNER, S.P. 1992. Performance of phenological models under variable temperature regimes: consequences of the Kaufman or rate summation effect. *Environmental Entomology*, 21: 689-699.
- ZACHÉ, B., WILCKEN, C.F., DACOSTA, R.R. & SOLIMAN, E.P. 2010. *Trichospilus diatraeae* Cheria & Margabandhu, 1942 (Hymenoptera: Eulophidae), a new parasitoid of *Melanolophia consimilaria* (Lepidoptera: Geometridae). *Phytoparasitica*, 38: 355-357.
- ZANUNCIO, J.C., PEREIRA, F.F., JACQUES, G.C., TAVARES, M.T. & SERRÃO, J.E. 2008. *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae), a new alternative host to rear the pupae parasitoid *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae). *The Coleopterists Bulletin*, 62: 64-66.