

**FABRICIO FAGUNDES PEREIRA**

**DESENVOLVIMENTO E TÉCNICAS DE CRIAÇÃO DE *Palmistichus  
elaeisis* (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE) EM HOSPEDEIROS  
NATURAL E ALTERNATIVO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

**VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL**

**2006**

**FABRICIO FAGUNDES PEREIRA**

**DESENVOLVIMENTO E TÉCNICAS DE CRIAÇÃO DE *Palmistichus*  
*elaeisis* (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE) EM HOSPEDEIROS  
NATURAL E ALTERNATIVO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 22 de junho de 2006

---

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

---

Dra. Teresinha Vinha Zanuncio  
(Co-orientadora)

---

Profa. Dra. Terezinha Maria Castro Della Lúcia

---

Dr. Harley Nonato de Oliveira

---

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

A Deus que concede e ilumina a minha vida.

Aos meus tão amados pais Waldecy e Doralice, pelo amor incondicional,  
carinho, incentivo, dedicação e perseverança.

Ao meu querido irmão, pelo companheirismo.

À minha adorada família, pelo apoio e confiança.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), ao Departamento de Biologia Animal e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela oportunidade de realização desta pesquisa e pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Professor Ph.D. José Cola Zanuncio, a quem muito admiro e respeito, pelos valiosos ensinamentos e pelas oportunidades oferecidas durante a pós-graduação, além do constante incentivo, exemplo de profissionalismo e eficiência na orientação desta pesquisa.

Ao Professor Dr. Dirceu Pratissoli, Professor do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), por despertar o meu interesse pela Entomologia, pelo apoio para que eu realizasse o Curso na UFV e pela co-orientação na execução desta pesquisa.

Ao Professor Dr. Reginaldo Barros, do Departamento de Agronomia/ Fitossanidade da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), pela paternidade científica, pela amizade, pelos ensinamentos e pela orientação de mestrado.

Ao Professor Dr. José Eduardo Serrão e à Dra. Teresinha Vinha Zanuncio, pela amizade e pelas valiosas sugestões.

Ao Dr. Harley Nonato de Oliveira, pela amizade, pelo incentivo e pelo apoio para que eu realizasse este curso.

Ao Professor Dr. Marcelo Teixeira Tavares, do Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), e ao Dr. Christer Hansson do Department of Zoology, Lund University, Sweden, pela identificação do parasitóide.

À Empresa Fiação de seda BRATAC S/A, em especial à funcionária Cecília, pelo envio constante e imediato de ovos de *Bombyx mori*, durante toda a pesquisa.

Aos Professores do Curso de Pós-Graduação em Entomologia, em especial ao Professor Dr. Norivaldo dos Anjos, pelos preciosos ensinamentos e pela amizade.

Aos alunos de Iniciação Científica do Laboratório de Controle Biológico, principalmente Carlos, João Paulo, Juliana e Leandro, pela amizade, e pelo inestimável auxílio na condução dos experimentos.

Aos funcionários Eduardo, Juventino, Moacir e Pedro, pela constante assistência na condução das criações de insetos.

Às secretárias do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, em especial à Dona Paula pela atenção e pelos auxílios nos momentos oportunos, sempre com muita eficiência.

Aos meus amigos do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, em especial a Adrián, Aline, Anderson, Ângela, Camila, Carlos Alberto, César, Claudinei, Ethel, Fadini, Fernando Freitas, Germi, Ilka, Iraceni, Janaina, João, José Milton, Laine, Luis, Mábio, Marcelo Curitiba, Marcus, Marcy, Mário, Rodrigo, Romero, Rômulo, Roosevelt, Rosenilson, Salazar Júnior, Sheila, Tobias, Ulysses, Walter, Walkimário, pela divertida e saudável convivência, troca de experiências e dificuldades enfrentadas juntos.

De maneira muito especial, aos grandes amigos e companheiros de república, “irmãos” Cristiano, Giovanni, Leandro, Napoleão e Thiago, pelo ótimo convívio durante esses anos, pelos ensinamentos e pelas sugestões nesta pesquisa.

Ao néctar, “substância melífera e revitalizadora”, por proporcionar alívio, alegrias, amizades e inspiração para gerar ciência.

À Lucélia e família, pelo enorme amor, pelo carinho, pelo apoio, pela compreensão, pelo incentivo, pela paciência e pela generosidade;

A todos que, direta e indiretamente, contribuíram para a execução desta pesquisa.

## **BIOGRAFIA**

FABRICIO FAGUNDES PEREIRA, filho de Waldecy Alves Pereira e Doralice Lopes Fagundes Pereira, nasceu na cidade de Montanha, Espírito Santo, Brasil, no dia 11 de janeiro de 1977.

Em agosto de 1995, ingressou no Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES) em Alegre, Espírito Santo, concluindo-o em maio de 2001.

Entre março de 1998 e fevereiro de 2001, durante a graduação, foi estagiário de Iniciação Científica do Laboratório de Entomologia do CCA-UFES.

Em março de 2001, iniciou o Curso de Mestrado em Fitossanidade/Entomologia no Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), em Recife, Pernambuco, defendendo tese em fevereiro de 2003.

Em agosto de 2003, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Entomologia da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais, submetendo-se à defesa de tese em junho de 2006.

## CONTEÚDO

	Página
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	xi
INTRODUÇÃO.....	1
REFERÊNCIAS.....	6
Espécies de lepidópteros desfolhadores de eucalipto como novos hospedeiros do parasitóide <i>Palmistichus elaeisis</i> (Hym.: Eulophidae).....	14
Resumo.....	15
Abstract.....	15
Introdução.....	16
Material e Métodos.....	17
Resultados.....	18
Discussão.....	18
Conclusões.....	18
Agradecimentos.....	19
Referências.....	19
Desenvolvimento de <i>Palmistichus elaeisis</i> (Hym.: Eulophidae) em pupas de <i>Bombyx mori</i> (Lep.: Bombycidae).....	22
Resumo.....	23
Abstract.....	24
Introdução.....	24
Material e Métodos.....	26
Resultados.....	27
Discussão.....	28
Conclusões.....	31
Agradecimentos.....	31
Referências.....	32
Progenie de <i>Palmistichus elaeisis</i> (Hym.: Eulophidae) em pupas de <i>Bombyx mori</i> (Lep.: Bombycidae) de diferentes idades.....	42
Resumo.....	43

Abstract.....	43
Introdução.....	44
Material e Métodos.....	45
Resultados.....	46
Discussão.....	47
Conclusões.....	49
Agradecimentos.....	49
Referências.....	50
Reprodução de <i>Palmistichus elaeisis</i> (Hym.: Eulophidae) em pupas refrigeradas de <i>Bombyx mori</i> (Lep.: Bombycidae).....	60
Resumo.....	61
Abstract.....	61
Introdução.....	62
Material e Métodos.....	63
Resultados.....	64
Discussão.....	65
Conclusões.....	67
Agradecimentos.....	67
Referências.....	67
Produção de <i>Palmistichus elaeisis</i> (Hym: Eulophidae) em hospedeiros natural e alternativo.....	77
Resumo.....	78
Abstract.....	79
Introdução.....	80
Material e Métodos.....	81
Resultados.....	84
Discussão.....	85
Conclusões.....	87
Agradecimentos.....	87
Referências.....	88
CONCLUSÕES GERAIS.....	94

## RESUMO

PEREIRA, Fabricio Fagundes, D.S., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2006. **Desenvolvimento e técnicas de criação de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) em hospedeiros natural e alternativo.** Orientador: José Cola Zanuncio, Co-Orientadores: Angelo Pallini Filho, Dirceu Pratissoli, José Eduardo Serrão e Teresinha Vinha Zanuncio.

Esta pesquisa foi conduzida no Laboratório de Controle Biológico de Insetos, do Departamento de Biologia Animal da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, Minas Gerais. Objetivou-se avaliar a viabilidade de pupas de *Bombyx mori* L., 1758 (Lep.: Bombycidae) como hospedeiro alternativo do parasitóide *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle, 1993 (Hym.: Eulophidae) visando otimizar sua produção em laboratório para o controle da lagarta-parda do eucalipto, *Thyrinteina arnobia* (Stoll, 1782) (Lep.: Geometridae). Inicialmente, foi determinada a densidade ideal de fêmeas de *P. elaeisis* por pupa de *B. mori*. Pupas desse hospedeiro foram expostas ao parasitismo por fêmeas de *P. elaeisis* nas densidades de 1:1, 9:1, 18:1, 27:1, 36:1, 45:1 ou 54:1, parasitóide-hospedeiro, respectivamente. Observou-se 72,72% de pupas parasitadas na densidade de 1:1 e 100% nas demais. Adultos de *P. elaeisis* não emergiram nas densidades de 1:1 e 9:1, tendo-se observado 100 e 54,54% de emergência de *P. elaeisis* de pupas de *B. mori*, nas densidades de 45:1 e 54:1, respectivamente. A duração do ciclo (ovo-adulto) desse parasitóide variou de 20 a 28 dias, sendo inversamente proporcional ao aumento da densidade desse parasitóide. A progênie de *P. elaeisis*, nas densidades de 18:1 a 45:1, variou de 49 a 589 descendentes por pupa de *B. mori*. Esse parasitóide apresentou o menor número de imaturos mortos na densidade de 45:1. A razão sexual de *P. elaeisis* variou de  $0,93 \pm 0,01$  a  $0,97 \pm 0,01$ , sem diferenças nas densidades de 18:1, 27:1, 36:1, 45:1 e 54:1, parasitóide-hospedeiro. O comprimento do corpo de fêmeas e machos de *P. elaeisis* variou de  $1,67 \pm 0,04$  a  $1,89 \pm 0,02$  mm e de  $1,34 \pm 0,01$  a  $1,54 \pm 0,03$  mm, respectivamente. Esse parasitóide deve ser criado na densidade de 45 fêmeas por pupa de *B. mori*. No segundo estudo, avaliou-se o efeito da idade de fêmeas de *P. elaeisis* e de pupas do hospedeiro *B. mori* nas características biológicas desse parasitóide. Pupas desse hospedeiro com 24, 48,

72 ou 96 horas de idade foram expostas ao parasitismo por fêmeas de *P. elaeisis* com 24, 48, 72 ou 96 horas de idade, respectivamente. A duração do ciclo de vida de *P. elaeisis* em pupas de *B. mori* com 24, 48, 72 ou 96 horas de idade e parasitadas por fêmeas desse parasitóide com 24, 48, 72 ou 96 horas variou de 21 a 38, 22 a 31, 21 a 28 e 21 a 26 dias, respectivamente. O parasitismo das pupas de *B. mori* foi de 100% com maiores porcentagens de indivíduos emergidos e razão sexual de *P. elaeisis* em fêmeas desse parasitóide com 72 a 96 horas em pupas de *B. mori* com 48 a 72 horas de idade. No terceiro estudo, avaliou-se a influência do armazenamento de pupas de *B. mori*, em baixa temperatura, na progênie de *P. elaeisis*. Pupas de *B. mori*, com 48 a 72 horas de idade, foram armazenadas a 10 °C por cinco, 10, 15 ou 20 dias e, posteriormente, expostas ao parasitismo por fêmeas de *P. elaeisis*. A duração do ciclo de vida de *P. elaeisis* foi menor (19 e 20 dias) em pupas de *B. mori* com 15 dias de armazenamento. O parasitismo de *P. elaeisis* atingiu 100% de pupas de *B. mori* após o armazenamento a 10 °C em todos os períodos, com emergência de 78 a 100% desse parasitóide. A progênie de *P. elaeisis* foi maior (728 a 1.414 indivíduos) por pupa de *B. mori* armazenada por 15 dias a 10 °C. A razão sexual e a longevidade desse parasitóide foram de 0,92 a 0,98 e de três a 35 dias, respectivamente, em pupas de *B. mori* com diferentes períodos de armazenamento. Pupas de *B. mori* podem ser armazenadas a 10°C, por até 15 dias, e serem utilizadas em criações de *P. elaeisis*. No último estudo, selecionou-se o hospedeiro alternativo mais adequado para a criação massal de *P. elaeisis* e avaliou-se o seu desempenho reprodutivo sobre o hospedeiro natural *T. arnobia*. Pupas de *Anticarsia gemmatalis* Hubner, 1818 (Lep.: Noctuidae) e *B. mori* foram expostas ao parasitismo por fêmeas de *P. elaeisis*. A duração do ciclo de vida de *P. elaeisis* foi de  $21,60 \pm 0,16$  e  $24,15 \pm 0,65$  dias em pupas de *A. gemmatalis* e *B. mori*, respectivamente, com 100% de parasitismo das pupas e 71,42 e 100% de emergência desse parasitóide do primeiro e segundo hospedeiros, respectivamente. A progênie de *P. elaeisis* foi de  $511,00 \pm 49,70$  e  $110,20 \pm 19,37$  em pupas de *B. mori* e *A. gemmatalis*, respectivamente. A maior progênie por fêmea de *P. elaeisis* foi obtida em pupas de *A. gemmatalis* com  $17,68 \pm 3,15$  descendentes. A longevidade de fêmeas e machos de *P. elaeisis* emergidos de

pupas de *B. mori* e de *A. gemmatalis* foi de  $17,55 \pm 1,84$  e de  $14,63 \pm 0,78$  e de  $16,40 \pm 2,26$  e  $13,70 \pm 1,50$  dias, respectivamente. A razão sexual de *P. elaeisis* foi maior em pupas de *A. gemmatalis* com valor de  $0,96 \pm 0,01$ . O desempenho reprodutivo de *P. elaeisis* em pupas de *T. arnobia* (parasitismo, emergência, progênie por pupa, tamanho do corpo e largura da cápsula cefálica de fêmeas e machos, longevidade de fêmeas e de machos e razão sexual) não foi comprometido após esse parasitóide ter sido criado por seis gerações em pupas de *A. gemmatalis* ou *B. mori*. Portanto, esses hospedeiros podem ser utilizados para a criação de *P. elaeisis*, mas pupas de *B. mori* são mais adequadas por apresentar maior quantidade de parasitóides e com maior tamanho. As técnicas desenvolvidas mostraram-se apropriadas para a criação de *P. elaeisis* em laboratório. Esses conhecimentos poderão aumentar as possibilidades de sucesso desse inimigo natural em programas de controle biológico de lepidópteros desfolhadores de eucalipto, principalmente de *T. arnobia*.

## ABSTRACT

PEREIRA, Fabricio Fagundes, D. S., Universidade Federal de Viçosa, June 2006. **Development and rearing techniques of *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) in natural and alternative hosts.** Advisor: José Cola Zanuncio, Co-advisors: Angelo Pallini Filho, Dirceu Pratisoli, José Eduardo Serrão and Teresinha Cola Zanuncio.

This research was developed in the Laboratory of Biological Control of Insects of the Department of Animal Biology at the Federal University of Viçosa (UFV) in Viçosa, Minas Gerais State, Brazil. The objective was to evaluate the viability of pupae of *Bombyx mori* L., 1758 (Lepidoptera: Bombycidae) as an alternative host for *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle, 1993 (Hymenoptera: Eulophidae) aiming to optimize the production of this parasitoid in the laboratory for mass releasing against the brown eucalyptus caterpillar, *Thyrinteina arnobia* (Stoll, 1782) (Lepidoptera: Geometridae). The first study consisted of pupae of *B. mori* exposed to the parasitism by females of *P. elaeisis* at the densities of 1:1, 9:1, 18:1, 27:1, 36:1, 45:1 or 54:1 parasitoids-host, respectively. A total of 72.72% of these pupae were parasitized at the density of 1:1 and 100.00% with all others densities. Adults of *P. elaeisis* did not emerge at the densities of 1:1 and 9:1 and 100.00 and 54.54% of emergency of *P. elaeisis* was observed from pupae of *B. mori* at the densities of 45:1 and 54:1, respectively. The duration of the life cycle (egg-adult) of this parasitoid varied from 20 to 28 days, being inversely proportional to the increase of its density. The progeny of *P. elaeisis* varied from 49 to 589 descendants per pupa of *B. mori* at the densities of 18:1 to 45:1 parasitoids: host. This parasitoid presented lowest number of dead immature at the density of 45:1 and the sex rate of *P. elaeisis* varied from  $0.93 \pm 0.01$  to  $0.97 \pm 0.01$  without differences with the densities of 18:1, 27:1, 36:1, 45:1 and 54:1, parasitoids:host. The length of the body of females and males of *P. elaeisis* varied from  $1.67 \pm 0.04$  to  $1.89 \pm 0.02$  mm and of  $1.34 \pm 0.01$  to  $1.54 \pm 0.03$  mm, respectively. This parasitoid should be reared with the density of 45 females per pupa of *B. mori*. The second experiment studied the effect of the age of females of *P. elaeisis* and of pupae of the host *B. mori* in the biological characteristics of this parasitoid. Pupae of this host with

24, 48, 72 or 96 hours old were exposed to the parasitism by females of *P. elaeisis* with 24, 48, 72 or 96 hours old, respectively. The duration of the life cycle of *P. elaeisis* with 24, 48, 72 or 96 hours old *B. mori* pupae and parasitized by females of this parasitoid with 24, 48, 72 or 96 hours of age varied from 21 to 38, 22 to 31, 21 to 28 and 21 to 26 days, respectively. The parasitism of *B. mori* pupae was 100.00% with higher percentages of emerged individuals and sex rate of *P. elaeisis* for females of this parasitoid with 72 at 96 hours old with pupae of *B. mori* with 48 at 72 hours of age. In the third study, the influence of the period of storage of *B. mori* pupae at low temperature was evaluated on the progeny of *P. elaeisis*. Pupae of *B. mori*, with 48 and 72 hours old, were stored at 10 °C during five, 10, 15 or 20 days and, later, exposed to the parasitism by females of *P. elaeisis*. The duration of the life cycle of *P. elaeisis* was shorter (19 and 20 days) with pupae of *B. mori* stored during 15 days. The parasitism of *P. elaeisis* reached 100.0% in pupae of *B. mori* after storage at 10 °C in all periods with an emergency from 78.0 to 100.0% of this parasitoid. The progeny of *P. elaeisis* was larger (728 to 1.414 individuals) per pupa of *B. mori* stored during 15 days at 10 °C. The sex rate and the longevity of this parasitoid varied from 0.92 to 0.98 and from three to 35 days, respectively, in pupae of *B. mori* with different storage periods. Pupae of *B. mori* can be stored at 10°C for up to 15 days and to be used to rear *P. elaeisis*. In the last study, the most appropriate alternative host was selected to mass rearing *P. elaeisis* and its reproductive performance was evaluated on the host natural *T. arnobia*. Pupae of *Anticarsia gemmatalis* Hubner, 1818 (Lepidoptera: Noctuidae) and *B. mori* were exposed to the parasitism by females of *P. elaeisis*. The duration of the life cycle of *P. elaeisis* was  $21.60 \pm 0.16$  and  $24.15 \pm 0.65$  days with pupae of *A. gemmatalis* and *B. mori*, respectively, with 100.00% parasitism of these pupae and 71.42 and 100.00% of emergency of this parasitoid from the first and second hosts, respectively. The progeny of *P. elaeisis* was  $511.00 \pm 49.70$  and  $110.20 \pm 19.37$  from pupae of *B. mori* and *A. gemmatalis*, respectively. The largest progeny per female of *P. elaeisis* was obtained from pupae of *A. gemmatalis* with  $17.68 \pm 3.15$  descendants. The longevity of females and males of *P. elaeisis* emerged from pupae of *B. mori* and *A. gemmatalis* was  $17.55 \pm 1.84$  and  $14.63 \pm 0.78$  and

of  $16.40 \pm 2.26$  and  $13.70 \pm 1.50$  days, respectively. The sex rate of *P. elaeisis* was higher with pupae of *A. gemmatalis* with a value of  $0.96 \pm 0.01$ . The reproductive performance of *P. elaeisis* with pupae of *T. arnobia* (parasitism, emergency, progeny per pupa, size of the body and width of the cephalic capsule of females and males, longevity of females and males and sex rate) was not reduced after this parasitoid was reared during six generations with pupae of *A. gemmatalis* or *B. mori*. Therefore, these hosts can be used to mass rear *P. elaeisis*, but pupae of *B. mori* are more appropriate because they allow producing a larger number of individuals of this parasitoid per each one of them. The methodologies are appropriate to mass produce *P. elaeisis* in the laboratory. This can increase the possibilities of using this natural enemy in programs of biological control of eucalyptus Lepidoptera defoliators, mainly *T. arnobia*.

## INTRODUÇÃO

Florestas plantadas no Brasil representam, aproximadamente, 1% da cobertura florestal, com cerca de cinco milhões de hectares distribuídos em sua maior parte por 10 estados. Espécies do gênero *Eucalyptus* ocupam mais de 60% dessa área, sendo Minas Gerais e São Paulo os estados com maior área plantada (SILVA, 2003). Monoculturas florestais como as de eucalipto podem contribuir para o aumento de espécies de insetos-praga em razão da oferta ilimitada de alimento, da menor área com vegetação natural e da redução acentuada de inimigos naturais (SANTOS et al., 2002; DALL'OGGIO et al., 2003).

Lepidópteros desfolhadores são importantes em plantios de eucalipto. Muitas espécies nativas desse grupo têm apresentado surtos freqüentes e danos (ZANUNCIO et al., 2003). O gênero *Thyriniteina* Noscher, 1890 apresenta *Thyriniteina arnobia* (Stoll, 1782), *Thyriniteina leucoceraea* Rindge, 1961 e *Thyriniteina schadeana* Schaus, 1927 (Lep.: Geometridae) (BERTI FILHO, 1974) como desfolhadoras de eucalipto no Brasil. *Thyriniteina arnobia* é a lagarta desfolhadora de eucalipto mais estudada no Brasil, presente na maioria das áreas cultivadas, e, entre 1949 e 1989, cerca de 485.000 ha de florestas implantados com eucalipto foram desfolhados por essa praga. *Thyriniteina leucoceraea* apresentou surtos em *Eucalyptus cloeziana* e *Eucalyptus urophylla*, com prejuízos expressivos no norte de Minas Gerais (ZANUNCIO et al., 1997). O controle químico dessas espécies pode apresentar eficiência, mas suas limitações incluem redução de populações de inimigos naturais, intoxicação e contaminação ambiental, aumento dos custos e surgimento de insetos resistentes (ZANUNCIO et al., 1994). Isso tem motivado a busca de outros métodos, visando reduzir a densidade populacional de lepidópteros-praga, com destaque para o controle biológico aplicado, que integra o sistema de manejo de pragas em áreas florestais e faz com que esse agroecossistema apresente maior estabilidade pelo ciclo longo da cultura e sua associação com um complexo de inimigos naturais (ZANUNCIO et al., 1998).

Os parasitóides têm grande importância pela sua diversidade e altos níveis de parasitismo que infligem sobre populações hospedeiras. A maioria dos

parasitóides pertence às ordens Hymenoptera e Diptera com aproximadamente 50.000 espécies descritas de himenópteros parasitóides (VAN DRIESCHE E BELLOWS, 1996). Espécies de Ichneumonidae, Braconidae, Scelionidae e Eulophidae parasitam ovos, larvas, pupas ou adultos, principalmente de Coleoptera, Lepidoptera, Diptera e Hemiptera em florestas (BERTI FILHO, 1985), sendo os inimigos naturais mais abundantes em povoamentos de eucalipto (DALL'OGGIO et al., 2003).

A família Eulophidae apresenta 283 gêneros e 3.977 espécies, em regiões tropicais e temperadas, como endoparasitóides ou ectoparasitóides; idiobiontes ou coinobiontes; solitários ou gregários; primários ou hiperparasitóides; especialistas ou generalistas, e muitas dessas espécies têm sido estudadas e utilizadas com sucesso em programas de controle biológico (NOYES, 1998; GAUTHIER et al., 2000; HANSSON, 2004).

Tetrastichinae é a maior subfamília de Eulophidae, tendo como hospedeiros representantes de 100 famílias de insetos de diferentes ordens (LASALLE, 1993; LASALLE e SCHAUFF, 1995). Uma nova espécie de Tetrastichinae foi descrita como *Palmistichus elaeisis* (Hym.: Eulophidae) e relatada em pupas de *Eupseudosoma involuta* (Sepp, 1852) (Lep.: Arctiidae) e *Euselasia eucerus* Hewitson, 1872 (Lep.: Riodinidae) (DELVARE e LASALLE, 1993), *Sabulodes* sp. (Lep.: Geometridae) (BITTENCOURT e BERTI FILHO, 1999) e *T. arnobia* e *T. leucoceraea*. O hábito generalista de *P. elaeisis* caracteriza esse inimigo natural como um agente promissor para ser utilizado no controle de lepidópteros desfolhadores de eucalipto, principalmente de espécies do gênero *Thyrinteina*.

#### 1. Aspectos biológicos de *Palmistichus elaeisis* Delvare e LaSalle, 1993 (Hym.: Eulophidae)

Os ovos de *P. elaeisis* são hialinos, lisos, com a região anterior mais estreita. O período de incubação dura, em média, 48 horas em *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lep.: Crambidae), *Anticarsia gemmatalis* Hubner, 1818, *Heliothis virescens* (Fabricius, 1781), *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lep.: Noctuidae) e *T. arnobia*. As larvas de primeiro estágio são ápodas

com cutícula transparente, com 12 segmentos e as dos segundo, terceiro e quarto estágio possuem coloração esbranquiçada e segmentação bem definida. O estágio larval de *P. elaeisis*, nesses hospedeiros, à 25 °C, dura  $8,04 \pm 0,17$  dias. A pré-pupa é de cor branca com apêndices pigmentados. Os estágios de pré-pupa e pupa duram um e  $9,8 \pm 0,17$  dias, respectivamente. Pupas de fêmeas são maiores em comprimento que as de machos e, a partir do 14º dia de desenvolvimento, ocorre o escurecimento do tegumento e dos olhos, com diferenciação entre fêmeas (escurecimento do ovipositor) e machos (placa ventral no escapo). Esse parasitóide possui quatro estágios em todos esses hospedeiros (BITTENCOURT e BERTI FILHO, 2004).

## 2.0. Estudos básicos sobre *Palmistichus elaeisis* (Hym.: Eulophidae)

O sucesso de programas de controle biológico depende da avaliação do potencial dos agentes disponíveis, por meio de estudos de laboratório e do domínio de técnicas de criação.

### 2.1. Otimização da criação de *P. elaeisis* em laboratório

A utilização de parasitóides depende da escolha do hospedeiro alternativo adequado para criação massal (BITTENCOURT e BERTI FILHO, 1999; PARON e BERTI FILHO, 2000; MAGRO e PARRA, 2001; RAMALHO e DIAS, 2003). Esses inimigos naturais devem ser criados em hospedeiros alternativos com baixo custo de produção e que não reduzam a eficiência de controle dos mesmos sobre o hospedeiro natural, ou seja, aquele que se deseja controlar em campo. *Anticarsia gemmatalis* Hubner, 1818 (Lep.: Noctuidae) tem ciclo curto de vida e pode ser multiplicada facilmente em dieta artificial (GREENE et al., 1976), além de sua pupa ter possibilitado o desenvolvimento de *P. elaeisis* em laboratório (BITTENCOURT e BERTI FILHO, 1999; BITTENCOURT e BERTI FILHO, 2004a). *Bombyx mori* L., 1758 (Lep.: Bombycidae) pode ser criado com baixo custo, e sua pupa apresenta alto valor protéico (GREISS et al., 2003; WANG-DUU et al., 2004). Portanto, é possível que *B. mori* e *A. gemmatalis* sejam hospedeiros alternativos adequados para endoparasitóides pupais.

A densidade de indivíduos por hospedeiro afeta a produção de descendentes (THOMAZINI e BERTI FILHO, 2000; MATOS NETO et al., 2004), a razão sexual da prole (CHOI et al., 2001), a capacidade de parasitismo (SAMPAIO et al., 2001), a duração do ciclo, o tamanho do corpo e a longevidade de parasitóides (SILVA-TORRES e MATTHEWS, 2003). Isso indica a necessidade de se aprimorarem as criações massais de parasitóides em laboratório visando conhecer, principalmente, a densidade ideal em relação ao hospedeiro para minimizar o custo com mão-de-obra e maximizar a produção (ZAKI et al., 1994; SAGARRA et al., 2000).

A idade do hospedeiro pode afetar o parasitismo, número e tamanho de indivíduos da progênie produzida (CRUZ et al., 1997; COOPERBAND et al., 2003; MATOS NETO et al., 2004). A idade da fêmea do parasitóide pode, também, comprometer o desempenho reprodutivo e a capacidade de parasitismo, com implicações importantes na criação massal, nos experimentos de laboratório e na seleção de indivíduos para liberação no campo. Algumas espécies do parasitóide atacam o hospedeiro após um período de pré-oviposição (LASHOMB et al., 1987), enquanto outras colocam ovos não fertilizados quando jovens, produzindo, apenas, machos (MACKAUER, 1976). A idade do parasitóide pode, também, afetar a taxa de parasitismo (HARBINSON et al., 2001), a produção total de descendentes (HURTREL et al., 1999) e de descendentes fêmeas (MORALES RAMOS e CATE, 1992) e a razão sexual da prole (LI et al., 1993). Com isso, a idade do parasitóide pode determinar a ocasião para descartar suas fêmeas (CAREY et al., 1988).

A criação de parasitóides em larga escala é fundamental para a implantação de programas de controle biológico. No entanto, a falta de dietas artificiais torna necessário o uso de número expressivo de hospedeiros preferenciais ou alternativos para produção desses inimigos naturais (MILWARD-DE-AZEVEDO et al., 2004). A possibilidade de conservação de hospedeiros em baixa temperatura, sem perda da capacidade reprodutiva dos parasitóides, é importante quando for necessário aumentar a produção desses agentes de controle biológico (ROTH et al., 1991; PETERSEN, 1986; THOMAZINI e

BERTI FILHO, 1998; LEOPOLD et al., 1998; FLOATE, 2002; PRATISSOLI et al., 2003; MILWARD-DE-AZEVEDO et al., 2004).

## OBJETIVOS

Este estudo objetivou avaliar a viabilidade de pupas de *Bombyx mori* L., 1758 (Lep.: Bombycidae) como hospedeiro alternativo de *Palmistichus elaeisis* Delvare e LaSalle, 1993 (Hym.: Eulophidae), visando otimizar sua produção em laboratório para o controle da lagarta-parda do eucalipto, *Thyrintina arnobia* (Stoll, 1782) (Lep.: Geometridae). Para isso, foram desenvolvidos os seguintes trabalhos:

- 2.0. Espécies de lepidópteros desfolhadores de eucalipto como novos hospedeiros do parasitóide *Palmistichus elaeisis* (Hym.: Eulophidae).
- 2.1. Desenvolvimento de *Palmistichus elaeisis* (Hym.: Eulophidae) em pupas de *Bombyx mori* (Lep.: Bombycidae).
- 2.2. Progenie de *Palmistichus elaeisis* (Hym.: Eulophidae) em pupas de *Bombyx mori* (Lep.: Bombycidae) de diferentes idades.
- 2.3. Reprodução de *Palmistichus elaeisis* (Hym.: Eulophidae) em pupas refrigeradas de *Bombyx mori* (Lep.: Bombycidae).
- 2.4. Produção de *Palmistichus elaeisis* (Hym.: Eulophidae) em hospedeiros natural e alternativo.

A introdução desta tese está de acordo com as normas da ABNT e os artigos estão conforme as normas da revista “Pesquisa Agropecuária Brasileira”, com adaptações para as “Normas de Redação de Tese” da Universidade Federal de Viçosa.

## REFERÊNCIAS

BERTI FILHO, E. **Biologia de *Thyrintina arnobia* (Stoll, 1782) (Lepidoptera, Geometridae) e observações sobre a ocorrência de inimigos naturais.** Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 1974. 74 f. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

BERTI FILHO, E. O parasitismo no controle integrado de pragas florestais. **Silvicultura**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 7-10, 1985.

BITTENCOURT, M.A.L.; BERTI FILHO, E. Preferência de *Palmistichus elaeisis* por pupas de diferentes lepidópteros praga. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 1281-1283, 1999.

BITTENCOURT, M.A.L.; BERTI FILHO, E. Desenvolvimento dos estágios imaturos de *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera, Eulophidae) em pupas de Lepidoptera. **Revista Brasileira de Entomologia**, Piracicaba, v. 48, n. 1, p. 65-68, 2004a.

BITTENCOURT, M.A.L.; BERTI FILHO, E. Exigências térmicas para o desenvolvimento de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera, Eulophidae) em pupas de cinco espécies de lepidópteros. **Iheringia Série Zoologia**, Porto Alegre, v. 94, n. 3, p. 321-323, 2004b.

CAREY, J.R.; WONG, T.T.Y.; RAMADAN, M.M. Demographic framework for parasitoid mass rearing: case study of *Biosteres tryoni*, a larval parasitoid of tephritid fruit flies. **Theoretical Population Biology**, Salt Lake, v. 34, n. 1, p. 279-296, 1988.

CHOI, W.I.; YOON, T.J.; RYOO, M.I. Host-size-dependent feeding behaviour and progeny sex ratio of *Anisopteromalus calandrae* (Hym., Pteromalidae). **Journal of Applied Entomology**, Hamburg, v. 125, n. 1, p. 71-77, 2001.

COOPERBAND, M.F.; MATTEWS, R.W.; VINSON, S.B. Factors affecting the reproductive biology of *Melittobia digitata* and failure to meet the sex ratio predictions of Hamilton's local mate competition theory. **Entomological Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 109, n. 1, p. 1-12, 2003.

CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M.L.C.; GONÇALVES, E.P.; LIMA, D.A.N.; DINIZ, E.E. Efeito da idade de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) no desempenho do parasitóide *Campoletis flavicincta* (Ashmead) (Hymenoptera: Icneumonidae) e o consumo foliar por lagartas parasitadas e não parasitadas. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Piracicaba, v. 26, n. 2, p. 229-234. 1997.

DALL'OGGIO, O.T.; ZANUNCIO, J.C.; FREITAS, F.A.; PINTO, R. Himenópteros parasitóides coletados em povoamentos de *Eucalyptus grandis* e mata nativa em Ipaba, estado de Minas Gerais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 123-129, 2003.

DELVARE, G.; LASALLE, J.A. new genus of Tetrastichinae (Hymenoptera: Eulophidae) from the Neotropical region, with the description of a new species parasitica on key pests of oil palm. **Journal of Natural History**, London, v. 27, n. 1, p. 435-444, 1993.

FLOATE, K.D. Production of filth fly parasitoids (Hymenoptera: Pteromalidae) on fresh and on freeze-killed and stored house fly pupae. **Biocontrol Science and Technology**, Sacramento, v. 12, n. 5, p. 595-603, 2002.

GAUTHIER, N.; LASSALE, J. QUICKE, D.L.J.; GODFRAY, H.C.J. Phylogeny of Eulophidae (Hymenoptera: Chalcidoidea), with a reclassification of Eulophinae and the recognition that Elasmidae are derived eulophids. **Systematic Entomology**, London, v. 25, n. 1, p. 521-539, 2000.

GODFRAY, H.C.J. **Parasitoids, behavioral and evolutionary ecology**. Princeton: Princeton University Press 1994.

GREENE, G.L.; LEPLA, N.C.; DICKERSON, W.A. Velvetbean caterpillar: a rearing procedure and artificial medium. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 69, n. 4, p. 487-488, 1976.

GREISS, H.; PETKOV, N.; BOITCHEV, K.; PETKOV, Z. Study on improved technology for silkworm *Bombyx mori* L. rearing in Egypt. II. Commercial egg production. **Bulgarian Journal of Agriculture Science**, Sofia, v. 9, n. 1, p. 109-112, 2003.

HANSSON, C. Eulophidae of Costa Rica, 2. **Memoirs of the American Entomological Institute**, Gainesville, v. 75, p. 537, 2004.

HARBISON, J.L.; LEGASPI, J.C.; FABRITIUS, S.L.; SALDANÑA, R.R.; LEGASPI, B.C.; ENKEGAARD, A. Effects of age and host number on reproductive biology of *Allorhogas pyralophagus* (Hymenoptera: Braconidae) attacking the Mexican rice borer (Lepidoptera: Pyralidae). **Environmental Entomology**, Lanham, v. 30, n. 1, p.129-135, 2001.

HURTREL, B.; QUILICI, S.; NENON, J.P.; GOURDON, F. L'. Activité de ponte de *Psytalia fletcheri* (Silvestre) et *Diachasmimorpha tryoni* (Cameron) (Braconidae: Opiinae), parasitoides de mouches dès fruits (Diptera: Tephritidae). **Annales de la Société Entomologique de France**, Paris, v. 35, n. 3, p. 443-446, 1999.

LASALLE, J. North American genera of Tetrastichinae (Hymenoptera: Eulophidae). **Journal of Natural History**, London, v. 28, n. 1, p. 109-236, 1993.

LASALLE, J.; SCHAUFF, M.E. The chalcidoid families. Eulophidae. HANSON, P.; GAULD, I.D. (Eds.). The Hymenoptera of Costa Rica (ed. By P. and I. D.), Oxford: Oxford University Press, 1995. p.315-329.

LASHOMB, J.; KRAINACHER, D.; JANSSON, R.K.; NG, Y.S.; CHIANESE, R. Parasitism of *Leptinotarsa decemlineata* (Say) eggs by *Edovum puttleri* Grissell (Hymenoptera: Eulophidae): effects of host age, parasitoid age, and temperature. **The Canadian Entomology**, Ottawa, v. 119, n. 1, p. 75-82. 1987.

LEOPOLD, R.A.; ROJAS, R.R.; ATKINSON, P.W. Post pupariation cold storage of three species of flies: increasing chilling tolerance by acclimation and recurrent recovery periods. **Cryobiology**, York, v. 36, n. 1, p. 213-224, 1998.

LI, S.Y.; SIROIS, G.; LEE, D.L.; MAURICE, C.; HENDERSON, D.E. Effects of female mating status and age on fecundity, longevity and sex ratio in *Trichogramma minutum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Journal of the Entomological Society of British Columbia**, Victoria, v. 90, n. 1, p. 61-66, 1993.

MACKAUER, M. The sex ratio in field populations of some aphid parasitoids. **Annals of the Entomological Society of America**, Lanham, v. 69, n. 3, p. 453-456, 1976.

MAGRO, R.S.; PARRA, J.R.P. Biologia do ectoparasitóide *Bracon hebetor* Say, 1857 (Hymenoptera: Braconidae) em sete espécies de lepidópteros. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 4, p. 693-698, 2001.

MATOS NETO, F.C.; CRUZ, I.; ZANUNCIO, J.C.; SILVA, C.H.O.; PIKANÇO, M.C. Parasitism by *Campoletis flavicincta* on *Spodoptera frugiperda* in corn. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 11, p. 1077-1081, 2004.

MILWARD-de-AZEVEDO, E.M.V.; SERAFIN, I.; PIRANDA, E.M.; GULIAS-GOMES, C.C. Desempenho reprodutivo de *Nasonia vitripennis* Walker (Hymenoptera: Pteromalidae) em pupas crioconservadas de *Chrysomia megacephala* Fabricius (Diptera: Calliphoridae): avaliação preliminar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 1, p. 207-211, 2004.

MORALES-RAMOS, J.A.; CATE, J.R. Rate of increase and adult longevity of *Catolaccus grandis* (Burks) (Hymenoptera: Pteromalidae) in laboratory at four temperatures. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 21, n. 1, p. 620-627, 1992.

NOYES, J.S. **Catalogue of the Chalcidoidea of the World**. Amsterdam: ETI Eletronic Publication, 1998. (CD-ROM).

PARON, M.R.; BERTI FILHO, E. Capacidade reprodutiva de *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) em pupas de diferentes hospedeiros (Lepidoptera). **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 2, p. 355-358, 2000.

PETERSEN, J.J. Augmentation of early season releases of filth fly (Diptera: Muscidae) parasites (Hymenoptera: Pteromalidae) with freeze-killed hosts. **Environmental Entomology**, College Park, v. 15, n. 2, p. 590-593, 1986.

PRATISSOLI, D.; VIANNA, U.R.; OLIVEIRA, H.N.; PEREIRA, F.F. Efeito do armazenamento de ovos de *Anagasta kuehniella* (Lep.: Pyralidae) nas características biológicas de três espécies de *Trichogramma* (Hym.: Trichogrammatidae). **Ceres**, Viçosa, n. 287, v. 50, p. 95-105, 2003.

RAMALHO, F.S.; DIAS, J.M. Efeitos dos hospedeiros alternativos na biologia de *Catolaccus grandis* (Burks) (Hymenoptera: Pteromalidae), parasitóide de *Antonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 305-310, 2003.

ROTH, J.P.; FINCHER, G.T.; SUMMERLIN, J.W. Suitability of irradiated or freeze-killed horn fly (Diptera: Muscidae) pupae as hosts for hymenopteran parasitoids. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 84, n. 1, p. 94-98, 1991.

SAGARRA, L.A.; VICENT, C.; STEWART, R.K. Body size as an indicator of parasitoid quality in male and female *Anagyrus kamali* (Hymenoptera: Encyrtidae). **Bulletin of Entomological Research**, London, v. 91, n. 1, p. 363-367, 2001.

SAMPAIO, M.V.; BUENO, V.H.P.; MALUF, R.P. Parasitismo de *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Aphidiidae) em diferentes densidades de *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 81-87, 2001.

SANTOS, P.S.; ZANUNCIO, T.V.; ZANUNCIO, J.C. Influência de faixas de vegetação nativa em povoamentos de *Eucalyptus cloeziana* sobre população de *Oxydia vesulia* (Lepidoptera: Geometridae). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 499-504, 2002.

SILVA, J.C. Eucalipto: Pesquisa amplia usos – Perspectivas do setor florestal brasileiro. **Revista da Madeira**, Curitiba, v.13, n. 75, p. 04-06, 2003.

SILVA-TORRES, C.S.A.; MATTHEWS, R.W. Development of *Melittobia australica* Girault and *M. digitata* Dahms (Parker) (Hymenoptera: Eulophidae) parasiting *Neobellieria bullata* (Parker) (Diptera: Sarcophagidae) puparia. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 645-651, 2003.

THOMAZINI, M.J.; BERTI-FILHO, E. Capacidade reprodutiva de *Muscidifurax uniraptor* Kogan & Legner (Hymenoptera: Pteromalidae) em pupas refrigeradas de *Musca domestica* (Diptera: Muscidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 65, n. 1, p. 17-20, 1998.

THOMAZINI, M.J.; BERTI FILHO, E. Ciclo biológico, exigências térmicas e parasitismo de *Muscidifurax uniraptor* em pupas de mosca doméstica. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n. 3, p. 469-473, 2001.

VAN DRIESCHE, R.G.V.; BELLOWS, T.S. **Biological Control**. New York: Chapman & Hall, 1996. 539 p.

WANG-DUN; BAI-YAOYU; ZHANG-CHUANXI. A review on the nutritive value of silk worm pupae and its exploitation. **Entomological Knowledge**, v. 41, p. 418-421, 2004.

ZAKI, F.N.; ELSAADANY, G.; GOMAA, A.; SALEH, M. Some biological factors affecting the production of the larval parasitoid *Bracon brevicornis* Wesm. (Hym., Braconidae). **Journal of Applied Entomology**, Hamburg, v. 118, n. 1, p. 413-418, 1994.

ZANUNCIO, J.C.; ALVES, J.B.; ZANUNCIO, T.V.; GARCIA, J.F. Hemipterous predators of eucalypt defoliator caterpillars. **Forest Ecology and Management**, Wageningen, v. 65, n. 1, p. 65-73, 1994.

ZANUNCIO, T.V.; ZANUNCIO, J.C.; GONÇALVES, R.C.; OLIVEIRA, A.C. Morfologia e bionomia de *Thyrintaina leucoceraea* Rindge (Lepidoptera, Geometridae) alimentadas com *Eucalyptus urophylla*. **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba v. 41, n. 1, p. 5-8, 1997.

ZANUNCIO, J.C.; MEZZONO, J.A.; GUEDES, R.N.C.; OLIVEIRA, A.C. Influence of strips of native vegetation on Lepidoptera associated with *Eucalyptus cloeziana* in Brazil. **Forest Ecology and Management**, Wageningen, v. 108, n. 1, p. 85-90, 1998.

ZANUNCIO, J.C.; ZANUNCIO, T.V.; FREITAS, F.A.; PRATISSOLI, D. Population density of Lepidoptera in a plantation of *Eucalyptus urophylla* in the

state of Minas Gerais, Brazil. **Animal Biology**, Leiden, v. 53, n. 1, p. 17-26, 2003.

## CAPÍTULO I



**Espécies de lepidópteros desfolhadores de eucalipto como novos hospedeiros do parasitóide *Palmistichus elaeisis* (Hym.: Eulophidae)**

## NOTA CIENTÍFICA

### **Espécies de lepidópteros desfolhadores de eucalipto como novos hospedeiros do parasitóide *Palmistichus elaeisis* (Hym.: Eulophidae)**

Resumo – Pupas de *Thyrinteina arnobia* (Stoll, 1782) e *Thyrinteina leucoceraea* Rindge, 1961 (Lep.: Geometridae) foram coletadas em *Eucalyptus cloeziana* e *Eucalyptus urophylla*, respectivamente, na área experimental do Laboratório de Entomologia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais. Espécimes de *Palmistichus elaeisis* Delvare e LaSalle, 1993 (Hym.: Eulophidae) emergiram de *T. arnobia* e foram encontrados sobre pupas de *T. leucoceraea*. Esse é o primeiro relato de *P. elaeisis* parasitando pupas de *T. arnobia* e *T. leucoceraea* em condições naturais no Brasil. Além desses hospedeiros, *P. elaeisis* parasitou em laboratório *Bombyx mori* L., 1758 (Lep.: Bombycidae), *Anticarsia gemmatalis* Hubner, 1818, *Pseudaletia sequax* Franclemont, 1951, *Alabama argillacea* (Huebner, 1818) (Lep.: Noctuidae), *Dirphia moderata* Bouvier, 1919 (Lep.: Saturniidae) e *Halysidota pearsoni* Watson, 1980 (Lep.: Arctiidae). *Palmistichus elaeisis* é generalista e inviabiliza pupas de lepidópteros. Por isso, a produção e liberação desse parasitóide em eucaliptais podem representar uma alternativa eficiente de controle de lagartas desfolhadoras de eucalipto, mesmo quando os surtos dessas pragas forem representados por diferentes espécies.

Termos para indexação: Eucalipto, lepidópteros, parasitóide.

### **Species of Lepidoptera defoliators of eucalypt as new hosts for the parasitoid *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae)**

Abstract – Pupae of *Thyrinteina arnobia* (Stoll, 1782) and *Thyrinteina leucoceraea* Rindge, 1961 (Lep.: Geometridae) were collected in *Eucalyptus cloeziana* and *Eucalyptus urophylla* plants, respectively, in an experimental area of the Laboratory of Forest Entomology of the Federal University of Viçosa, in Viçosa, Minas Gerais. Specimens of a parasitoid emerged from *T. arnobia* pupae and were found parasitising *T. leucoceraea* pupae in the field, being identified as

*Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle, 1993 (Hym.: Eulophidae). This is the first report of *P. elaeisis* parasiting *T. arnobia* and *T. leucoceraea* pupae in natural conditions in Brazil. *Palmistichus elaeisis* also parasitized these hosts and *Bombyx mori* L., 1758 (Lep.: Bombycidae), *Anticarsia gemmatalis* Huebner, 1818, *Pseudaletia sequax* Franclemont, 1951, *Alabama argillacea* (Huebner., 1818) (Lep: Noctuidae), *Dirphia moderata* Bouvier, 1919 (Lep.: Saturniidae) and *Halysidota pearsoni* Watson, 1980 (Lep.: Arctiidae) in the laboratory. *Palmistichus elaeisis* is a polyphagous parasitoid that kills Lepidoptera pupae. For this reason, the production and release of this parasitoid may represent an efficient alternative of controlling defoliating caterpillars in eucalypt plantations because outbreaks of these pests normally have more than one lepidopteran species at the same time.

Index terms: Eucalypt, lepidopterous, parasitoid.

Parasitóides têm grande importância pela sua diversidade e altos níveis de controle que infligem sobre populações hospedeiras. A maioria desses inimigos naturais pertence às ordens Hymenoptera e Diptera com, aproximadamente, 50.000 espécies descritas de himenópteros parasitóides (Godfray, 1994; Van Driesche e Bellows, 1996). Os grupos mais importantes em florestas são Chalcidoidea e Ichneumonoidea parasitando ovos, larvas, pupas e adultos, principalmente de Coleoptera, Lepidoptera, Diptera e Homoptera (Berti Filho, 1985), sendo Ichneumonidae, Braconidae, Scelionidae e Eulophidae, relatadas como mais abundantes em povoamentos de eucalipto (Dall'Oglio et al., 2003).

Eulophidae apresenta 283 gêneros e 3.977 espécies, em regiões tropicais e temperadas, como endoparasitóides ou ectoparasitoides; idiobiontes ou coinobiontes; solitários ou gregários; primários ou hiperparasitóides; especialistas ou generalistas; e muitas dessas espécies têm sido estudadas e utilizadas com sucesso em programas de controle biológico (Noyes, 1998; Gauthier et al., 2000; Hansson, 2004).

Tetrastichinae é a maior subfamília de Eulophidae, tendo hospedeiros em mais de 100 famílias de insetos de diferentes ordens (LaSalle, 1993; LaSalle e

Schauff, 1995). Uma nova espécie de Tetrastichinae foi descrita como *Palmistichus elaeisis* Delvare e LaSalle, 1993 (Hym.: Eulophidae) e registrada no Brasil em pupas de *Eupseudosoma involuta* (Sepp, 1852) (Lep.: Arctiidae), *Euselasia eucerus* Hewitson, 1872 (Lep.: Riodinidae) (Delvare e LaSalle, 1993) e *Sabulodes* sp. (Lep.: Geometridae) em eucalipto (Bittencourt e Berti Filho, 1999). *Palmistichus elaeisis* parasitou e se desenvolveu melhor em pupas de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lep.: Crambidae), *Anticarsia gemmatalis* Hubner, 1818, *Heliothis virescens* (Fabricius, 1781), *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lep.: Noctuidae) e *Thyrinteina arnobia* (Stoll, 1782) (Lep.: Geometridae), na temperatura de 22 °C em laboratório (Bittencourt e Berti Filho, 1999, 2004).

*Thyrinteina arnobia* tem sido criada em plantas de *Eucalyptus cloeziana*, na área experimental do Laboratório de Entomologia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais, com latitude de 20° 45'S, longitude de 42° 51'W e altitude de 651 m. Pupas dessa espécie foram obtidas dessa criação e acondicionadas em potes plásticos de 10 cm de diâmetro por 12 cm de altura (500 mL), com a tampa telada no centro e mantidos à temperatura de 25 ± 2 ° C, umidade relativa de 60 ± 10% e fotofase de 12 horas. Após 22 dias, 140 espécimes de um parasitóide (primeira geração) emergiram de uma dessas pupas e foram mantidos em vidros (12,5 de diâmetro x 17,0 cm de altura) etiquetados, tampados com tecido tipo organza e contendo em seu interior uma gota de mel, para alimentação dos adultos, além de 10 pupas de *T. arnobia* com 24 a 72 horas de idade, à temperatura de 25 ± 2°C, umidade relativa de 70 ± 10% e fotofase de 14 horas. Esses parasitóides foram removidos após 24 horas e fixados em álcool 80%. Quarenta espécimes desse parasitóide foram enviados ao Dr. Marcelo Teixeira Tavares do Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil, sendo esta identificação comprovada pelo Dr. Christer Hansson, do Department of Zoology, da Lund University, Sweden. Os insetos foram identificados como *Palmistichus elaeisis* Delvare e LaSalle, 1993 (Hym.: Eulophidae), o que representa o primeiro relato dessa espécie parasitando pupas de *T. arnobia* em plantas de eucalipto no Brasil.

O procedimento de criação de *P. elaeisis* foi repetido por cinco gerações para garantir a expressão das características biológicas desse parasitóide em laboratório. Na sexta geração, pupas de *Thyriniteina leucoceraea* Rindge, 1961 (Lep.: Geometridae), *Bombyx mori* L., 1758 (Lep.: Bombycidae), *Anticarsia gemmatalis* Hubner, 1818, *Pseudaletia sequax* Franclemont, 1951, *Alabama argillacea* (Huebner, 1818), *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lep.: Noctuidae), *Dirphia moderata* Bouvier, 1919 (Lep.: Saturniidae) e *Halysidota pearsoni* Watson, 1980 (Lep.: Arctiidae), com 24 a 72 horas de idade, foram submetidas ao parasitismo por adultos de *P. elaeisis*.

Além do hospedeiro natural *T. arnobia* (Fig. 1A), *P. elaeisis* parasitou em laboratório pupas de *P. sequax* (Fig. 1B), *S. frugiperda* (Fig. 1C), *H. pearsoni* (Fig. 1D), *A. argillacea* (Fig. E), *A. gemmatalis* (Fig. 1F), *B. mori* (Fig. 1G) e *D. moderata* (Fig. 1H). Além disso, foram encontrados no campo seis indivíduos de *P. elaeisis* parasitando, ao mesmo tempo, uma pupa de *T. leucoceraea* em *Eucalyptus urophylla*. Um total de 194 adultos de *P. elaeisis* emergiram dessa pupa após 23 dias. Isso evidencia o hábito gregário desse parasitóide, o qual é caracterizado quando várias larvas se desenvolvem até a maturidade em um único hospedeiro (Marchiori, 2005). *Palmistichus elaeisis* concluiu seu ciclo em todos os hospedeiros com número de adultos, variando com o tamanho da pupa de cada espécie de Lepidoptera. Isso, também, foi relatado para esse parasitóide em pupas de *D. saccharalis*, *A. gemmatalis*, *H. virescens* e *S. frugiperda* (Bittencourt e Berti Filho, 1999, 2004). Essas informações são importantes, por comprovarem que *P. elaeisis* se reproduz com facilidade e pode ser criado com hospedeiros cujas metodologias de criação são conhecidas, e, por ser generalista, esse inimigo natural pode permanecer em campo, mesmo quando seus hospedeiros estão em baixa quantidade, o que o caracteriza como agente eficiente no controle biológico.

*Palmistichus elaeisis* é generalista e inviabiliza pupas de lepidópteros. Como é comum a ocorrência de diferentes espécies de lagartas desfolhadoras em eucaliptais, simultaneamente, esse parasitóide merece ser estudado. Por isso, a produção e liberação desse parasitóide em eucaliptais podem representar uma

alternativa eficiente de controle de lagartas desfolhadoras de eucalipto, mesmo quando os surtos dessas pragas forem representadas por diferentes espécies.

### **Agradecimentos**

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro e ao Dr. Christer Hansson, do Department of Zoology, da Lund University, Sweden, pela identificação do parasitóide.

### **Referências**

BERTI FILHO, E. O parasitismo no controle integrado de pragas florestais. **Silvicultura**, v. 10, p. 7-10, 1985.

BITTENCOURT, M.A.L.; BERTI FILHO, E. Preferência de *Palmistichus elaeisis* por pupas de diferentes lepidópteros pragas. **Scientia Agricola**, v. 56, p. 1281-1283, 1999.

BITTENCOURT, M.A.L.; BERTI FILHO, E. Exigências térmicas para o desenvolvimento de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera, Eulophidae) em pupas de cinco espécies de lepidópteros. **Iheringia Série Zoologia**, v. 94, p. 321-323, 2004.

DALL'OGGIO, O.T.; ZANUNCIO, J.C.; FREITAS, F.A.; PINTO, R. Himenópteros parasitóides coletados em povoamentos de *Eucalyptus grandis* e mata nativa em Ipaba, estado de Minas Gerais. **Ciência Florestal**, v. 13, p. 123-129, 2003.

DELVARE, G.; LASALLE, J. A new genus of Tetrastichinae (Hymenoptera: Eulophidae) from the neotropical region, with the description of a new species parasitica on key pests of oil palm. **Journal of Natural History**, v. 27, p. 435-444, 1993.

GAUTHIER, N.; LASSALE, J. QUICKE, D.L.J.; GODFRAY, H.C.J. Phylogeny of Eulophidae (Hymenoptera: Chalcidoidea), with a reclassification of Eulophinae and the recognition that Elasmidae are derived eulophids. **Systematic Entomology**, v. 25, p. 521-539, 2000.

GODFRAY, H.C.J. **Parasitoids, behavioral and evolutionary ecology**. Princeton: Princeton University Press, 1994. 473 p.

HANSSON, C. Eulophidae of Costa Rica, 2. **Memoirs of the American Entomological Institute**, v. 75, 2004. 537 p.

LASALLE, J. North American genera of Tetrastichinae (Hymenoptera: Eulophidae). **Journal of Natural History**, v. 28, p. 109-236, 1993.

LASALLE, J.; SCHAUFF, M.E. The chalcidoid families. Eulophidae. In: HANSON, P.E.; GAULD, I.D. (Ed.). **The Hymenoptera of Costa Rica**. New York: Oxford University Press, 1995. p. 315-329.

MARCHIORI, C.H. *Nasonia vitripennis* (Walker) (Hymenoptera: Pteromalidae) como parasitóide gregário em pupas de *Peckia chrysostoma* (Wiedemann) (Diptera: Sarcophagidae) no Brasil. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 72, p. 269-270, 2005.

NOYES, J.S. **Catalogue of the Chalcidoidea of the World**. Amsterdam: ETI Eletronic Publication, 1998. (CD-ROM).

VAN DRIESCHE, R.G.V.; BELLOWS, T.S. **Biological Control**. New York: Chapman & Hall, 1996. 539 p.

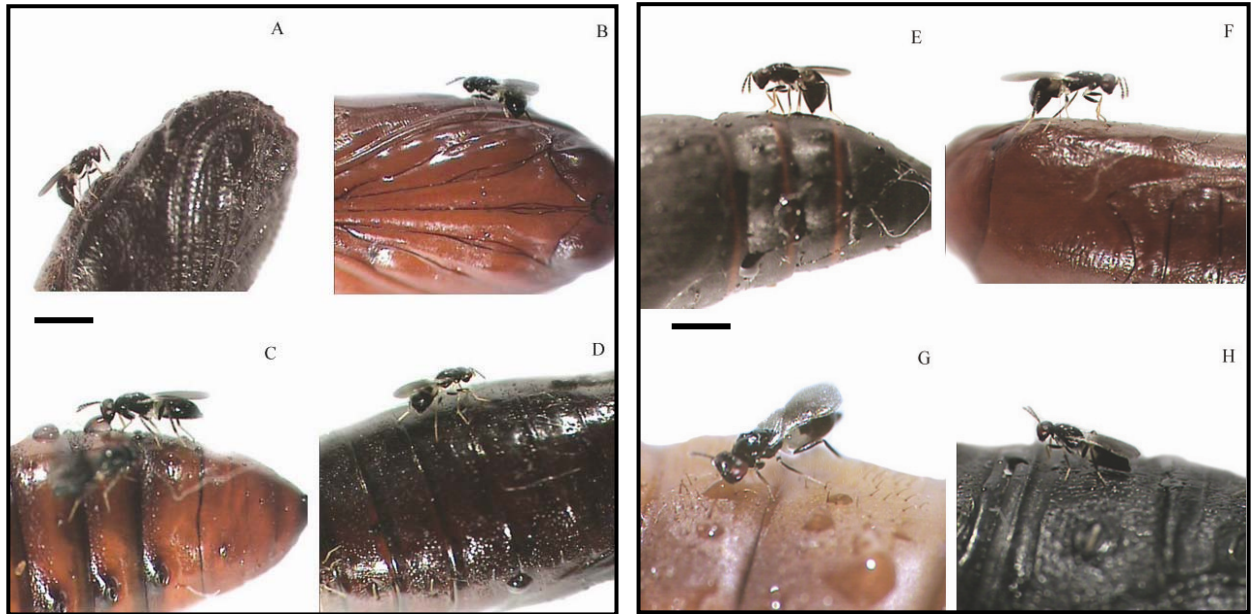


Figura 1 – *Palmistichus elaeisis* (Eulophidae) parasitando pupas de *Thyriniteina arnobia* (Geometridae) (A), *Pseudaletia sequax* (B), *Spodoptera frugiperda* (Noctuidae) (C), *Halysidota pearsoni* (Arctiidae) (D), *Alabama argillacea* (E), *Anticarsia gemmatalis* (Noctuidae) (F), *Bombyx mori* (Bombycidae) (G) e *Dirphia moderata* (Saturniidae) (H). Barras = 1,0 mm.

## CAPÍTULO II



**Desenvolvimento de *Palmistichus elaeisis* (Hym.: Eulophidae) em pupas de *Bombyx mori* (Lep.: Bombycidae)**

## **Desenvolvimento de *Palmistichus elaeisis* (Hym.: Eulophidae) em pupas de *Bombyx mori* (Lep.: Bombycidae)**

Resumo – *Palmistichus elaeisis* Delvare e LaSalle, 1993 (Hym.: Eulophidae) é um parasitóide polífago, que inviabiliza pupas de lepidópteros. O sucesso de um programa de controle biológico com *P. elaeisis* depende da escolha do hospedeiro alternativo adequado para sua criação massal. O objetivo desse trabalho foi estudar a biologia de *P. elaeisis*, em diferentes densidades, com pupas de *Bombyx mori* L., 1758 (Lep.: Bombycidae). Essas pupas foram expostas ao parasitismo por fêmeas de *P. elaeisis*, nas densidades de 1:1, 9:1, 18:1, 27:1, 36:1, 45:1 ou 54:1, parasitóides-hospedeiro, respectivamente. Observou-se 72,72% de pupas parasitadas na densidade de 1:1 e 100% nas demais. Adultos de *P. elaeisis* não emergiram nas densidades de 1:1 e 9:1, tendo-se observado 100 e 54,54% de emergência de *P. elaeisis* de pupas de *B. mori*, nas densidades de 45:1 e 54:1, respectivamente. A duração do ciclo (ovo-adulto) desse parasitóide variou de 20 a 28 dias, sendo inversamente proporcional ao aumento da densidade desse parasitóide. A progênie de *P. elaeisis*, nas densidades de 18:1 a 45:1, variou de 49 a 589 descendentes por pupa de *B. mori*. A progênie produzida por fêmea de *P. elaeisis* foi semelhante entre tratamentos. Esse parasitóide apresentou o menor número de imaturos mortos na densidade de 45:1. A razão sexual de *P. elaeisis* variou de  $0,93 \pm 0,01$  a  $0,97 \pm 0,01$ , sem diferenças nas densidades de 18:1, 27:1, 36:1, 45:1 e 54:1, parasitóides-hospedeiro. O comprimento do corpo de fêmeas e machos de *P. elaeisis* variou de  $1,67 \pm 0,04$  a  $1,89 \pm 0,02$  mm e de  $1,34 \pm 0,01$  a  $1,54 \pm 0,03$  mm, respectivamente. Esse parasitóide deve ser criado na densidade de 45 fêmeas por pupa de *B. mori*. As demais densidades não são recomendadas por inviabilizar a produção por fêmea de *P. elaeisis*, o que comprometeria a criação massal desse parasitóide.

Termos para indexação: *Palmistichus elaeisis*, parasitismo, *Bombyx mori*.

## **Development of *Palmistichus elaeisis* (Hym.: Eulophidae) parasitising pupae of *Bombyx mori* (Lep.: Bombycidae)**

Abstract – *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle, 1993 (Hym.: Eulophidae) is a gregarious and polyphagous parasitoid of Lepidoptera pupae. The objective of this study was to evaluate the development of *P. elaeisis* on *Bombyx mori* L., 1758 (Lep.: Bombycidae) pupae exposed to 1, 9, 18, 27, 36, 45 or 54 *P. elaeisis* females, respectively. A total of 72.72% pupae of *B. mori* were parasitized at the density of 1:1 and 100% at the other densities. Adults of *P. elaeisis* did not emerge from pupae of this host at the densities of 1:1 and 9:1 but 100.0% of emergence of *P. elaeisis* was observed from pupae of *B. mori* at the density of 45:1 and 54.54% at 54:1. The duration of the life cycle of this parasitoid varied from 20 to 28 days. *Palmistichus elaeisis* produced 49 to 589 descendants per pupa of *B. mori*. This parasitoid showed a sex ratio from  $0.93 \pm 0.01$  to  $0.97 \pm 0.01$  without differences with 18, 27, 36, 45 and 54 females of this parasitoid per pupae of *B. mori*. The length of the body of females of *P. elaeisis* varied from  $1.67 \pm 0.04$  to  $1.89 \pm 0.02$  mm and that for males was from  $1.34 \pm 0.01$  to  $1.54 \pm 0.03$  mm. This parasitoid should be reared under the density of 45 females per pupa of *B. mori*.

Index terms: *Palmistichus elaeisis*, parasitism, *Bombyx mori*.

### **Introdução**

A família Eulophidae apresenta 283 gêneros e 3.977 espécies, em regiões tropicais e temperadas, como endo ou ectoparasitóides; idiobiontes ou coinobiontes; solitários ou gregários; primários ou hiperparasitóides; especialistas ou generalistas e muitas dessas espécies têm sido estudadas e utilizadas com sucesso em programas de controle biológico (Noyes, 1998; Gauthier et al., 2000; Hansson, 2004).

*Palmistichus elaeisis* Delvare e LaSalle, 1993 (Hym: Eulophidae) é um endoparasitóide gregário de pupas de lepidópteros. Essa espécie foi registrada no Brasil em *Eupseudosoma involuta* (Sepp, 1852) e *Euselasia eucerus* Hewitson,

1872 (Lep.: Riodinidae) (Delvare e LaSalle, 1993), *Sabulodes* sp. (Lep.: Geometridae) (Bittencourt e Berti Filho, 1999) e em *Thyrinteina arnobia* (Stoll, 1782) e *Thyrinteina leucoceraea* Rindge, 1961 (Lep.: Geometridae), em eucalipto, no estado de Minas Gerais. *Palmistichus elaeisis* é generalista e se desenvolve em pupas de lepidópteros. Portanto, esse parasitóide, assim como os pentatomídeos predadores (Zanuncio et al., 2005), pode representar uma alternativa eficiente de controle de lagartas desfolhadoras de eucalipto, pelo fato de surtos dessas pragas serem, normalmente, representados por diferentes espécies (Zanuncio et al., 1994).

A criação massal representa a primeira etapa de programas de controle biológico aplicado com parasitóides (Parra et al., 2002). A qualidade nutricional, tamanho, idade, resistência mecânica e capacidade de resposta imunológica a esses inimigos naturais devem ser consideradas na seleção do hospedeiro alternativo (Godfray, 1994).

A densidade de indivíduos por hospedeiro afeta a produção de descendentes (Thomazini e Berti Filho, 2000; Matos Neto et al., 2004), a razão sexual da prole (Choi et al., 2001), a capacidade de parasitismo (Sampaio et al., 2001), a duração do ciclo, o tamanho do corpo e a longevidade de parasitóides (Silva-Torres e Matthews, 2003). Isso mostra a necessidade de se aprimorarem as criações massais de parasitóides em laboratório, visando conhecer, principalmente, a densidade ideal em relação ao hospedeiro para maximizar a produção dos mesmos (Zaki et al., 1994; Sagarra et al., 2000a).

*Palmistichus elaeisis* se desenvolveu em pupas de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794), *Anticarsia gemmatalis* Hubner, 1818, *Heliiothis virescens* (Fabricius, 1781), *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lep.: Noctuidae) e *T. arnobia* (Bittencourt e Berti Filho, 1999; Bittencourt e Berti Filho, 2004). No entanto, esses autores não mencionaram quantas fêmeas de *P. elaeisis* foram necessárias para parasitar e produzir progênie nesses hospedeiros. Como *P. elaeisis* possui hábito gregário, torna-se necessário determinar a densidade ideal de fêmeas desse parasitóide por pupa do hospedeiro para aumentar, em laboratório, a produção de descendentes com qualidade e semelhantes aos encontrados na natureza.

*Bombyx mori* L., 1758 (Lep.: Bombycidae) pode ser criado com baixo custo e sua pupa apresenta alto valor protéico (Greiss et al., 2003; Wang-Duu et al., 2004). Por essa razão, *B. mori* pode ser um hospedeiro alternativo para endoparasitóides pupais. O objetivo desse trabalho foi estudar a biologia de *P. elaeisis*, com diferentes números de fêmeas desse parasitóide por pupa de *B. mori*.

### **Material e Métodos**

O experimento foi realizado no Laboratório de Controle Biológico do Departamento de Biologia Animal da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, Minas Gerais, com as seguintes etapas:

**Criação de *Bombyx mori*.** Lagartas de *B. mori* foram fornecidas pelo Setor de Sericicultura do Departamento de Biologia Animal da UFV. Lagartas de primeiro estágio desse hospedeiro foram colocadas em bandejas plásticas (39,3 x 59,5 x 7,0 cm) com folhas de amoreira, fornecidas diariamente. Os casulos de *B. mori* obtidos foram transferidos para bandejas plásticas (28,3 x 36,0 x 7,0 cm) e acondicionados em câmara climatizada a  $25 \pm 1$  °C,  $70 \pm 10\%$  de umidade relativa (UR) e fotofase de 12 horas.

**Criação do parasitóide.** Adultos de *P. elaeisis* foram mantidos em tubos de vidro (14 x 2,2 cm) tampados com algodão, com gotículas de mel no seu interior para alimentação desses insetos. Pupas de *B. mori*, com 48 a 72 horas de idade, foram retiradas dos casulos e expostas ao parasitismo, por 24 horas, à temperatura de  $25 \pm 2$ °C, umidade relativa de  $70 \pm 10\%$  e fotofase de 12 horas para a manutenção da criação de *P. elaeisis*.

**Efeito da densidade na biologia de *Palmistichus elaeisis*.** Pupas de *B. mori* ( $1,16 \pm 0,04$  g para fêmeas e  $0,93 \pm 0,03$  g para machos), com 72 horas, foram expostas ao parasitismo por fêmeas de *P. elaeisis*, com 72 horas de idade (idades da pupa e da fêmea determinada em função de testes preliminares) em câmara climatizada a  $25 \pm 2$  °C,  $70 \pm 10\%$  de umidade relativa e fotofase de 12 horas, nas densidades de 1:1, 9:1, 18:1, 27:1, 36:1, 45:1 e 54:1, parasitóide: hospedeiro, respectivamente. Após 24 horas, as fêmeas de *P. elaeisis* foram retiradas dos tubos. Avaliaram-se a duração do ciclo de vida (ovo-adulto), a porcentagem de

parasitismo (descontando-se a mortalidade natural do hospedeiro) (Abbott, 1925), a porcentagem de emergência da progênie e o número e tamanho do corpo e da cápsula cefálica dos parasitóides emergidos por pupa de *B. mori* (as medidas de tamanho foram realizadas com o auxílio de ocular micrométrica acoplada ao microscópio estereoscópico) e o número de imaturos que não completaram seu desenvolvimento. A razão sexual foi calculada pela equação  $rs = n^\circ \text{ de fêmeas} / n^\circ \text{ de adultos}$ . O sexo dos indivíduos foi determinado com base nas características morfológicas da antena e abdome (Delvare e LaSalle, 1993).

Os tratamentos foram representados pelas densidades de 1, 9, 18, 27, 36, 45 e 54 fêmeas de *P. elaeisis* por pupa de *B. mori* em 12 repetições e delineamento inteiramente casualizado. Os dados da duração do ciclo, o número de parasitóides emergidos por pupa de *B. mori* e a porcentagem de imaturos mortos foram submetidos à análise de variância e, quando significativo a 5% de probabilidade, foi realizada a análise de regressão. Os valores da porcentagem de parasitismo e de emergência de *P. elaeisis* foram submetidos à análise de modelos lineares generalizados com distribuição binomial ( $P \leq 0,05$ ) com o R Statistical System (Ihaka e Gentleman, 1996). Essa análise foi realizada com os dados originais que são não-paramétricos, mas esses foram expressos em porcentagem para facilitar a visualização. Os dados da razão sexual e do tamanho do corpo de fêmeas e machos de *P. elaeisis* foram submetidos à análise de variância e, quando significativo a 5% de probabilidade, ao teste de Scott-Knott, com o programa de computador Saeg 9.0.

## Resultados

A porcentagem de parasitismo e a emergência de indivíduos de *P. elaeisis* de pupas de *B. mori* foram afetadas pela densidade de fêmeas desse parasitóide, com 72,72% de pupas parasitadas na densidade de 1:1 e 100% nas demais ( $\chi^2 = 12,4505$ ;  $P = 0,003$ ) (Figura 1). Não ocorreu emergência de indivíduos de *P. elaeisis* nas densidades de 1:1 e 9:1, mas 100 e 54,54% de pupas de *B. mori* tiveram emergência de *P. elaeisis*, nas densidades de 45:1 e 54:1, respectivamente ( $\chi^2 = 8,4235$ ;  $P = 0,003$ ) (Figura 1).

A duração do ciclo de vida (ovo-adulto) ( $F= 19,2530$ ;  $P= 0,0001$ ;  $R^2_{\text{Trat}}= 0,9727$ ;  $gl_{\text{erro}}= 30$ ) decresceu com o aumento da densidade de *P. elaeisis* e variou de 20 a 28 dias (Figura 2). A progênie de *P. elaeisis* por pupa de *B. mori* ( $F= 4,7025$ ;  $P= 0,0170$ ;  $R^2_{\text{Trat}}= 0,7984$ ;  $gl_{\text{erro}}= 31$ ) foi afetada pela densidade desse parasitóide, variando de 49 a 589 descendentes por pupa de *B. mori* sem descendentes nas densidades de 1:1 e 9:1 (Figura 3). A progênie produzida por fêmea de *P. elaeisis* em cada pupa de *B. mori* foi semelhante nas densidades de 18:1, 27:1, 36:1, 45:1 e 54:1, parasitóides-hospedeiro, respectivamente ( $F= 1,2789$ ;  $P= 0,2674$ ;  $gl_{\text{erro}}= 30$ ) (Figura 4).

A porcentagem de imaturos mortos de *P. elaeisis* ( $F= 8,8088$ ;  $P= 0,0006$ ;  $R^2_{\text{Trat}}= 0,6694$ ;  $gl_{\text{erro}}= 49$ ) foi afetada pela densidade desse parasitóide (Figura 5) com menor número ( $6,83 \pm 1,72$ ) na densidade de 45:1. A razão sexual de *P. elaeisis* variou de  $0,93 \pm 0,01$  a  $0,97 \pm 0,01$ , sendo semelhante nas diferentes densidades ( $F= 2,12$ ;  $P= 0,06962$ ) (Tabela 1).

O comprimento do corpo de adultos de *P. elaeisis* (da cabeça à extremidade abdominal) e a largura da cápsula cefálica foram diferentes entre tratamentos. O comprimento do corpo de fêmeas e machos de *P. elaeisis* variou de  $1,67 \pm 0,04$  a  $1,89 \pm 0,02$  mm ( $F= 3,707$ ;  $P= 0,00964$ ) e de  $1,34 \pm 0,01$  a  $1,54$  mm ( $F= 5,449$ ;  $P= 0,00091$ ), nas densidades de 18:1 a 54:1, parasitóide-hospedeiro, respectivamente (Tabela 1).

## Discussão

A densidade de fêmeas afetou a porcentagem de parasitismo e a emergência de *P. elaeisis* de pupas de *B. mori*, sendo a de 45:1 a mais adequada para criação desse parasitóide com pupas desse hospedeiro. A densidade de *P. elaeisis* por pupa de *B. mori* pode influenciar a produção de progênie por esse parasitóide. Isso ocorre pelo fato de proporções inadequadas (parasitóide:hospedeiro) prejudicarem a taxa de oviposição desse parasitóide e a injeção de toxinas para reduzir a resposta imune por encapsulação do hospedeiro (Schmid-Hempel, 2005). Assim, ovos de *P. elaeisis* podem ser mortos ao serem envolvidos por cápsulas de hemócitos produzidos pela pupa, caso a densidade de fêmeas desse parasitóide por pupa hospedeira seja insuficiente para suprimir essa

resposta imunológica. No entanto, o excesso de toxinas injetadas por um número elevado de fêmeas de *P. elaeisis* por pupa pode matar o hospedeiro antes do desenvolvimento de imaturos desse parasitóide, como relatado para outras espécies de parasitóides (Strand e Pech, 1995).

A reprodução de *P. elaeisis* difere daquela de *Trichospilus diatraeae* Cherian e Margabandhu, 1942 (Hym.: Eulophidae) com pupas de *D. saccharalis*, *A. gemmatalis*, *H. virescens* e *S. frugiperda* expostas, individualmente, a uma ou várias fêmeas desse parasitóide. A progênie de *T. diatraeae* por hospedeiro, quase duplicou com 100% de parasitismo com várias fêmeas desse parasitóide (Paron e Berti Filho, 2000). Entretanto, a porcentagem de parasitismo e a emergência de *Aphidius colemani* Viereck, 1912 (Hym.: Aphidiidae) foram semelhantes com diferentes densidades de *Myzus persicae* (Sulzer, 1776) (Hem: Aphididae), indicando que esse hospedeiro não apresenta barreiras nutricionais ou fisiológicas para o desenvolvimento de *A. colemani* (Sampaio et al., 2001). Neste sentido, *B. mori* deve apresentar mecanismo de defesa eficiente contra *P. elaeisis*, pois a emergência de parasitóides foi observada, apenas, a partir da densidade de 18:1. Outra hipótese seria o maior tamanho da pupa de *B. mori*, em comparação com o hospedeiro natural *T. arnobia*. Esse fato exige maior número de parasitóides para neutralizar o sistema imunológico da pupa do hospedeiro alternativo.

A ausência da produção de progênie de *P. elaeisis* na densidade de 1:1 pode ser devida à encapsulação dos ovos desse parasitóide. Esse mecanismo e a melanização constituem a principal defesa de insetos contra material estranho em seus corpos (Schmid-Hempel, 2005). No entanto, os parasitóides podem escapar da encapsulação com partículas semelhantes a vírus, polidnaviroses ou venenos que interferem na capacidade de reconhecimento imunológico do hospedeiro (Strand e Pech, 1995; Schmidt et al., 2001; Nakamatsu e Tanaka, 2003). Isto pode ser devido, também, ao esgotamento do sistema imune do hospedeiro, pois a sua manutenção tem alto custo metabólico, é finita e pode ser neutralizada por toxinas dos parasitóides (Schmid-Hempel, 2005). Essas pressuposições podem explicar o maior número de *P. elaeisis* obtido por pupa de *B. mori* com a densidade de 45:1 ( $426,64 \pm 52,19$  descendentes por pupa) e indica ser esse

número suficiente para neutralizar a atuação dos mecanismos de defesa desse hospedeiro. No entanto, o aumento da densidade desse parasitóide para 54:1 reduziu a progênie por pupa de *B. mori*, o que evidencia superparasitismo.

A menor duração do ciclo (ovo-adulto) de *P. elaeisis* nas densidades de 36:1; 45:1 e 54:1 indica que a competição dos imaturos por nutriente reduziu o tempo de desenvolvimento de *P. elaeisis*. Isto corrobora com o relatado para diferentes densidades de *Melittobia digitata* Dahms, 1984 (Hym.: Eulophidae) em pupas de *Neobellieria bullata* Parker, 1916 (Dip: Sarcophagidae) (Silva-Torres e Matthews, 2003). A duração das fases imaturas de *P. elaeisis* em *A. gemmatalis*, *D. saccharalis*, *S. frugiperda*, *T. arnobia* e *H. virescens* foi de 18,9; 19,5; 19,7; 20,2; e 22 dias, respectivamente. Esses resultados comprovam que o período do desenvolvimento desse parasitóide pode ser afetado pela densidade e, também, pela espécie hospedeira (Bittencourt e Berti Filho, 2004).

O número semelhante de descendentes por fêmea de *P. elaeisis* nas densidades de 18:1, 27:1, 36:1, 45:1 e 54:1, parasitóide-hospedeiro, indica que esse parasitóide pode regular o tamanho da postura e distinguir hospedeiros não parasitados, parasitados ou superparasitados (Sagarra et al., 2000a). No entanto, outros estudos devem ser feitos para se confirmar esse fato, pois a competição, tamanho e idade do parasitóide, além do número de ovos encapsulados pelo hospedeiro podem, também, afetar o número de descendentes (Godfray, 1994; Sagarra et al., 2000b).

A densidade de *P. elaeisis* afetou a porcentagem de imaturos mortos com menor número naquela de 45:1. A maior mortalidade e os diferentes estádios de *P. elaeisis* em um mesmo hospedeiro nas demais densidades podem ter sido causados pela deposição de prole maior que o hospedeiro pode suportar.

A razão sexual de *P. elaeisis* foi semelhante a dos parasitóides *Melittobia clavicornis* Cameron, 1908 (97% de fêmeas), *Melittobia australica* Girault, 1912 (95-97% de fêmeas) e *M. digitata* (95-98% de fêmeas) (Hym.: Eulophidae) em pupas de *N. bullata*. Isso é importante, pois fêmeas parasitóides são responsáveis pelo parasitismo e produção de progênie (González et al., 2004; Silva-Torres e Matthews, 2003).

O menor tamanho de adultos de *P. elaeisis*, na densidade de 54:1, comprova a competição da fase larval desse parasitóide por nutrientes. Isso é importante, pois o tamanho do corpo tem correlação positiva com diversos indicadores de qualidade que podem indicar a eficiência de parasitóides, como longevidade, preferência para cópula, fecundidade, longevidade reprodutiva, emergência da progênie e razão sexual. Fêmeas e machos maiores (1,7-2,1 e 1,2-1,6 mm) de *Anagyrus kamali* Moursi, 1948 (Hym.: Encyrtidae) viveram por mais tempo ( $35,4 \pm 10$ ;  $29,16 \pm 6,5$  dias) do que fêmeas e machos menores (1,5-1,9 e 1,0-1,4 mm) ( $27,9 \pm 9,6$ ;  $18,4 \pm 5,7$  dias), respectivamente. Fêmeas de *A. kamali* não mostraram preferência para cópulas com machos grandes ou pequenos, mas teve fecundidade correlacionada, positivamente, com o tamanho de fêmeas com valores de  $37 \pm 21$  ovos para fêmeas pequenas e de  $96 \pm 43$  para as grandes. Os maiores valores da capacidade de parasitismo, taxa diária de oviposição e progênie de parasitóides foram encontrados para parasitóides grandes. Isto evidencia ser necessário utilizar indivíduos maiores para assegurar e maximizar a produção massal e acompanhar, constantemente, a evolução da criação de parasitóides (Sagarra et al., 2001).

*Palmistichus elaeisis* expressou melhores características biológicas (menor duração do ciclo de vida, maior porcentagem de parasitismo e emergência, maior tamanho do corpo e alta razão sexual), quando foi permitido o parasitismo de uma pupa de *B. mori* por 45 fêmeas desse parasitóide por 24 horas.

### **Conclusão**

A densidade de 45 fêmeas de *P. elaeisis* por pupa de *B. mori* pode ser considerada ideal para a criação desse parasitóide.

### **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 apoio financeiro; e ao Dr. Christer Hansson, do Department of Zoology, da Lund University, Sweden, e ao Dr. Marcelo Teixeira Tavares, do

Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Espírito Santo, pela identificação do parasitóide.

### Referências

ABBOTT, W.S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, v. 18, p. 265-267, 1925.

BITTENCOURT, M.A.L.; BERTI FILHO, E. Preferência de *Palmistichus elaeisis* por pupas de diferentes lepidópteros pragas. **Scientia Agricola**, v. 56, p. 1281-1283, 1999.

BITTENCOURT, M.A.L.; BERTI FILHO, E. Exigências térmicas para o desenvolvimento de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera, Eulophidae) em pupas de cinco espécies de lepidópteros. **Iheringia Série Zoologia**, v. 94, p. 321-323, 2004.

CHOI, W.I.; YOON, T.J.; RYOO, M.I. Host-size-dependent feeding behaviour and progeny sex ratio of *Anisopteromalus calandrae* (Hym., Pteromalidae). **Journal of Applied Entomology**, v. 125, p. 71-77, 2001.

DELVARE, G.; LASALLE, J. A new genus of Tetrastichinae (Hymenoptera: Eulophidae) from the Neotropical region, with the description of a new species parasitica on key pests of oil palm. **Journal of Natural History**, v. 27, p. 435-444, 1993.

GAUTHIER, N.; LASSALE, J.; QUICKE, D.L.J.; GODFRAY, H.C.J. Phylogeny of Eulophidae (Hymenoptera: Chalcidoidea), with a reclassification of Eulophinae and the recognition that Elasmidae are derived eulophids. **Systematic Entomology**, v. 25, p. 521-539, 2000.

GODFRAY, H.C.J. **Parasitoids, behavioral and evolutionary ecology**. Princeton: Princeton University Press, 1994. 473 p.

GONZÁLES, J.M.; ABE, J.; MATTHEWS, R.W. Offspring production and development in the parasitoid wasp *Melittobia clavicornis* (Cameron) (Hymenoptera: Eulophidae) from Japan. **Entomological Science**, v. 7, p. 15-19, 2004.

GREISS, H.; PETKOV, N.; BOITCHEV, K.; PETKOV, Z. Study on improved technology for silkworm *Bombyx mori* L. rearing in Egypt. II. Commercial egg production. **Bulgarian Journal of Agriculture Science**, v. 9, p. 109-112, 2003.

HANSSON, C. Eulophidae of Costa Rica, 2. **Memoirs of the American Entomological Institute**, v. 75, p. 537, 2004.

MATOS NETO, F.C.; CRUZ, I.; ZANUNCIO, J.C.; SILVA, C.H.O.; PIKANÇO, M.C. Parasitism by *Campoletis flavicineta* on *Spodoptera frugiperda* in corn. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 1077-1081, 2004.

NAKAMATSU, Y.; TANAKA, T. Venom of the ectoparasitoid, *Euplectrus* sp. near *plathypenae* (Hymenoptera: Eulophidae) regulates the physiological state of *Pseudaletia separata* (Lepidoptera: Noctuidae) host as a food resource. **Journal of Insect Physiology**, v. 49, p. 149-159, 2003.

NOYES, J.S. **Catalogue of the Chalcidoidea of the World**. Amsterdam: ETI Eletronic Publication, 1998. (CD-ROM).

PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M.S. Controle biológico: Uma visão inter e multidisciplinar, In: PARRA, J.R.P. et al. (eds.), **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. Cap.28, p.125-137.

PARON, M.R.; BERTI FILHO, E. Capacidade reprodutiva de *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) em pupas de diferentes hospedeiros (Lepidoptera). **Scientia Agrícola**, v. 57, p. 355-358, 2000.

SAGARRA, L.A.; VICENT, C.; STEWART, R.K. Mutual interference among female *Anagyrus kamali* Moursi (Hymenoptera: Encyrtidae) and its impact on fecundity, progeny production and sex ratio. **Biocontrol Science and Technology**, v. 10, p. 239-244, 2000a.

SAGARRA, L.A.; PETERKIN, D.D.; VICENT, C.; STEWART, R.K. Immune response of the hibiscus mealybug, *Maconellicoccus hirsutus* Green (Homoptera: Pseudococcidae), to oviposition of the parasitoid *Anagyrus kamali* Moursi (Hymenoptera: Encyrtidae). **Journal of Insect Physiology**, v. 46, p. 647-653, 2000b.

SAGARRA, L.A.; VICENT, C.; STEWART, R.K. Body size as an indicator of parasitoid quality in male and female *Anagyrus kamali* (Hymenoptera: Encyrtidae). **Bulletin of Entomological Research**, v. 91, p. 363-367, 2001.

SAMPAIO, M.V.; BUENO, V.H.P.; MALUF, R.P. Parasitismo de *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Aphidiidae) em diferentes densidades de *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, v. 30, p. 81-87, 2001.

SCHMID-HEMPEL, P. Evolutionary ecology of insect immune defenses. **Annual Review of Entomology**, v. 50, p. 529-551, 2005.

SCHMIDT, O.; THEOPOLD, V.; STRAND, M.R. Innate immunity and its evasion and suppression by Hymenoptera endoparasitoid. **BioEssays**, v. 234, p. 344-351, 2001.

SILVA-TORRES, C.S.A.; MATTHEWS, R.W. Development of *Melittobia australica* Girault and *M. digitata* Dahms (Parker) (Hymenoptera: Eulophidae) parasiting *Neobellieria bullata* (Parker) (Diptera: Sarcophagidae) puparia. **Neotropical Entomology**, v. 32, p. 645-651, 2003.

STRAND, M.R.; PECH, L.L. Immunological basis for compatibility in parasitoid-host relationships. **Annual Review of Entomology**, v. 40, p. 31-56, 1995.

THOMAZINI, M.J.; BERTI-FILHO, E. Influência da densidade e idade de pupas de mosca doméstica no parasitismo por *Muscidifurax uniraptor* (Hymenoptera: Pteromalidae). **Revista de Agricultura**, v. 75, p. 339-348, 2000.

WANG-DUN.; BAI-YAOYU.; ZHANG-CHUANXI. A review on the nutritive value of silk worm pupae and its exploitation. **Entomological Knowledge**, v. 41, p. 418-421, 2004.

ZAKI, F.N.; ELSAADANY, G.; GOMAA, A.; SALEH, M. Some biological factors affecting the production of the larval parasitoid *Bracon brevicornis* Wesm. (Hym., Braconidae). **Journal of Applied Entomology**, v. 118, p. 413-418, 1994.

ZANUNCIO, J.C.; NASCIMENTO, E.C.; GARCIA J.F.; ZANUNCIO, T.V. Major lepidopterous defoliators of eucalypt, in the Southeast Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 65, p. 53-63, 1994.

ZANUNCIO, T.V.; ZANUNCIO, J.C.; SERRÃO, J.E.; MEDEIROS, R.S.; PINON, T.B.M.; SEDIYAMA, C.A.Z. Fertility and life expectancy of the predator *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae) exposed to sublethal doses of permethrin. **Biological Research**, v. 38, p. 31-39, 2005.

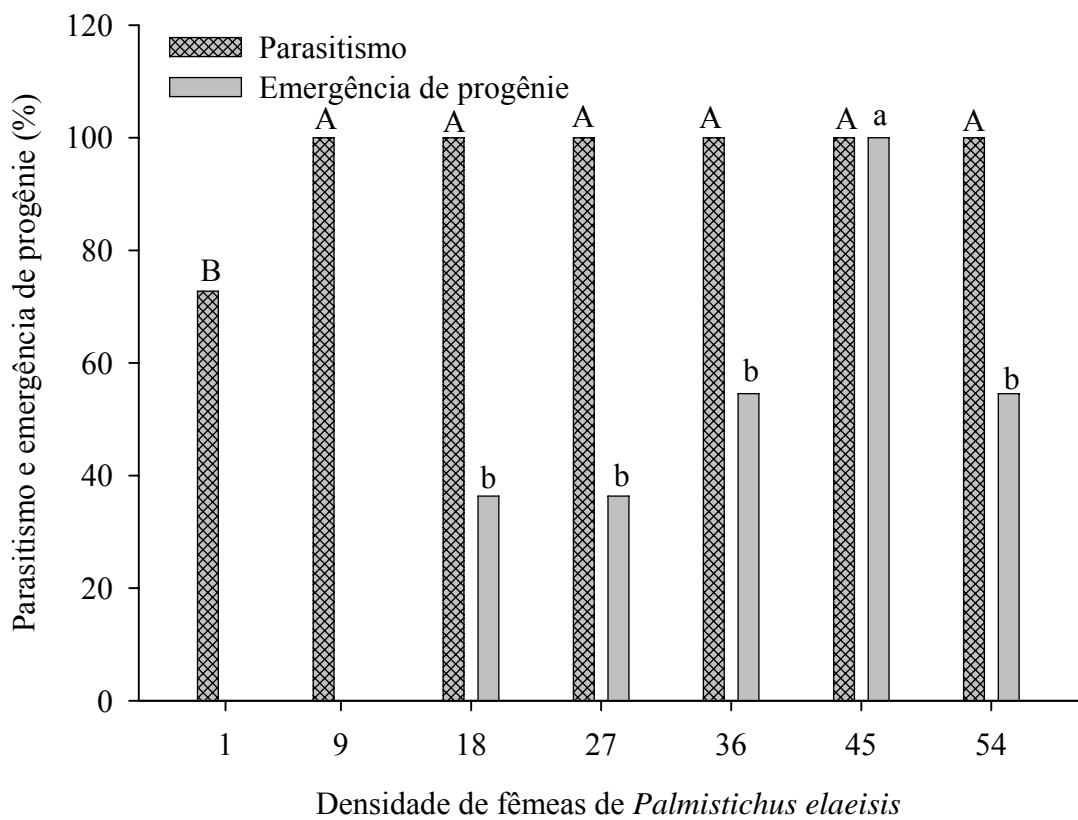


Figura 1 – Porcentagem de pupas parasitadas e emergência de *Palmistichus elaeisis* (Hym.: Eulophidae) com 1, 9, 18, 27, 36, 45 ou 54 fêmeas por pupa de *Bombyx mori* (Lep.: Bombycidae) a  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ ,  $70 \pm 10\%$  de umidade relativa e fotofase de 12 horas (não houve dados para condução das análises nas densidades de 1:1 e 9:1).

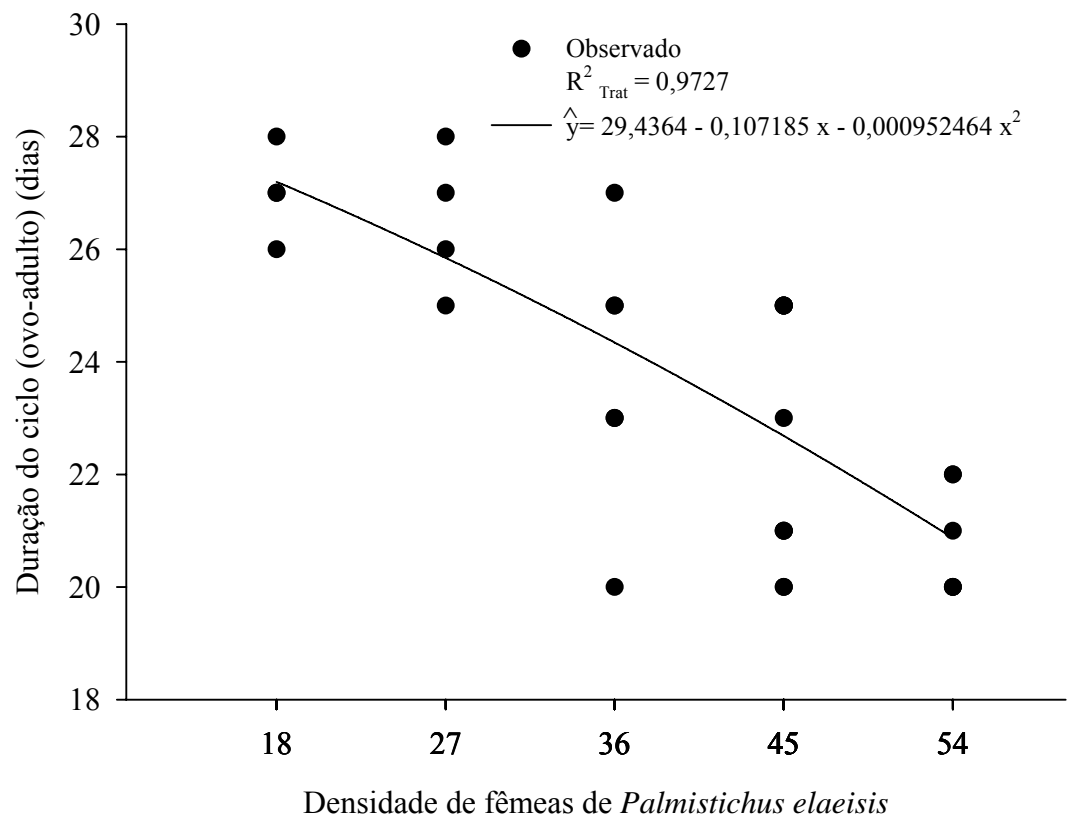


Figura 2 – Duração do ciclo (ovo-adulto) de *Palmistichus elaeisis* (Hym.: Eulophidae) com 18, 27, 36, 45 ou 54 fêmeas por pupa de *Bombyx mori* (Lep.: Bombycidae) a  $25 \pm 2$  °C,  $70 \pm 10\%$  de umidade relativa e fotofase de 12 horas (não houve dados para condução das análises nas densidades de 1:1 e 9:1).

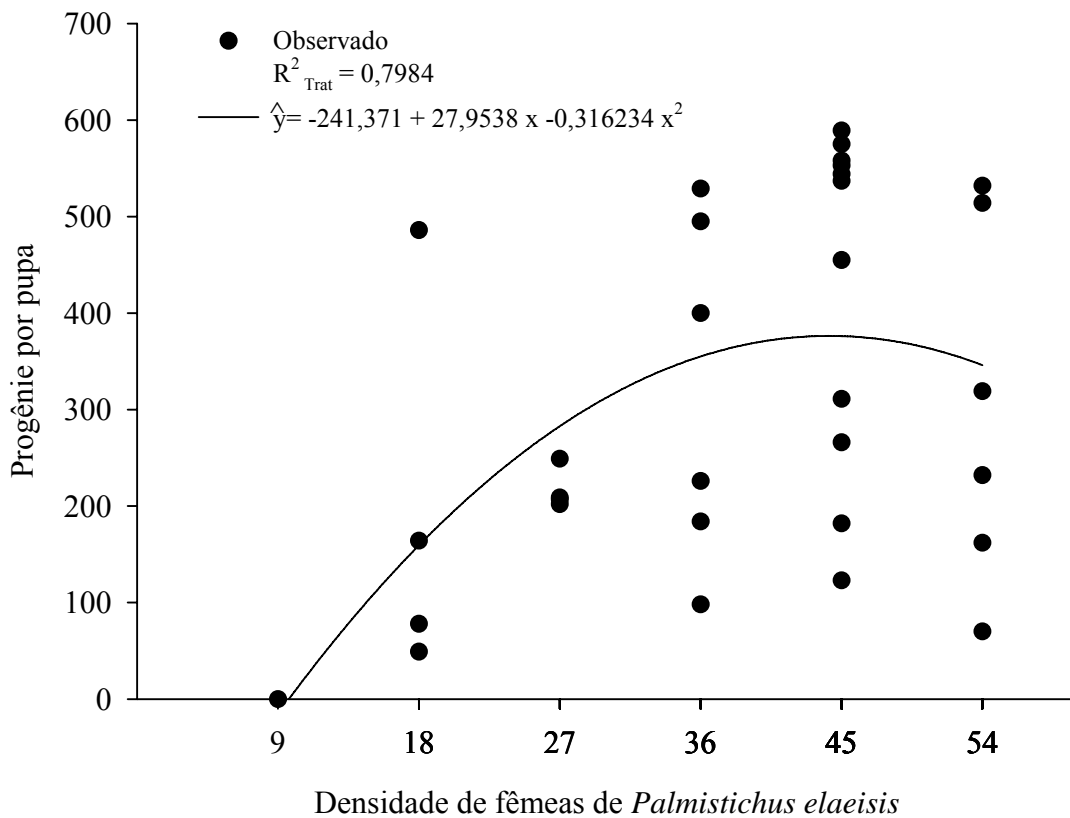


Figura 3 – Progenie de *Palmistichus elaeisis* (Hym.: Eulophidae) com 9, 18, 27, 36, 45 ou 54 fêmeas desse parasitóide por pupa de *Bombyx mori* (Lep.: Bombycidae) a  $25 \pm 2$  °C,  $70 \pm 10\%$  de umidade relativa e fotofase de 12 horas (não houve emergência desse parasitóide na densidade de 1:1).

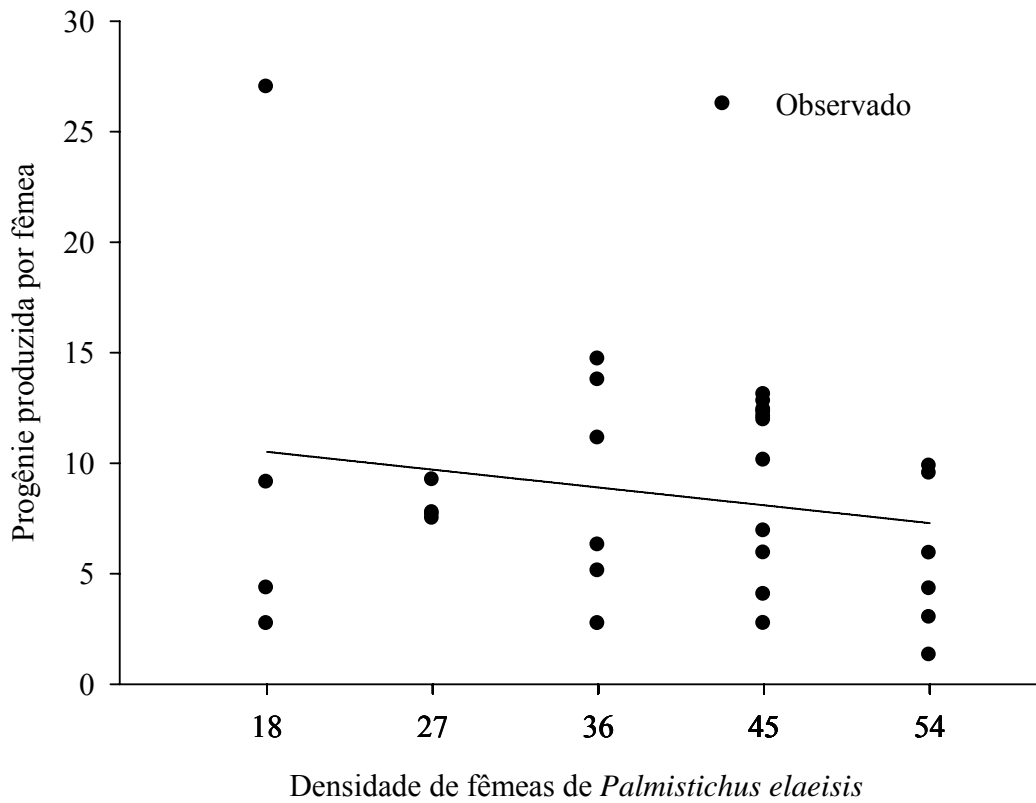


Figura 4 – Progênie por fêmea de *Palmistichus elaeisis* (Hym.: Eulophidae) com 18, 27, 36, 45 ou 54 fêmeas desse parasitóide por pupa de *Bombyx mori* (Lep.: Bombycidae) a  $25 \pm 2$  °C,  $70 \pm 10\%$  de umidade relativa e fotofase de 12 horas (não houve dados para condução das análises nas densidades de 1:1 e 9:1).

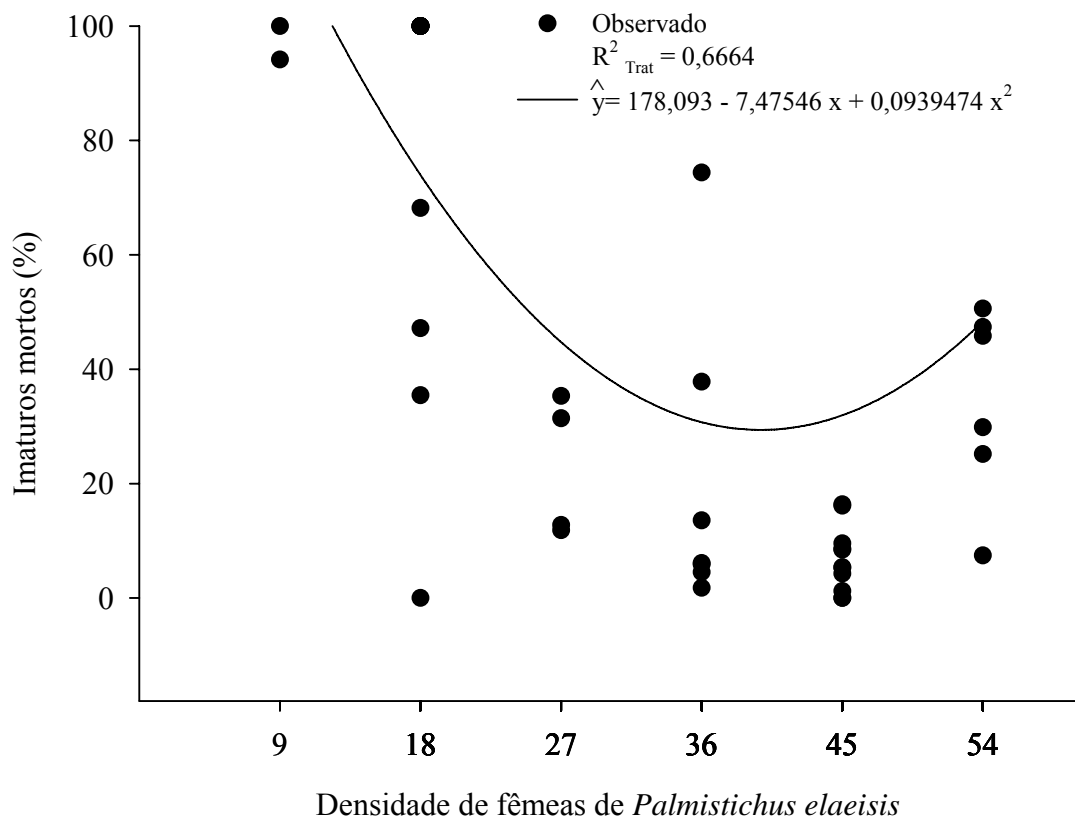


Figura 5 – Porcentagem de imaturos mortos de *Palmistichus elaeisis* (Hym.: Eulophidae) com 9, 18, 27, 36, 45 e 54 fêmeas desse parasitóide por pupa de *Bombyx mori* (Lep.: Bombycidae) a  $25 \pm 2$  °C,  $70 \pm 10\%$  de umidade relativa e fotofase de 12 horas (não se constatou presença de imaturos desse parasitóide na densidade de 1:1).

Tabela 1 – Médias ( $\pm$  erro-padrão)<sup>1</sup> da razão sexual e tamanho do corpo de *Palmistichus elaeisis* (Hym.: Eulophidae) com 18, 27, 36, 45 ou 54 fêmeas desse parasitóide por pupa de *Bombyx mori* (Lep.: Bombycidae) a  $25 \pm 2$  °C,  $70 \pm 10\%$  de umidade relativa e fotofase de 12 horas.

Densidades Parasitóide/ Pupa	n	Razão Sexual	Tamanho do Corpo (mm)		Cápsula Cefálica (mm)	
		Fêmea/ Fêmea+macho	Fêmea	Macho	Fêmea	Macho
1:1	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
9:1	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
18:1	12	0,95 $\pm$ 0,01a	1,81 $\pm$ 0,05a	1,54 $\pm$ 0,03a	0,48 $\pm$ 0,02b	0,44 $\pm$ 0,01a
27:1	12	0,95 $\pm$ 0,01a	1,83 $\pm$ 0,03a	1,49 $\pm$ 0,05a	0,49 $\pm$ 0,01b	0,41 $\pm$ 0,02a
36:1	12	0,93 $\pm$ 0,02a	1,83 $\pm$ 0,06a	1,49 $\pm$ 0,03a	0,49 $\pm$ 0,01b	0,42 $\pm$ 0,01a
45:1	12	0,93 $\pm$ 0,01a	1,89 $\pm$ 0,02a	1,46 $\pm$ 0,03a	0,50 $\pm$ 0,01a	0,44 $\pm$ 0,01a
54:1	12	0,97 $\pm$ 0,01a	1,67 $\pm$ 0,04b	1,34 $\pm$ 0,01b	0,47 $\pm$ 0,01b	0,38 $\pm$ 0,01b

<sup>(1)</sup> Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade.

<sup>(2)</sup> Não houve dados para condução das análises.

### CAPÍTULO III



**Progênie de *Palmistichus elaeisis* (Hym.: Eulophidae) em pupas de *Bombyx mori* (Lep.: Bombycidae) de diferentes idades**

**Progênie de *Palmistichus elaeisis* (Hym.: Eulophidae) em pupas de *Bombyx mori* (Lep.: Bombycidae) de diferentes idades**

Resumo – O endoparasitóide de pupas *Palmistichus elaeisis* Delvare e LaSalle, 1993 (Hym.: Eulophidae) tem potencial para o controle de lepidópteros desfolhadores de eucalipto, mas sua biologia e criação massal são, ainda, pouco conhecidas. A progênie de *P. elaeisis* foi avaliada em pupas de *Bombyx mori* L., 1758 (Lep.: Bombycidae). Pupas desse hospedeiro com 24, 48, 72 ou 96 horas de idade foram expostas ao parasitismo por fêmeas de *P. elaeisis* com 24, 48, 72 ou 96 horas de idade, respectivamente. A duração do ciclo de vida de *P. elaeisis* em pupas de *B. mori* com 24, 48, 72 ou 96 horas de idade e parasitadas por fêmeas desse parasitóide com 24 a 96 horas variou de 21 a 38, 22 a 31, 21 a 28 e 21 a 26 dias, respectivamente. O parasitismo das pupas de *B. mori* foi de 100% com maiores porcentagens de indivíduos emergidos e razão sexual de *P. elaeisis* em fêmeas desse parasitóide com 72 a 96 horas em pupas de *B. mori* com 48 a 72 horas de idade.

Termos para indexação: *Palmistichus elaeisis*, idade, *Bombyx mori*.

**Progeny of the parasitoid *Palmistichus elaeisis* (Hym.: Eulophidae) in pupae of *Bombyx mori* (Lep.: Bombycidae) of different ages**

Abstract – The pupal endoparasitoid *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle, 1993 (Hym.: Eulophidae) has potential for the biological control of Lepidoptera defoliators but its biology and mass rearing are poorly known. Pupae of *Bombyx mori* L., 1758 (Lep.: Bombycidae) with 24, 48, 72 or 96 hours old were exposed to the parasitism by *P. elaeisis* with 24 to 96 hours old. The duration of the life cycle of *P. elaeisis* reared in those hosts varied from 21 to 38; 22 to 31; 21 to 28 and 21 to 26 days, respectively. The parasitism of *B. mori* pupae was 100% and higher percentages of individuals emerged and sex rate of *P. elaeisis* with females of this parasitoid with 72 to 96 hours old in pupae of *B. mori* with the age of 48 to 72 hours.

Index terms: *Palmistichus elaeisis*, age, *Bombyx mori*.

## Introdução

O endoparasitóide gregário *Palmistichus elaeisis* Delvare e LaSalle, 1993 (Hym.: Eulophidae) foi relatado em pupas de *Eupseudosoma involuta* (Sepp, 1852) (Lep.: Arctiidae) e *Euselasia eucerus* Hewitson, 1872 (Lep.: Riodinidae) (Delvare e LaSalle, 1993), *Sabulodes* sp. (Lep.: Geometridae) (Bittencourt e Berti Filho, 1999) e *Thyrinteina arnobia* (Stoll, 1782) e *Thyrinteina leucoceraea* Rindge, 1961, (Lep.: Geometridae). O hábito generalista caracteriza *P. elaeisis* como agente promissor para o controle de lepidópteros desfolhadores de eucalipto. Além disso, o potencial desse parasitóide (Delvare e LaSalle, 1993; Bittencourt e Berti Filho, 1999; Bittencourt e Berti Filho, 2004abc) justifica o desenvolvimento de pesquisas para maximizar sua produção em laboratório e garantir o sucesso de sua utilização no campo.

Fatores abióticos e bióticos como temperatura, umidade, idade do parasitóide, fases do desenvolvimento, tamanho, idade e dieta do hospedeiro podem afetar a fecundidade e a razão sexual da prole de parasitóides (Godfray, 1994; Harvey e Gols, 1998; Honda e Kainoh, 1998; Ueno, 1998 e 1999; Harbison et al., 2001; King, 2002; Uçkan e Gulel, 2002; Jarosik et al., 2003; Gunduz e Gulel, 2005). Por isto, o conhecimento da influência desses fatores, nas características biológicas, é importante para implementação de sistemas eficientes de criação massal de parasitóides (Parra, 2002).

A idade do hospedeiro pode afetar o parasitismo e o número e tamanho de indivíduos da progênie (Cruz et al., 1997; Thomazini e Berti Filho, 2000; Matos Neto et al., 2004). A reprodução e a capacidade de parasitismo podem ser reduzidas pelo aumento da idade de fêmeas do parasitóide, com implicações na criação massal, experimentos de laboratório e seleção de indivíduos para liberação no campo (Amalin et al., 2005). Algumas espécies de himenópteros parasitóides atacam o hospedeiro após o período de pré-oviposição (Lashomb et al., 1987), enquanto outras colocam ovos não fertilizados quando jovens, produzindo, apenas, machos (Mackauer, 1976). A idade do parasitóide pode, também, afetar a taxa de parasitismo (Harbison et al., 2001), a produção de descendentes totais (Hurtrel et al., 1999; Cooperband et al., 2003) e de fêmeas (Morales Ramos e Cate, 1992; Gunduz e Gulel, 2005) e a razão sexual da prole

(Li et al., 1993; Gunduz e Gulel, 2005). Por isso, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da idade de fêmeas de *P. elaeisis* e de pupas do hospedeiro *Bombyx mori* L. (Lep.: Bombycidae) nas características biológicas desse parasitóide.

### **Material e Métodos**

O experimento foi realizado no Laboratório de Controle Biológico do Departamento de Biologia Animal da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, Minas Gerais, Brasil, com as etapas:

**Criação de *Bombyx mori*.** Lagartas de primeiro estágio de *B. mori* foram fornecidas pelo Setor de Sericicultura do Departamento de Biologia Animal da UFV, as quais foram colocadas em bandejas plásticas (39,3 x 59,5 x 7,0 cm) com folhas de amoreira, fornecidas diariamente. Os casulos de *B. mori* foram transferidos para bandejas plásticas (28,3 x 36,0 x 7,0 cm) e mantidos a  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ ,  $70 \pm 10\%$  de umidade relativa (UR) e fotofase de 12 horas.

**Criação do parasitóide.** Adultos de *P. elaeisis* foram mantidos em tubos de vidro (14 x 2,2 cm) tampados com algodão e com gotas de mel no seu interior como alimento. Pupas de *B. mori*, com 48 a 72 horas de idade, foram retiradas dos casulos e expostas ao parasitismo por 24 horas à temperatura de  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ , umidade relativa de  $70 \pm 10\%$  e fotofase de 12 horas para a criação de *P. elaeisis*.

**Influência da idade de fêmeas e do hospedeiro na progênie de *Palmistichus elaeisis*.** Pupas de *B. mori* com 24, 48, 72 ou 96 horas de idade foram expostas ao parasitismo por fêmeas de *P. elaeisis* com essas mesmas idades. Cada relação (parasitóide-hospedeiro) foi acondicionada em tubos de vidro (14 x 2,2 cm) tampados com algodão. As pupas de *B. mori* foram expostas ao parasitóide por 24 horas a  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ ,  $70 \pm 10\%$  de umidade relativa e fotofase de 12 horas. Ao final desse período, as fêmeas de *P. elaeisis* foram retiradas dos tubos. A duração do ciclo de vida (ovo-adulto); a porcentagem de parasitismo [(descontando-se a mortalidade natural do hospedeiro) Abbott (1925)]; a porcentagem de emergência da progênie; o número de parasitóides emergidos por pupa de *B. mori*; a razão sexual (calculada pela equação  $rs = n^\circ \text{ de fêmeas} / n^\circ \text{ de adultos}$ ); e o sexo dos parasitóides foram determinados de acordo com características morfológicas da antena e abdome de *P. elaeisis* (Delvare e LaSalle, 1993).

O experimento foi conduzido em esquema fatorial 4 x 4 (quatro níveis do parasitóide e quatro do hospedeiro) em delineamento inteiramente casualizado, com 12 repetições. Os resultados da duração do ciclo, número de parasitóides emergidos por pupa de *B. mori* e da razão sexual foram analisados em nível de significância de 5%, sendo os valores significativos submetidos à análise de regressão. Os valores da porcentagem de parasitismo e emergência de *P. elaeisis* foram submetidos à análise de modelos lineares generalizados com distribuição binomial ( $P \leq 0,05$ ) com o R Statistical System (Ihaka e Gentleman, 1996).

A equação do tipo polinomial e, ou, superfície de resposta para análise de regressão foi adotada a partir dos modelos quadráticos:  $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_1^2 + e_i$  onde  $Y =$  progênie de *P. elaeisis* por pupa;  $X_1 =$  idade da pupa de *B. mori*;  $\beta_i$ , com  $i = 0$  a  $2 =$  parâmetros estimados; e  $e_i =$  erro aleatório e parabolóide:  $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_1^2 + \beta_4 X_2^2 + e_i$  em que  $Y =$  progênie de *P. elaeisis* por pupa;  $\beta_i$ , com  $i = 0$  a  $2 =$  parâmetros estimados;  $e_i =$  erro aleatório com uma e/ou duas variáveis independentes, respectivamente.

A escolha da equação que melhor se ajustou aos dados foi feita a partir dos modelos quadrático e parabolóide, baseado no coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e na significância dos coeficientes de regressão ( $\beta_i$ ) e da regressão pelo teste F (até 5% de probabilidade). Os valores máximos do número de parasitóides (progênie de *P. elaeisis*) emergidos por pupa de *B. mori* foram determinados pelo cálculo e resolução da derivada primeira do modelo parabolóide de regressão ajustado.

## Resultados

A idade das fêmeas de *P. elaeisis* não afetou a duração do ciclo de vida (ovo-adulto) desse parasitóide, mas esta foi afetada pela idade de pupas de *B. mori* ( $\hat{y} = 34,8483 + 0,00796632x - 0,285661z - 0,000366924x^2 + 0,00190184z^2$ ), sendo ( $\hat{y}$ ) a duração do ciclo de vida de *P. elaeisis* por pupa de *B. mori* e ( $x$ ) e ( $z$ ), a idade desse parasitóide e do hospedeiro, respectivamente. Por isso, a duração do ciclo de vida de *P. elaeisis* foi analisada, apenas, de acordo com a idade do hospedeiro (24, 48, 72 ou 96 horas) e variou de 21 a 38, 22 a 31, 21 a 28 e 21 a 26 dias, respectivamente ( $F = 24,6991$ ;  $P = 0,0001$ ;  $R^2_{\text{Trat}} = 0,9998$  e  $gl_{\text{erro}} = 78$ ) (Figura 1).

O parasitismo de *P. elaeisis* atingiu 100% das pupas de *B. mori*, independentemente da idade de suas fêmeas e das pupas desse hospedeiro. A idade das fêmeas de *P. elaeisis* afetou a porcentagem de emergência desse parasitóide ( $\chi^2 = 7,311$ ;  $P = 0,007$ ), mas isso não ocorreu na idade de pupas de *B. mori* ( $\chi^2 = 0,004$ ;  $P = 0,947$ ). Portanto, a emergência de *P. elaeisis* foi analisada, apenas, de acordo com a idade do parasitóide (24, 48, 72 ou 96 horas) variando de 16,67 a 83,33% e com maiores valores (75 e 83,33%) em fêmeas desse parasitóide com 72 horas ( $F = 9,1102$ ;  $P = 0,0034$ ;  $R^2_{\text{Trat}} = 0,8152$  e  $gl_{\text{erro}} = 15$ ) (Figura 2).

A idade de fêmeas de *P. elaeisis* e de pupas de *B. mori* afetou a progênie por pupa desse parasitóide ( $\hat{y} = -345,79 + 12,4088x + 12,0452z - 0,0740377x^2 - 0,0963397z^2$ ) ( $R^2 = 0,2317$ ;  $F = 7,4638$ ;  $P = 0,0001$ ;  $gl_{\text{erro}} = 103$ , sendo ( $\hat{y}$ ) a progênie de *P. elaeisis* por pupa de *B. mori* e ( $x$ ) e ( $z$ ) as idades desse parasitóide e do hospedeiro, respectivamente. A derivada primeira dessa equação de regressão ajustada indicou progênie máxima de *P. elaeisis* para fêmeas desse parasitóide e pupas de *B. mori* com 83,80 e 62,51 horas de idade, respectivamente (Figura 3).

A razão sexual de *P. elaeisis* foi semelhante nas diferentes combinações de idade desse parasitóide e hospedeiro com valores de 0,93 a 0,98 ( $F = 1,5399$ ; e  $P = 0,1995$ ) (Figura 4).

## Discussão

O ciclo de vida de *P. elaeisis* em pupas de *B. mori* não foi afetado pela idade de fêmeas desse parasitóide, o que pode ser devido ao fato de ovipositarem número semelhante de ovos por pupa desse hospedeiro. Se o número de ovos ovipositados fosse proporcional ao aumento da idade das fêmeas, a duração do ciclo de vida desse parasitóide decresceria em virtude da competição de seus imaturos por nutrientes (Godfray, 1994).

A maior duração do ciclo de vida de *P. elaeisis* em pupas de *B. mori* com 24 horas pode ser devida à resposta imune desse hospedeiro contra imaturos de parasitóides, nessa idade. No entanto, esses mecanismos de defesa (taxa de encapsulação e produção de toxinas) não podem ser mantidos ativos por muito

tempo devido ao seu alto custo metabólico (Schmidt et al., 2001; Schmid-Hempel, 2005). A menor duração de desenvolvimento de *P. elaeisis* com pupas de *B. mori*, com 48 a 72 horas de idade, poderia ser devida às condições fisiológicas apropriadas para *P. elaeisis*. No entanto, a tendência de aumento do ciclo de vida desse parasitóide em pupas de *B. mori* com 96 horas pode ser explicada pelo estágio adiantado de desenvolvimento desse hospedeiro, quando as diferenciações de tecidos do hospedeiro retardariam o desenvolvimento da progênie de parasitóides à semelhança do relatado por Mohyuddin (1968).

A maior taxa de emergência de progênie de *P. elaeisis* de fêmeas com 72 e 96 horas e pupas de *B. mori* com 48 e 72 horas de idade evidencia que essas idades são mais adequadas para a criação desse parasitóide. No entanto, as menores taxas de emergência de *P. elaeisis* com fêmeas de 24 horas seriam, provavelmente, devido ao fato de não estarem, ainda, sexualmente maduras, pois esse parasitóide apresentou período de pré-oviposição de 20 a 72 horas, dependendo do hospedeiro (Bittencourt, 1999).

Pupas de *B. mori* com 24 e 96 horas foram menos parasitadas e menos favoráveis ao desenvolvimento dos imaturos de *P. elaeisis* que aquelas de 48 e 72 horas. Isso indica que aquelas pupas estão menos adequadas fisiológica e, ou, nutricionalmente ao desenvolvimento desse parasitóide (Vinson e Iwantsch, 1980). Essa tendência é semelhante à relatada para *Muscidifurax uniraptor* Kogan e Legner, 1970 (Hym.: Pteromalidae) com menor número de adultos em pupas de *Musca domestica* Linnaeus, 1758 (Dip.: Muscidae) com 24 horas que naquelas com 48 e 72 horas de idade (Thomazini e Berti Filho, 2000).

A maior progênie de *P. elaeisis* por pupa de *B. mori*, ambos com 72 horas de idade, pode ser explicada pelo fato da fecundidade de insetos depender da idade e ser, geralmente, dividida nos períodos de pré-oviposição, oviposição e pós-oviposição. A fecundidade atinge valores máximos na metade do segundo período de vida e declina quando as fêmeas alcançam 60% do seu potencial reprodutivo (Morales-Ramos e Cate, 1992; Medeiros et al., 2000). O declínio da fecundidade, em função da idade de parasitóides, pode ser devido ao decréscimo da atividade fisiológica, do número de ovos ovipositados e da capacidade de parasitismo de suas fêmeas (Uçkan e Gulel, 2002).

A menor progênie de *P. elaeisis* em pupas de *B. mori*, com 24 e 96 horas de idade, indica que estas sejam menos adequadas para esse parasitóide, devido a mudanças morfológicas e fisiológicas com períodos de histólises, histogêneses e diferenciação durante a fase pupal (Chapman, 1998). A ação dessas mudanças da pupa no desenvolvimento da progênie de parasitóides é pouco conhecida, mas pode determinar o grau de suscetibilidade do hospedeiro a esses inimigos naturais (Pfannenstiel et al., 1996).

*P. elaeisis* apresentou razão sexual alta, o que é importante para sistemas de criação massal, experimentos de laboratório e seleção de indivíduos para liberação no campo (Amalin et al. 2005), pelo fato de suas fêmeas serem responsáveis pela geração subsequente (Uçkan e Gulel, 2002). *Melittobia clavicornis* Cameron, 1908, *Melittobia australica* Girault, 1912 e *Melittobia digitata* Dahms, 1984 (Hym.: Eulophide) também apresentaram valores altos de razão sexual, em pupas de *Neobellieria bullata* Parker, 1916 (Dip: Sarcophagidae), sendo de 0,97; 0,95 a 0,97; e 0,95 a 0,98, respectivamente (Gonzáles et al., 2004; Silva-Torres e Matthews, 2003).

### **Conclusão**

Devem-se utilizar fêmeas de *P. elaeisis* e pupas de *B. mori* com 72 a 96 e 48 a 72 horas de idade, respectivamente, para se obter maior número de descendentes e menor variação e duração da fase imatura desse parasitóide.

### **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 apoio financeiro; e ao Dr. Christer Hansson, do Department of Zoology, da Lund University, Sweden, e ao Dr. Marcelo Teixeira Tavares, do Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Espírito Santo, pela identificação do parasitóide.

## Referências

ABBOTT, W.S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, v. 18, p. 265-267, 1925.

AMALIN, D.M. PENA, J.E.; DUNCAN, R.E. Effects of host age, female parasitoid age, and host plant on parasitism of *Ceratogramma etiennei* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Florida Entomologist**, v. 88, p. 77-82, 2005.

BITTENCOURT, M.A.L. **Aspectos biológicos de *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle, 1993 (Hymenoptera: Eulophidae)**. Piracicaba, SP: 1999. 83f. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP, Piracicaba.

BITTENCOURT, M.A.L.; BERTI FILHO, E. Preferência de *Palmistichus elaeisis* por pupas de diferentes lepidópteros pragas. **Scientia Agricola**, v. 56, p. 1281-1283, 1999.

BITTENCOURT, M.A.L.; BERTI FILHO, E. Exigências térmicas para o desenvolvimento de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera, Eulophidae) em pupas de cinco espécies de lepidópteros. **Iheringia Série Zoologia**, v. 94, p. 321-323, 2004a.

BITTENCOURT, M.A.L.; BERTI FILHO, E. Desenvolvimento dos estágios imaturos de *Palmistichus elaeisis* Delvare e LaSalle (Hymenoptera, Eulophidae) em pupas de Lepidoptera. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 48, p. 65-68, 2004b.

BITTENCOURT, M.A.L.; FARIA, J.C.; BERTI FILHO, E. Influência do sexo e da temperatura, de diferentes espécies de lepidópteros, sobre o parasitismo por *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae). **Revista de Agricultura**, v. 79, p. 304-311, 2004c.

CHAPMAN, R.F. **The Insects: Structure and Function**. Cambridge: Cambridge University Press, 1998. 770 p.

COOPERBAND, M.F.; MATTEWS, R.W.; VINSON, S.B. Factors affecting the reproductive biology of *Melittobia digitata* and failure to meet the sex ratio predictions of Hamilton's local mate competition theory. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 109, p. 1-12, 2003.

CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M.L.C.; GONÇALVES, E.P.; LIMA, D.A.N.; DINIZ, E.E. Efeito da idade de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) no desempenho do parasitóide *Campoletis flavicincta* (Ashmead) (Hymenoptera: Ichneumonidae) e o consumo foliar por lagartas parasitadas e não parasitadas. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 26, p. 229-234. 1997.

DELVARE, G.; LASALLE, J. A new genus of Tetrastichinae (Hymenoptera: Eulophidae) from the Neotropical region, with the description of a new species parasitica on key pests of oil palm. **Journal of Natural History**, v. 27, p. 435-444, 1993.

GODFRAY, H.C.J. **Parasitoids, behavioral and evolutionary ecology**. Princeton: Princeton University Press, Princeton. 1994. 473p.

GONZÁLES, J.M.; ABE, J.; MATTHEWS, R.W. Offspring production and development in the parasitoid wasp *Melittobia clavicornis* (Cameron) (Hymenoptera: Eulophidae) from Japan. **Entomological Science**, v. 7, p. 15-19, 2004.

GUNDUZ, E.A.; GULEL, A. Investigation of fecundity and sex ratio in the parasitoid *Bracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae) in relation to parasitoid age. **Turkish Journal of Zoology**, v. 29, p. 291-294, 2005.

HARBINSON, J.L.; LEGASPI, J.C.; FABRITIUS, S.L.; SALDANÑA, R.R.; LEGASPI, B.C.; ENKEGAARD, A. Effects of age and host number on reproductive biology of *Allorhogas pyralophagus* (Hymenoptera: Braconidae) attacking the Mexican rice borer (Lepidoptera: Pyralidae). **Environmental Entomology**, v. 30, p. 129-135, 2001.

HARVEY, J.A.; GOLDS, G.J.Z. The influence of host quality on progeny and sex allocation in the pupal ectoparasitoid *Muscidifurax raptellus* (Hymenoptera: Pteromalidae). **Bulletin of Entomological Research**, v. 88, p. 299-304, 1998.

HONDA, T.; KAINOH, Y. Age-related fecundity and learning ability of the egg-larval parasitoid *Ascogaster reticulatus* Watanabe (Hymenoptera: Braconidae). **Biological Control**, v. 13, p. 177-181, 1998.

HURTREL, B.; QUILICI, S.; NENON, J.P.; GOURDON, F.L. Activite de ponte de *Psytalia fletcheri* (Silvestre) et *Diachasmimorpha tryoni* (Cameron) (Braconidae: Opiinae), parasitoides de mouches des fruits (Diptera: Tephritidae). **Annales de la Société Entomologique de France**, v. 35, p. 443-446, 1999.

IHAKA, R. GENTLEMAN, R. R: a language for data analysis and graphics. **Journal of Computational Statistics**, v. 5, p. 299-314, 1996.

KING, B.H. Offspring sex ratio and number in response to proportion of host sizes and ages in the parasitoid wasp *Spalangia cameroni* (Hymenoptera: Pteromalidae). **Environmental Entomology**, v. 31, p. 505-508, 2002.

JAROSIK, V.; HOLY, I.; LAPCHIN, L.; HAVELKA, J. Sex ratio in the aphid parasitoid *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae) in relation to host size. **Bulletin of Entomological Research**, v. 93, p. 255-258, 2003.

LASHOMB, J.; KRAINACHER, D. JANSSON, R.K.; NG, Y.S.; CHIANESE, R. Parasitism of *Leptinotarsa decemlineata* (Say) eggs by *Edovum puttleri*

Grissell (Hymenoptera: Eulophidae): effects of host age, parasitoid age, and temperature. **The Canadian Entomologist**, v. 119, p. 75-82, 1987.

LI, S.Y.; SIROIS, G.; LEE, D.L.; MAURICE, C.; HENDERSON, D.E. Effects of female mating status and age on fecundity, longevity and sex ratio in *Trichogramma minutum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Journal of the Entomological Society of British Columbia**, v. 90, p. 61-66, 1993.

MACKAUER, M. The sex ratio in field populations of some aphid parasitoids. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 69, p. 453-456, 1976.

MATOS NETO, F.C.; ZANUNCIO, J.C.; CRUZ, I.; GUEDES, R.N.C.; PIKANÇO, M.C. Progeny production and parasitism by *Campoletis flavicincta* (Hym.: Ichneumonidae) as affected by female ageing. **Biological Agriculture and Horticulture**, v. 22, p. 369-378, 2004.

MEDEIROS, R.S.; RAMALHO, F.S.; LEMOS, W.P.; ZANUNCIO, J.C. Age-dependent fecundity and life-fertility tables for *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Het., Pentatomidae). **Journal of Applied Entomology**, v. 124, p. 319-324, 2000.

MOHYUDDIN, A.I. Notes on the distribution and biology of the *Pediobius furvus* (Gah.) (Hym., Eulophidae), a parasite of graminaceous stem-borers. **Bulletin of Entomological Research**, v. 59, p. 681-689, 1968.

MORALES-RAMOS, J.A.; CATE, J.R. Laboratory determination of age-dependent fecundity, development, and rate of increase of *Catolaccus grandis* (Burks) (Hymenoptera: Pteromalidae). **Annals of the Entomological Society of America**, v. 85, p. 469-477, 1992.

PARRA, J.R.P. Controle biológico: Criação Massal de Inimigos Naturais, In: PARRA, J.R.P. et al. (Eds.), **Controle Biológico no Brasil: Parasitóides e Predadores**. São Paulo: Manole, 2002. Cap. 9, p. 143-161.

PFANNENSTIEL, R.S.; BROWNING, H.W.; SMITH JR, J.W. Suitability of Mexican rice borer (Lepidoptera: Pyralidae) as a host for *Pediobius furrus* (Hymenoptera: Eulophidae). **Environmental Entomology**, v. 25, p. 672-676, 1996.

SCHMID-HEMPEL, P. Evolutionary ecology of insect immune defenses. **Annual Review of Entomology**, v. 50, p. 529-551, 2005.

SCHMIDT, O.; THEOPOLD, V.; STRAND, M.R. Innate immunity and its evasion and suppression by Hymenoptera endoparasitoid. **BioEssays**, v. 234, p. 344-351, 2001.

SILVA-TORRES, C.S.A.; MATTHEWS, R.W. Development of *Melittobia australica* Girault and *M. digitata* Dahms (Parker) (Hymenoptera: Eulophidae) parasiting *Neobellieria bullata* (Parker) (Diptera: Sarcophagidae) puparia. **Neotropical Entomology**, v. 32, p. 645-651, 2003.

THOMAZINI, M.J.; BERTI-FILHO, E. Influência da densidade e idade de pupas de mosca doméstica no parasitismo por *Muscidifurax uniraptor* (Hymenoptera: Pteromalidae). **Revista de Agricultura**, v. 75, p. 339-348, 2000.

UÇKAN, F.; GULEL, A. Age-related fecundity and sex ratio variation in *Apanteles galleriae* (Braconidae) and host effect on fecundity and sex ratio of its hyperparasitoid *Dibrachys boarmiae* (Hym., Pteromalidae). **Journal of Applied Entomology**, v. 126, p. 534-537, 2002.

UENO, T. Sex allocation by a parasitoid wasp (Hymenoptera: Ichneumonidae) to different host species: a question for the mechanism of host size estimation. **Journal of Insect Behavior**, v. 11, p. 811-821, 1998.

UENO, T. Host-size-dependent sex ratio in a parasitoid wasp. **Researches on Population Ecology**, v. 41, p. 47-57, 1999.

VINSON, S.B.; IWANTSCH. Host suitability for insect parasitoids. **Annual Review of Entomology**, v. 25, p. 397-419, 1980.

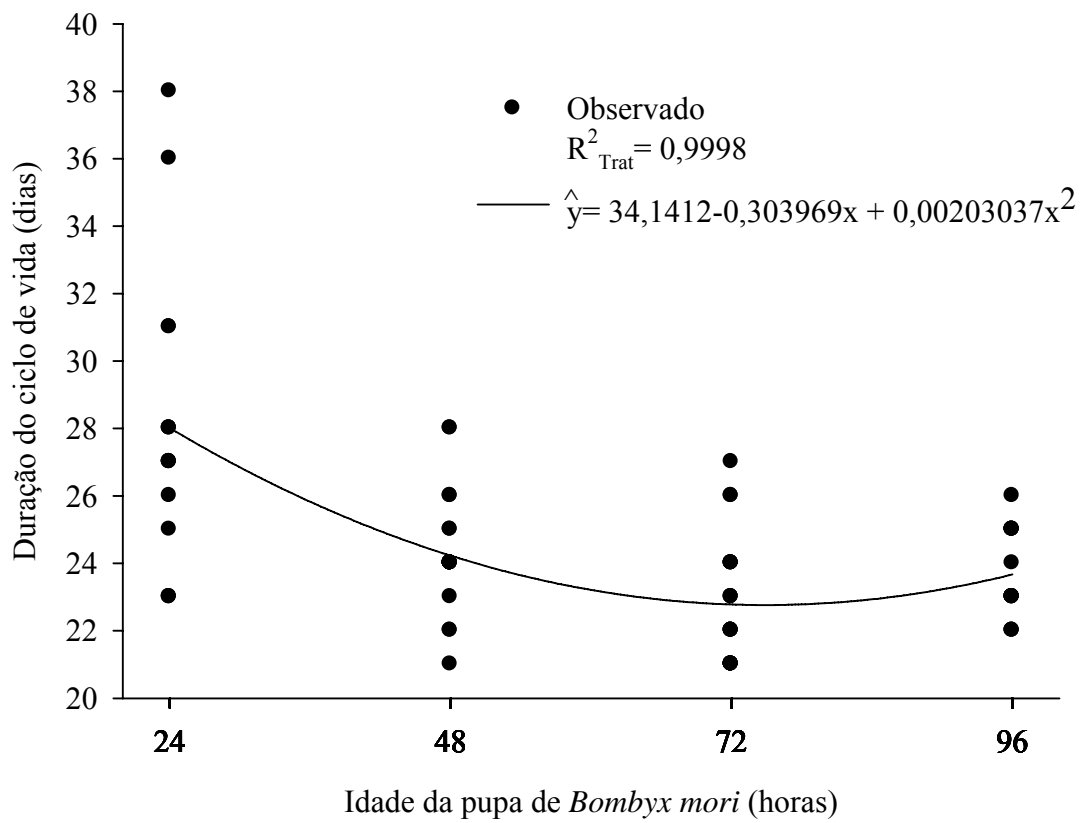


Figura 1 – Duração do ciclo de vida (ovo-adulto) de *Palmistichus elaeisis* (Hym.: Eulophidae) em pupas de *Bombyx mori* (Lep.: Bombycidae) com 24, 48, 72 ou 96 horas de idade a  $25 \pm 2$  °C,  $70 \pm 10\%$  de umidade relativa e fotofase de 12 horas.

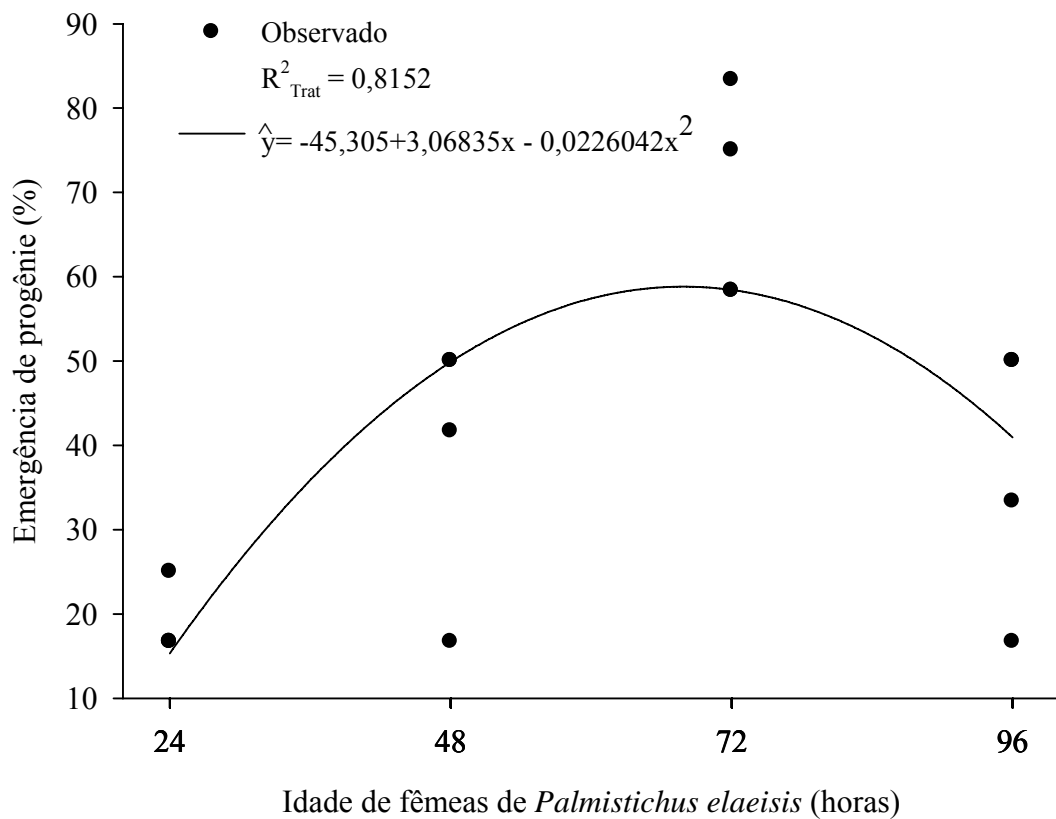


Figura 2 – Porcentagem de emergência da progênie de *Palmistichus elaeisis* (Hym.: Eulophidae) de pupas de *Bombyx mori* (Lep.: Bombycidae) ao utilizar fêmeas desse parasitóide com 24, 48, 72 ou 96 horas de idade a  $25 \pm 2$  °C,  $70 \pm 10\%$  de umidade relativa e fotofase de 12 horas.

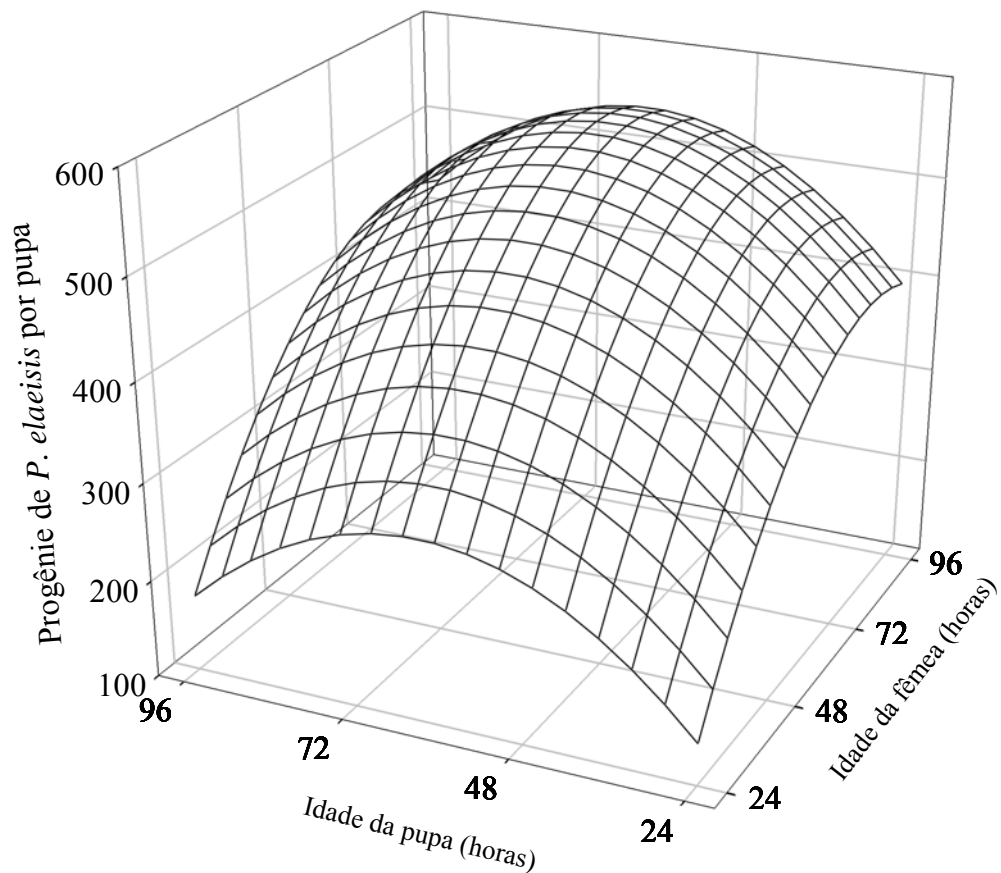


Figura 3 – Progênie de *Palmistichus elaeisis* (Hym.: Eulophidae) por pupa de *Bombyx mori* (Lep.: Bombycidae) com 24, 48, 72 ou 96 horas e parasitadas por fêmeas desse parasitóide com 24, 48, 72 ou 96 horas de idade a  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ ,  $70 \pm 10\%$  de umidade relativa e fotofase de 12 horas ( $\hat{y} = -345,79 + 12,4088 x + 12,0452 z - 0,0740377 x^2 - 0,0963397 z^2$ ) ( $R^2 = 0,2317$ ;  $F = 7,4638$ ;  $P = 0,0001$ ;  $g_{\text{erro}} = 103$ , sendo ( $\hat{y}$ ) a progênie de *P. elaeisis* emergida por pupa e ( $x$ ) e ( $z$ ) as idades desse hospedeiro e parasitóide, respectivamente).

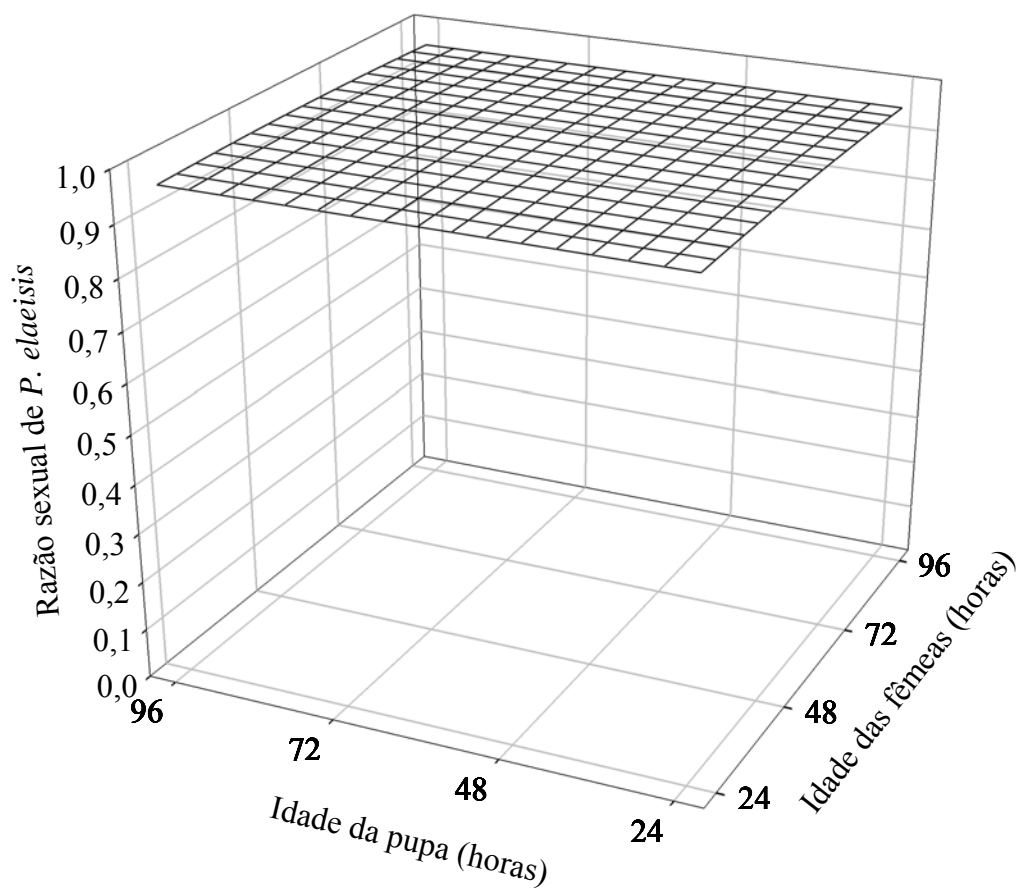


Figura 4 – Razão sexual de *Palmistichus elaeisis* (Hym.: Eulophidae) em pupas de *Bombyx mori* (Lep.: Bombycidae) com 24, 48, 72 ou 96 horas e parasitadas por fêmea desse parasitóide com 24, 48, 72 ou 96 horas de idade a  $25 \pm 2$  °C,  $70 \pm 10\%$  de umidade relativa e fotofase de 12 horas ( $F = 1,5399$ ;  $P = 0,1995$ ).

## CAPÍTULO IV



**Reprodução de *Palmistichus elaeisis* (Hym.: Eulophidae) em pupas refrigeradas de *Bombyx mori* (Lep.: Bombycidae)**

**Reprodução de *Palmistichus elaeisis* (Hym.: Eulophidae) em pupas refrigeradas de *Bombyx mori* (Lep.: Bombycidae)**

Resumo – A criação de parasitóides em larga escala representa uma etapa fundamental para programas de controle biológico e, por isso, avaliou-se a influência do armazenamento de pupas de *Bombyx mori* L., 1758 (Lep.: Bombycidae) em baixa temperatura na progênie de *Palmistichus elaeisis* Delvare e LaSalle, 1993 (Hym.: Eulophidae). Pupas de *B. mori*, com 48 a 72 horas de idade, foram armazenadas a 10 °C por cinco, 10, 15 ou 20 dias e, posteriormente, expostas ao parasitismo por fêmeas de *P. elaeisis*. A duração do ciclo de vida de *P. elaeisis* foi menor (19 e 20 dias) em pupas de *B. mori* com 15 dias de armazenamento. O parasitismo de *P. elaeisis* atingiu 100% de pupas de *B. mori* após o armazenamento a 10 °C em todos os períodos, com emergência de 78 a 100% desse parasitóide. A progênie de *P. elaeisis* foi maior (728 a 1414 indivíduos) por pupa de *B. mori* armazenada por 15 dias a 10 °C. A razão sexual e a longevidade desse parasitóide foram de 0,92 a 0,98 e de três a 35 dias, respectivamente, em pupas de *B. mori* com diferentes períodos de armazenamento. Pupas de *B. mori* podem ser armazenadas a 10 °C, por até 15 dias, e ser utilizadas em criações de *P. elaeisis*.

Termos para indexação: *Palmistichus elaeisis*, temperatura, *Bombyx mori*.

**Reproduction of the parasitoid *Palmistichus elaeisis* (Hym.: Eulophidae) with previously refrigerated pupae of *Bombyx mori* (Lep.: Bombycidae)**

Abstract – The mass rearing of parasitoids represents a fundamental stage for programs of biological control. The progeny of the parasitoid *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle, 1993 (Hym.: Eulophidae) was evaluated on previously refrigerated pupae of *Bombyx mori* L., 1758 (Lep.: Bombycidae). Forty-eight to 72 hours old pupae of *B. mori* were stored at 10 °C during five, 10, 15 or 20 days and then exposed to the parasitism by *P. elaeisis* females. This parasitoid showed shorter duration of the life cycle (19 and 20 days) when reared

on pupae of *B. mori* which were previously stored at low temperatures during 15 days. *P. elaeisis* parasitized 100% of the pupae of *B. mori* after storage at 10 °C during all periods with emergence of this parasitoid from 78 to 100% of these pupae. *P. elaeisis* had larger progeny (728 to 1414 individuals) per pupa of *B. mori* stored during 15 days at 10 °C. The sex rate and the longevity of this parasitoid varied from 0.92 to 0.98 and from three to 35 days on pupae of *B. mori* stored under different periods. Pupae of *B. mori* can be stored during 15 days at 10 °C before being used to rear *P. elaeisis*.

Index terms: *Palmistichus elaeisis*, temperature, *Bombyx mori*.

### Introdução

Himenópteros parasitóides podem reduzir populações de lepidópteros-praga em plantios de eucalipto (Zanuncio et al., 1998; Bragança et al., 1998ab; Dall'Oglio et al., 2003). *Palmistichus elaeisis* Delvare e LaSalle, 1993 (Hym.: Eulophidae) foi relatado em pupas de *Eupseudosoma involuta* (Sepp, 1852) (Lep.: Arctiidae) e *Euselasia eucerus* Hewitson, 1872 (Lep.: Riodinidae) (Delvare e LaSalle, 1993), *Sabulodes* sp. (Lep.: Geometridae) (Bittencourt e Berti Filho, 1999) e *Thyrinteina arnobia* (Stoll, 1782) e *Thyrinteina leucoceraea* Rindge, 1961 (Lep.: Geometridae). O hábito polífago de *P. elaeisis* caracteriza esse inimigo natural como um possível agente para o controle de lepidópteros desfolhadores de eucalipto.

A criação de parasitóides em larga escala é fundamental para a implantação de programas de controle biológico. No entanto, a falta de dietas artificiais torna necessário o uso de número expressivo de hospedeiros preferenciais ou alternativos para produção desses inimigos naturais (Milward-de-Azevedo et al., 2004). A possibilidade de conservação de hospedeiros em baixa temperatura, sem perda da capacidade reprodutiva dos parasitóides, é importante para se ter uma produção contínua desses agentes de controle biológico (Roth et al., 1991; Petersen, 1986; Thomazini e Berti-Filho, 1998; Leopold et al., 1998; Floate, 2002; Pratisoli et al., 2003; Milward-de-Azevedo et al., 2004).

O bicho-da-seda *Bombyx mori* L., 1758 (Lep.: Bombycidae) pode ser criado com baixo custo e sua pupa possui alto valor protéico e atividade metabólica reduzida a 10 °C (Ito, 1978; Greiss et al., 2003; Wang-Duu et al., 2004). *Bombyx mori* pode ser um hospedeiro alternativo para endoparasitóides pupais e, por isso, o objetivo desse trabalho foi avaliar a progênie de *P. elaeisis* em pupas desse hospedeiro, previamente, armazenadas a 10 °C por diferentes períodos.

### **Material e Métodos**

O experimento foi realizado no Laboratório de Controle Biológico do Departamento de Biologia Animal da Universidade Federal de Viçosa (UFV) em Viçosa, Minas Gerais, Brasil, com as etapas:

**Criação de *Bombyx mori*.** O Setor de Sericicultura do Departamento de Biologia Animal da UFV forneceu lagartas de primeiro estágio de *B. mori*, as quais foram criadas em bandejas plásticas (39,3 x 59,5 x 7,0 cm) com folhas de amoreira fornecidas diariamente. Os casulos de *B. mori* foram transferidos para bandejas plásticas (28,3 x 36,0 x 7,0 cm) mantidas a  $25 \pm 1$  °C,  $70 \pm 10\%$  de umidade relativa (UR) e fotofase de 12 horas.

**Criação do parasitóide.** Adultos de *P. elaeisis* foram mantidos em tubos de vidro (14 x 2,2 cm) tampados com algodão e com gotas de mel no seu interior para alimentação desses insetos. Pupas de *B. mori*, com 48 a 72 horas de idade, foram retiradas dos casulos e expostas ao parasitismo por 24 horas à temperatura de  $25 \pm 2$ °C, umidade relativa de  $70 \pm 10\%$  e fotofase de 12 horas para a manutenção da criação de *P. elaeisis*.

**Influência do armazenamento de pupas de *Bombyx mori* em baixa temperatura na progênie de *Palmistichus elaeisis*.** Pupas de *B. mori*, com 48 a 72 horas de idade, foram armazenadas a 10 °C durante 5, 10, 15 ou 20 dias, e na testemunha foram utilizadas pupas de *B. mori* de mesma idade, porém sem armazenamento. Cada pupa foi exposta ao parasitismo por 45 fêmeas de *P. elaeisis* com 72 horas de idade, acondicionadas em tubos de vidro (14 x 2,2 cm), tampados com algodão por 24 horas a  $25 \pm 2$  °C,  $70 \pm 10\%$  de umidade relativa e fotofase de 12 horas. Ao final desse período, as fêmeas de *P. elaeisis* foram retiradas dos tubos. Foram avaliados a duração do ciclo de vida (ovo-adulto); a

porcentagem de parasitismo (descontando-se a mortalidade natural do hospedeiro) (Abbott, 1925); a porcentagem de emergência da progênie; o número de parasitóides emergidos por pupa de *B. mori*; a longevidade dos descendentes; e a razão sexual (calculada pela equação  $rs = n^{\circ}$  de fêmeas/ $n^{\circ}$  de adultos). O sexo dos parasitóides foi determinado pelas características morfológicas da antena e abdome dos adultos de *P. elaeisis* (Delvare e LaSalle, 1993).

Os tratamentos foram representados pelos períodos de armazenamento de 0, 5, 10, 15 ou 20 dias. Foram utilizadas 10 repetições em delineamento inteiramente casualizado, sendo cada uma representada por uma pupa de *B. mori*. Os dados da duração do ciclo, da progênie de *P. elaeisis* emergida por pupa de *B. mori*, a razão sexual e a longevidade de fêmeas desse parasitóide foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade e à de regressão. Os valores da porcentagem de parasitismo e de emergência de *P. elaeisis* foram submetidos à análise de modelos lineares generalizados com distribuição binomial ( $P \leq 0,05$ ) com o R Statistical System (Ihaka e Gentleman, 1996).

## Resultados

A duração do ciclo de vida (ovo-adulto) de *P. elaeisis* foi menor (19 a 20 dias) e maior (27 a 31) em pupas de *B. mori* após o armazenamento a 10 °C por 15 e 20 dias, respectivamente ( $R^2_{\text{Trat}} = 0,6756$ ;  $F = 15,6398$ ;  $P < 0,001$ ;  $gl_{\text{erro}} = 36$ ) (Figura 1).

*Palmistichus elaeisis* parasitou 100% das pupas de *B. mori*, com emergência de adultos em 78 a 100% destas, sem efeito dos períodos de armazenamento de pupas desse hospedeiro a 10 °C ( $\chi^2 = 32,577$ ;  $P = 0,116$ ) (Figura 2).

A maior progênie de *P. elaeisis* variou de 728 a 1.414 indivíduos por pupa de *B. mori* após o armazenamento por 15 dias a 10 °C ( $R^2 = 0,7232$ ;  $F = 18,0191$ ;  $P < 0,001$ ; e  $gl_{\text{erro}} = 36$ ) (Figura 3).

A razão sexual e a longevidade de fêmeas de *P. elaeisis* por pupa de *B. mori* foram semelhantes nos diferentes períodos de armazenamento das mesmas a 10 °C, com médias de 0,94 a 0,96 ( $F = 2,1335$ ;  $P = 0,1340$ ) (Figura 4) e 15,66 a 18,73 dias ( $F = 0,0155$ ;  $P = 0,9013$ ) (Figura 5), respectivamente.

## Discussão

*Palmistichus elaeisis* desenvolveu-se em pupas de *B. mori* após armazenadas a 10 °C por diferentes períodos de tempo. A curta duração do ciclo de vida de *P. elaeisis*, em pupas de *B. mori* não refrigeradas ou armazenadas por 15 dias a 10 °C, indica que pupas desse hospedeiro são adequadas para o desenvolvimento desse parasitóide. Isso concorda com o fato de pupas manterem condições fisiológicas e, ou, nutricionais adequadas para parasitóides por determinado período, mas isso pode variar com a espécie do hospedeiro e, ou, do parasitóide (Legner, 1979). *Muscidifurax uniraptor* Kogan e Legner, 1970 (Hym: Pteromalidae) apresentou menor capacidade reprodutiva em pupas de *Musca domestica* L., 1758 (Dip: Muscidae), após o armazenamento por um a dois dias, em relação àquelas não- refrigeradas. No entanto, a reprodução desse parasitóide em pupas de *M. domestica* armazenadas por maior período de tempo foi maior ou semelhante à da testemunha (Thomazini e Berti Filho, 1998), como observado para *P. elaeisis* em pupas de *B. mori*.

Pupas de insetos possuem capacidade de resposta imune contra imaturos de parasitóides, mas não conseguem manter esses mecanismos de defesa (taxa de encapsulação e produção de toxinas) ativo por muito tempo devido ao seu alto custo metabólico (Schmidt et al., 2001; Schmid-Hempel, 2005). Além disso, baixas temperaturas podem reduzir, gradativamente, a capacidade de defesa de insetos (Duman e Horwath, 1983). Isso justificaria a melhor adaptação de *P. elaeisis* em pupas de *B. mori* após o armazenamento em baixa temperatura por 15 dias. O mais longo período de desenvolvimento de *P. elaeisis* em pupas de *B. mori* após o armazenamento durante 20 dias pode ser devido à qualidade inadequada para o desenvolvimento dos imaturos desse parasitóide. Isso ocorre pelo fato da refrigeração por longos períodos poder injuriar as células das pupas, o que compromete sua seqüência de reações metabólicas e, consequentemente, sua qualidade nutricional (Milward-de-Azevedo et al., 2004).

Os altos índices de parasitismo e de emergência de *P. elaeisis* em pupas de *B. mori*, após o armazenamento a 10 °C, em todos os períodos indicam que a conservação de hospedeiros em baixas temperaturas represente uma estratégia que disponibiliza o hospedeiro para programas de produção de parasitóides (Roth

et al., 1991; Petersen, 1986; Thomazini e Berti Filho, 1998; Leopold et al., 1998; Floate, 2002; Pratisoli et al., 2003; Milward-de-Azevedo et al., 2004).

*Palmistichus elaeisis* produziu progênie em pupas de *B. mori* após o armazenamento a 10 °C em todos os tempos avaliados. No entanto, houve tendência de decréscimo da capacidade reprodutiva desse parasitóide em pupas armazenadas por cinco e dez dias em relação àquelas armazenadas por 15 dias a 10 °C. Durante a fase de pupa, há períodos em que as pupas podem estar mais adequadas, nutricionalmente, e, ou, apresentar menor capacidade de defesa imune contra imaturos de parasitóides (Vinson e Iwantsch, 1980; Beckage, 1985). Por outro lado, a menor progênie de *P. elaeisis* em pupas de *B. mori* após 20 dias de armazenamento pode estar relacionada às mudanças morfológicas e fisiológicas delas, mesmo com metabolismo reduzido (Chapman, 1998). O impacto dessas mudanças morfológicas e fisiológicas na progênie de parasitóides não é conhecido, mas é possível que possam determinar o grau de suscetibilidade a esses inimigos naturais (Pfannenstiel et al., 1996).

A razão sexual de *P. elaeisis* foi alta, o que é importante em sistemas de criação massal, experimentos de laboratório e seleção de indivíduos para liberação no campo. Dessa forma, a predominância de fêmeas em relação a machos pode aumentar o número de indivíduos produzidos na geração seguinte (Uçkan e Gulel, 2002; Amalin et al., 2005).

A longevidade semelhante de fêmeas de *P. elaeisis* em pupas de *B. mori*, armazenadas ou não, é importante, pois em criações massais de parasitóides a capacidade de sobrevivência é um dos requisitos para o controle de qualidade (Van Lenteren, 2000).

Pupas de *B. mori* podem ser armazenadas em câmara climatizada (10 °C) por até 15 dias, para posterior uso quando há necessidade de aumentar rapidamente a produção de *P. elaeisis*. De maneira geral, as características biológicas desse parasitóide (duração do ciclo de vida, porcentagem de parasitismo e emergência, razão sexual e longevidade) não foram afetadas pela preservação da pupa de *B. mori* em baixa temperatura.

## Conclusão

Pupas de *B. mori* podem ser armazenadas a 10 °C por 5, 10 ou 15 dias, sendo este último período o mais indicado para a produção de *P. elaeisis* em larga escala.

## 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 apoio financeiro; e ao Dr. Christer Hansson, do Department of Zoology, da Lund University, Sweden, e ao Dr. Marcelo Teixeira Tavares, do Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Espírito Santo, pela identificação do parasitóide.

## Referências

ABBOTT, W.S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, v. 18, p. 265-267, 1925.

AMALIN, D.M. PENA, J.E.; DUNCAN, R.E. Effects of host age, female parasitoid age, and host plant on parasitism of *Ceratogramma etiennei* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Florida Entomologist**, v. 88, p. 77-82, 2005.

BECKAGE, N.E. Endocrine interactions between endoparasitic insects and their hosts. **Annual Review of Entomology**, v. 30, p. 371-413, 1985.

BITTENCOURT, M.A.L.; BERTI FILHO, E. Preferência de *Palmistichus elaeisis* por pupas de diferentes lepidópteros pragas. **Scientia Agricola**, v. 56, p. 1281-1283, 1999.

BRAGANÇA, M.A.L.; De SOUZA, O.; ZANUNCIO, J.C. Environmental heterogeneity as a strategy for pest management in *Eucalyptus* plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 102, p. 9-12, 1998a.

BRAGANÇA, M.A.L.; ZANUNCIO, J.C.; PICANÇO, M.; LARANJEIRO, A.J. Effects of environmental heterogeneity on Lepidoptera and Hymenoptera populations in *Eucalyptus* plantations in Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 103, p. 287-292, 1998b.

CHAPMAN, R.F. **The Insects:** structure and function. 4. ed. Cambridge: University of the Cambridge Press, 1998. 770 p.

DALL'OGGIO, O.T.; ZANUNCIO, J.C.; FREITAS, F.A.; PINTO, R. Himenópteros parasitóides coletados em povoamentos de *Eucalyptus grandis* e mata nativa em Ipaba, estado de Minas Gerais. **Ciência Florestal**, v. 13, p. 123-129, 2003.

DELVARE, G.; LASALLE, J. A new genus of Tetrastichinae (Hymenoptera: Eulophidae) from the Neotropical region, with the description of a new species parasitic on key pests of oil palm. **Journal of Natural History**, v. 27, p. 435-444, 1993.

DUMAN, J.; HORWATH, K. The role of hemolymph proteins in the cold tolerance of insects. **Annual Review of Entomology**, v. 45, p. 261-270, 1983.

FLOATE, K.D. Production of filth fly parasitoids (Hymenoptera: Pteromalidae) on fresh and on freeze-killed and stored house fly pupae. **Biocontrol Science and Technology**, v. 12, p. 595-603, 2002.

GREISS, H.; PETKOV, N.; BOITCHEV, K.; PETKOV, Z. Study on improved technology for silkworm *Bombyx mori* L. rearing in Egypt. II. Commercial egg production. **Bulgarian Journal of Agriculture Science**, v. 9, p. 109-112, 2003.

IHAKA, R.; GENTLEMAN, R. R: a language for data analysis and graphics. **Journal of Computational Statistic**, v. 5, p. 299-314, 1996.

ITO, T. Physiology, In: TAZIMA, Y. (Ed.). **The Silkworm: An important laboratory tool**. Tokyo: Kodansha Ltda, 1978. p. 40-47.

LEGNER, E.F. Reproduction of *Spalangia endius*, *Muscidifurax raptor* and *M. zaraptor* on fresh vs. refrigerated fly hosts. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 72, p. 155-157, 1979.

LEOPOLD, R.A.; ROJAS, R.R.; ATKINSON, P.W. Post pupariation cold storage of three species of flies: increasing chilling tolerance by acclimation and recurrent recovery periods. **Cryobiology**, v. 36, p. 213-224, 1998.

MILWARD-de-AZEVEDO, E.M.V.; SERAFIN, I.; PIRANDA, E.M.; GULIAS-GOMES, C.C. Desempenho reprodutivo de *Nasonia vitripennis* Walker (Hymenoptera: Pteromalidae) em pupas crioconservadas de *Chrysomia megacephala* Fabricius (Diptera: Calliphoridae): avaliação preliminar. **Ciência Rural**, v. 34, p. 207-211, 2004.

PEREIRA, F.F.; ZANUNCIO, T.V.; ZANUNCIO, J.C.; PRATISSOLI, D.; TAVARES, M.T. Species of Lepidoptera defoliators of eucalypt as new hosts for the polyphagous parasitoid *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**. 2006. (Submetido).

PETERSEN, J.J. Augmentation of early season releases of filth fly (Diptera: Muscidae) parasites (Hymenoptera: Pteromalidae) with freeze-killed hosts. **Environmental Entomology**, v. 15, p. 590-593, 1986.

PRATISSOLI, D.; VIANNA, U.R.; OLIVEIRA, H.N.; PEREIRA, F.F. Efeito do armazenamento de ovos de *Anagasta kuehniella* (Lep.: Pyralidae) nas

características biológicas de três espécies de *Trichogramma* (Hym.: Trichogrammatidae). **Ceres**, v. 50, p. 95-105, 2003.

PFANNENSTIEL, R.S.; BROWNING, H.W.; SMITH JR, J.W. Suitability of Mexican rice borer (Lepidoptera: Pyralidae) as a host for *Pediobius furvus* (Hymenoptera: Eulophidae). **Environmental Entomology**, v. 25, p. 672-676, 1996.

ROTH, J.P.; FINCHER, G.T.; SUMMERLIN, J.W. Suitability of irradiated or freeze-killed horn fly (Diptera: Muscidae) pupae as hosts for hymenopteran parasitoids. **Journal of Economic Entomology**, v. 84, p. 94-98, 1991.

SCHMID-HEMPEL, P. Evolutionary ecology of insect immune defenses. **Annual Review of Entomology**, v. 50, p. 529-551, 2005.

SCHMIDT, O.; THEOPOLD, V.; STRAND, M.R. Innate immunity and its evasion and suppression by Hymenoptera endoparasitoid. **BioEssays**, v. 234, p. 344-351, 2001.

THOMAZINI, M.J.; BERTI-FILHO, E. Capacidade reprodutiva de *Muscidifurax uniraptor* Kogan & Legner (Hymenoptera: Pteromalidae) em pupas refrigeradas de *Musca domestica* (Diptera: Muscidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 65, p. 17-20, 1998.

UÇKAN, F.; GULEL, A. Age-related fecundity and sex ratio variation in *Apanteles galleriae* (Braconidae) and host effect on fecundity and sex ratio of its hyperparasitoid *Dibrachys boarmiae* (Hym., Pteromalidae). **Journal of Applied Entomology**, v. 126, p. 534-537, 2002.

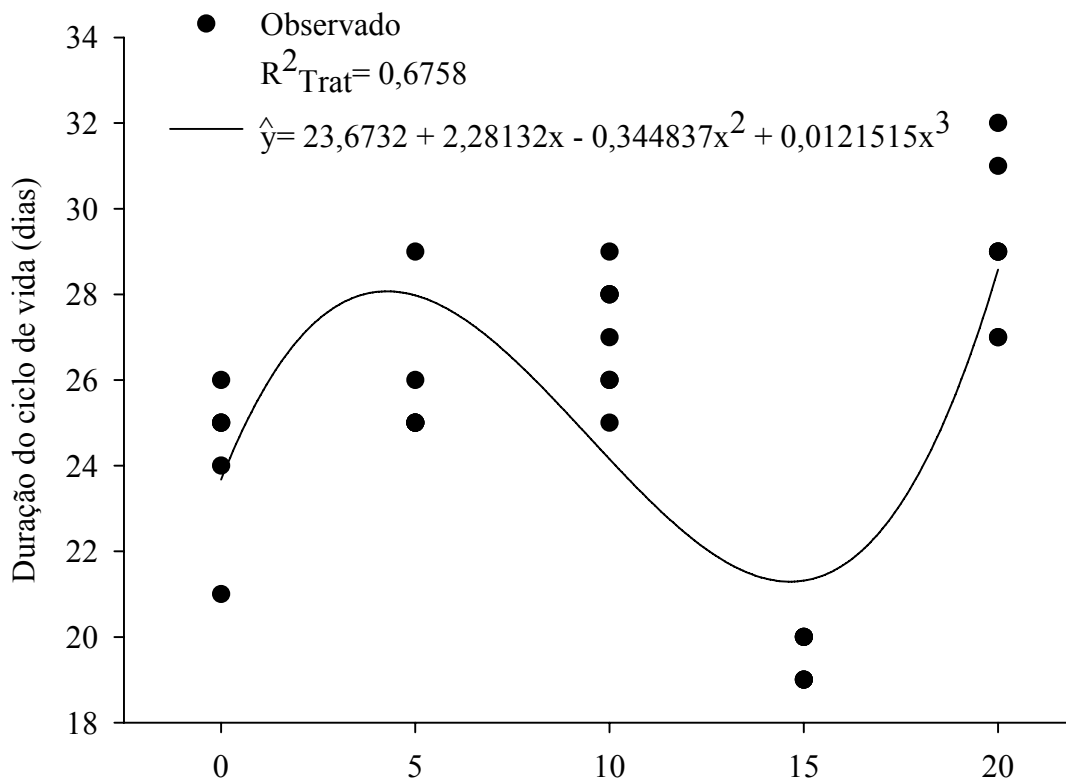
VAN LENTEREM, J.C. Controle de qualidade de agentes de controle biológico produzidos massalmente: conhecimento, desenvolvimento e diretrizes, In:

BUENO, V.H.P. (Ed.). **Controle biológico de pragas:** produção massal e controle de qualidade. Lavras: MG: UFLA, 2000. Cap. 2, p. 21-40.

VINSON, S.B.; IWANTSCH. Host suitability for insect parasitoids. **Annual Review of Entomology**, v. 25, p. 397-419, 1980.

WANG-DUN; BAI-YAOYU; ZHANG-CHUANXI. A review on the nutritive value of silk worm pupae and its exploitation. **Entomological Knowledge**, v. 41, p. 418-421, 2004.

ZANUNCIO, J.C.; MEZZOMO, J.A.; GUEDES, R.C.N.; OLIVEIRA, A.C. Influence of strips of native vegetation on Lepidoptera associated with *Eucalyptus cloeziana* in Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 108, p. 85-90, 1998.



Armazenamento de pupas de *Bombyx mori* a 10 °C (dias)

Figura 1 – Duração do ciclo de vida (ovo-adulto) de *Palmistichus elaeisis* (Hym.: Eulophidae) em pupas de *Bombyx mori* (Lep.: Bombycidae) após armazenamento por 0, 5, 10, 15 ou 20 dias a 10 °C, 70 ± 10% de umidade relativa e fotofase de 12 horas.

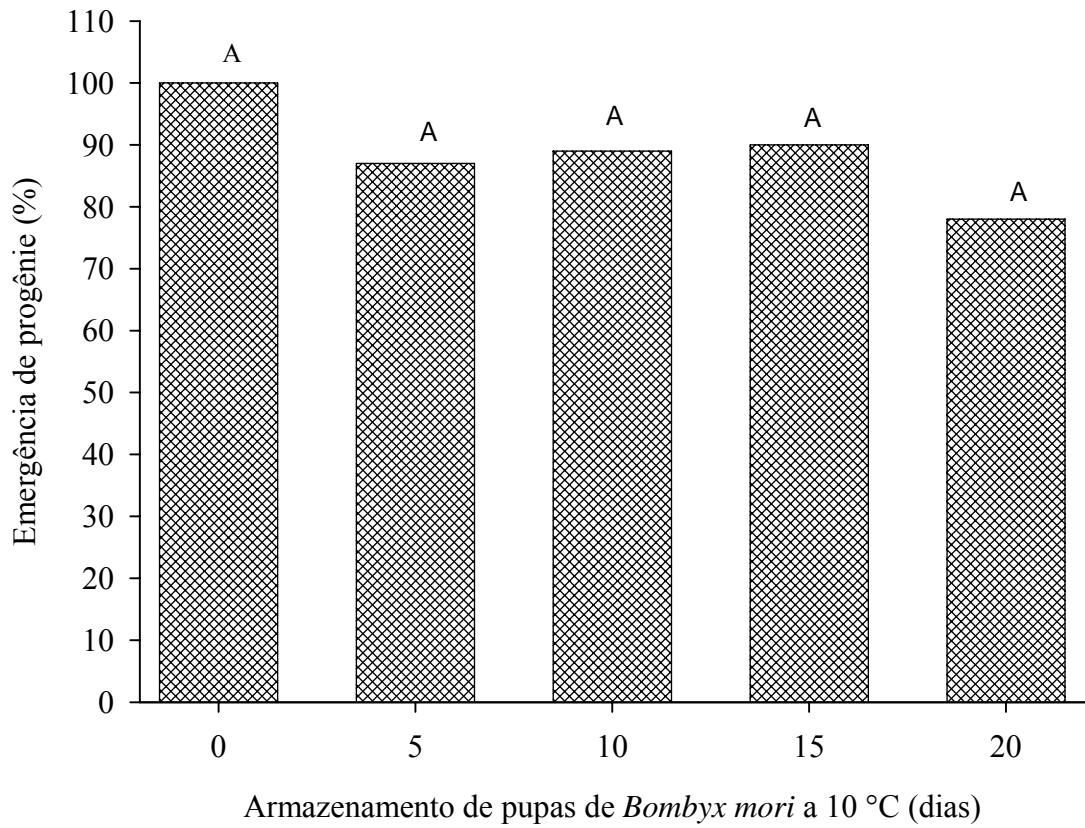


Figura 2 – Porcentagem de pupas de *Bombyx mori* (Lep.: Bombycidae) com emergência de *Palmistichus elaeisis* (Hym.: Eulophidae) após o armazenamento por 0, 5, 10, 15 ou 20 dias a 10 °C, 70 ± 10% de umidade relativa e fotofase de 12 horas ( $\chi^2 = 32,577$ ; P= 0,116).

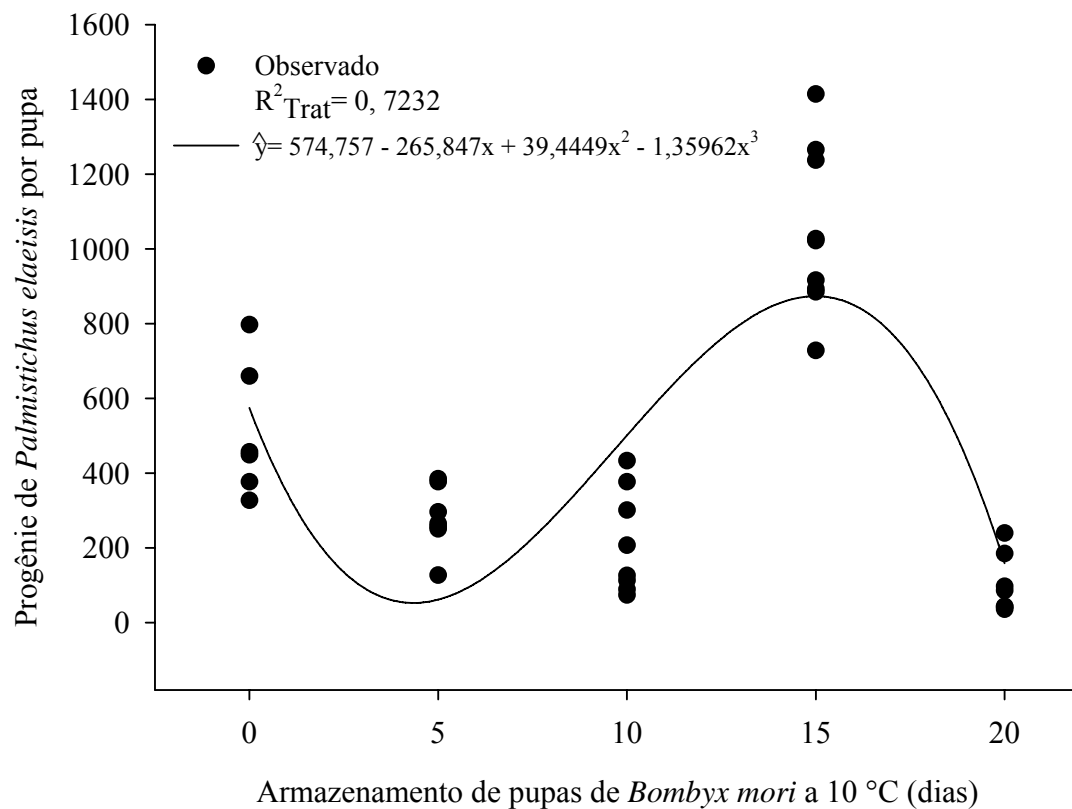


Figura 3 – Progenie de *Palmistichus elaeisis* (Hym.: Eulophidae) por pupa de *Bombyx mori* (Lep.: Bombycidae) armazenadas por 0, 5, 10, 15 ou 20 dias a 10 °C, 70 ± 10% de umidade relativa e fotofase de 12 horas.

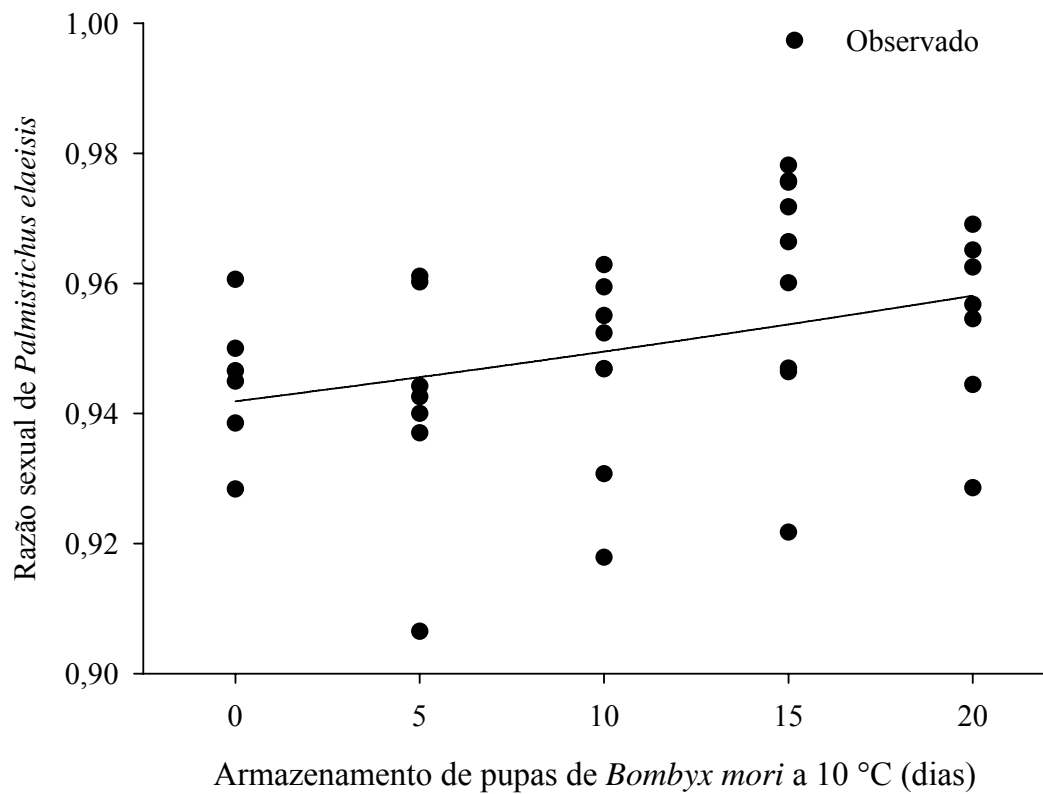


Figura 4 – Razão sexual de *Palmistichus elaeisis* (Hym.: Eulophidae) emergidos de pupas de *Bombyx mori* (Lep.: Bombycidae) armazenadas por 0, 5, 10, 15 ou 20 dias a 10 °C, 70 ± 10% de umidade relativa e fotofase de 12 horas (F= 2,1335; P= 0,1340).

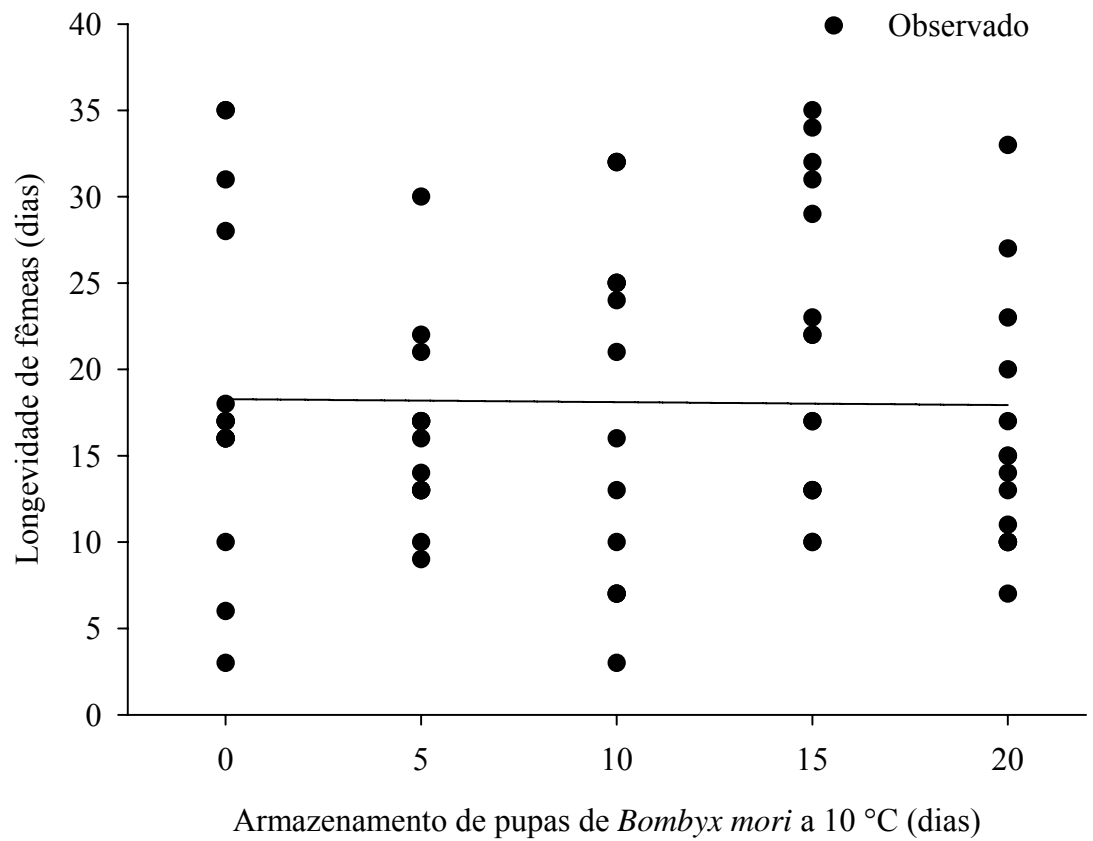


Figura 5 – Longevidade de fêmeas de *Palmistichus elaeisis* (Hym.: Eulophidae) emergidas de pupas de *Bombyx mori* (Lep.: Bombycidae) armazenadas por 0, 5, 10, 15 ou 20 dias a 10 °C, 70 ± 10% de umidade relativa e fotofase de 12 horas (F= 0,0155; P= 0,9013).

## CAPÍTULO V



**Produção de *Palmistichus elaeisis* (Hym: Eulophidae) em hospedeiros natural e alternativo**

## **Produção de *Palmistichus elaeisis* (Hym: Eulophidae) em hospedeiros natural e alternativo**

Resumo – A utilização de parasitóides em programas de controle biológico de insetos depende da escolha do hospedeiro alternativo mais adequado para sua criação massal. Os objetivos deste estudo foram selecionar o hospedeiro alternativo para a criação e avaliar o desempenho reprodutivo de *Palmistichus elaeisis* Delvare e LaSalle, 1993 (Hym.: Eulophidae) sobre o hospedeiro natural *Thyriniteina arnobia* (Stoll, 1782) (Lep.: Geometridae). Pupas de *Anticarsia gemmatalis* Hubner, 1818 (Lep.: Noctuidae), de *Bombyx mori* L., 1758 (Lep.: Bombycidae) e de *T. arnobia* foram expostas ao parasitismo por fêmeas de *P. elaeisis*. A duração do ciclo de vida de *P. elaeisis* foi de  $21,60 \pm 0,16$  e  $24,15 \pm 0,65$  dias em pupas de *A. gemmatalis* e *B. mori*, respectivamente, com 100% de parasitismo das pupas e 71,42 e 100% de emergência desse parasitóide do primeiro e segundo hospedeiros, respectivamente. A progênie de *P. elaeisis* foi de  $511,00 \pm 49,70$  e  $110,20 \pm 19,37$  por pupa de *B. mori* e *A. gemmatalis*, respectivamente. A longevidade de fêmeas e machos de *P. elaeisis* emergidos de pupas de *B. mori* e de *A. gemmatalis* foi de  $17,55 \pm 1,84$  e de  $14,63 \pm 0,78$  e de  $16,40 \pm 2,26$  e  $13,70 \pm 1,50$  dias, respectivamente. A razão sexual foi maior em pupas de *A. gemmatalis* com  $0,96 \pm 0,01$ . O desempenho reprodutivo de *P. elaeisis* em pupas de *T. arnobia* (parasitismo, emergência, progênie, longevidade e razão sexual) foi semelhante, após esse parasitóide ter sido criado por seis gerações em pupas de *A. gemmatalis* ou *B. mori*. Portanto, esses hospedeiros podem ser utilizados para criação de *P. elaeisis*, mas pupas de *B. mori* são mais adequadas por apresentar maior produção de parasitóides e com maior tamanho.

Termos para indexação: *Palmistichus elaeisis*, *Bombyx mori*, *Thyriniteina arnobia*.

## **Production of *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) on natural and alternative hosts**

Abstract – The objective of this study was to select alternative hosts to mass rear *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle, 1993 (Hym.: Eulophidae) and to evaluate the reproductive performance of this parasitoid on the natural host *Thyrinteina arnobia* (Stoll, 1782). Pupae of *Anticarsia gemmatalis* Hubner, 1818 (Lep.: Noctuidae) and *Bombyx mori* L., 1758 (Lep.: Bombycidae) were exposed to the parasitism by females of *P. elaeisis*. The duration of the life cycle of *P. elaeisis* was  $21.60 \pm 0.16$  and  $24.15 \pm 0.65$  days on *A. gemmatalis* and *B. mori* pupae, respectively with 100.00% parasitism of these pupae and 71.42 and 100.00% emergency of this parasitoid from the first and second hosts, respectively. The progeny of *P. elaeisis* was  $511.00 \pm 49.70$  and  $110.20 \pm 19.37$  per pupa of *B. mori* and *A. gemmatalis*, respectively. The highest progeny was obtained from pupae of *A. gemmatalis* with  $17.68 \pm 3.15$  descendants per *P. elaeisis* female. The longevity of males and females of *P. elaeisis* emerged per pupa of *B. mori* and *A. gemmatalis* was  $17.55 \pm 1.84$  and  $14.63 \pm 0.78$  and  $16.40 \pm 2.26$  and  $13.70 \pm 1.50$  days, respectively. The sex rate of *P. elaeisis* was higher in pupae of *A. gemmatalis* with values of  $0.96 \pm 0.01$ . The reproductive performance of *P. elaeisis* on pupae of *T. arnobia* (parasitism, emergency, progeny per pupa, size of the body and width of the head capsule of males and females, longevity of males and females and sex rate) was not reduced after this parasitoid was reared during six generations on pupae of *A. gemmatalis* or *B. mori*. Pupae of these hosts can be used to mass rear *P. elaeisis* but those of *B. mori* are more adequate due to the larger number and better quality of parasitoids produced.

Index terms: *Palmistichus elaeisis*, *Bombyx mori*, *Thyrinteina arnobia*.

## Introdução

A maioria dos parasitóides pertence às ordens Hymenoptera e Diptera com aproximadamente 50.000 espécies descritas de himenópteros parasitóides (Van Driesche e Bellows, 1996). Espécies de Ichneumonidae, Braconidae, Scelionidae e Eulophidae parasitam ovos, larvas, pupas ou adultos, principalmente de Coleoptera, Lepidoptera, Diptera e Hemiptera em florestas (Berti Filho, 1985), sendo os inimigos naturais mais abundantes em povoamentos de eucalipto (Dall'Oglio et al., 2003).

Eulophidae apresenta 283 gêneros e 3.977 espécies, em regiões tropicais e temperadas, como endo ou ectoparasitóides; idiobiontes ou coinobiontes; solitários ou gregários; primários ou hiperparasitóides; especialistas ou generalistas; e muitas dessas espécies têm sido estudadas e utilizadas com sucesso em programas de controle biológico (Noyes, 1998; Gauthier et al., 2000; Hansson, 2004).

Tetrastichinae é a maior subfamília de Eulophidae e seus hospedeiros pertencem a 100 famílias de insetos de diferentes ordens (LaSalle, 1993; LaSalle e Schauff, 1995). *Palmistichus elaeisis* (Delvare e LaSalle, 1993) (Hym.: Eulophidae) foi relatado em pupas de *Eupseudosoma involuta* (Sepp, 1852) (Lep.: Arctiidae) e *Euselasia eucerus* Hewitson, 1872 (Lep.: Riodinidae) (Delvare e LaSalle, 1993), *Sabulodes* sp. (Lep.: Geometridae) (Bittencourt e Berti Filho, 1999) e *Thyrinteina arnobia* (Stoll, 1782) e *Thyrinteina leucoceraea* Rindge, 1961 (Lep.: Geometridae). O hábito polífago de *P. elaeisis* caracteriza esse inimigo natural como um agente promissor para o controle biológico, principalmente de espécies do gênero *Thyrinteina*, as quais têm apresentado surtos freqüentes e danos em plantios de eucalipto (Zanuncio et al., 1997).

A utilização de parasitóides em programas de controle biológico de insetos depende da escolha do hospedeiro alternativo mais adequado para sua criação massal (Bittencourt e Berti Filho, 1999; Paron e Berti Filho, 2000; Magro e Parra, 2001; Ramalho e Dias, 2003). Esses inimigos naturais devem ser criados em hospedeiros alternativos com baixo custo de produção, sem redução da eficiência dos mesmos sobre o hospedeiro natural em campo.

O bicho-da-seda *Bombyx mori* L., 1758 (Lep.: Bombycidae) pode ser criado com baixo custo e sua pupa apresenta alto valor protéico (Greiss et al., 2003; Wang-Duu et al., 2004). A lagarta da soja *Anticarsia gemmatalis* Hubner, 1818 (Lep.: Noctuidae) tem ciclo curto de vida, pode ser multiplicada em dieta artificial (Greene et al., 1976) e sua pupa possibilita o desenvolvimento de *P. elaeisis* em laboratório (Bittencourt e Berti Filho, 1999; Bittencourt e Berti Filho, 2004). Portanto, *B. mori* e *A. gemmatalis* podem ser hospedeiros alternativos para endoparasitóides pupais e, por isso o objetivo desse trabalho foi selecionar o hospedeiro mais adequado para criação massal de *P. elaeisis*, além de avaliar o desempenho reprodutivo dos descendentes desse parasitóide, provenientes dos hospedeiros alternativos, no hospedeiro natural *T. arnobia*.

### Material e Métodos

O experimento foi realizado no Laboratório de Controle Biológico do Departamento de Biologia Animal da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

**Criação de *Dirphia moderata*.** O parasitóide *P. elaeisis* foi criado por uma geração no hospedeiro *Dirphia moderata* Bouvier, 1929 (Lep: Saturniidae) para evitar o condicionamento, antes da obtenção de seus aspectos biológicos em pupas de *B. mori* ou *A. gemmatalis*. Iniciou-se a criação de *D. moderata* com posturas acondicionadas em placas de Petri, de plástico, de 10 cm de diâmetro por 1,2 cm de altura, contendo, em seu interior, um chumaço de algodão embebido em água destilada e mantida à temperatura de  $25 \pm 2$  ° C,  $70 \pm 10\%$  UR e fotofase de 12 horas. Após o período de incubação, as lagartas dessa espécie foram colocadas em grupos de cinco, em potes plásticos de 10 cm de diâmetro por 10 cm de altura (500 mL) com a tampa telada no centro. No interior de cada pote foi posto um tubo de vidro, tipo anestésico, com água e folhas de *E. cloeziana*, com os pecíolos envoltos por algodão, trocadas diariamente. No quarto estágio, em razão do tamanho das lagartas, estas foram transferidas para gaiolas teladas de 30 x 30 x 30 cm, com fundo de madeira e tampas de vidro. Pupas obtidas foram colocadas em potes plásticos (500 mL), com terra umedecida. Ao emergirem, casais desse lepidóptero foram colocados em gaiolas

semelhantes com galhos de *E. cloesiana* e um chumaço de algodão para obtenção de ovos, larvas, pupas e adultos desses insetos.

**Criação de *Bombyx mori*.** Lagartas de primeiro estágio de *B. mori* foram fornecidas pelo Setor de Sericicultura do Departamento de Biologia Animal da UFV, onde são criadas em bandejas plásticas (39,3 x 59,5 x 7,0 cm) com folhas de amoreira fornecidas diariamente. Os casulos de *B. mori* foram transferidos para bandejas plásticas (28,3 x 36,0 x 7,0 cm) mantidas a  $25 \pm 2$  °C,  $70 \pm 10\%$  de umidade relativa (UR) e fotofase de 12 horas.

**Criação de *Anticarsia gemmatalis*.** A criação desse hospedeiro foi iniciada com ovos da criação-estoque, mantida em dieta artificial, no Laboratório de Controle Biológico de Insetos do Departamento de Biologia Animal da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Esses ovos foram mantidos em papel-filtro umedecido, no interior de placas de Petri (10,0 x 2,5 cm). Lagartas recém-eclodidas de *A. gemmatalis* foram transferidas com pincel fino para recipientes plásticos e receberam, diariamente, dieta artificial (Greene et al., 1976) a  $25 \pm 1$ °C,  $70 \pm 10\%$  de umidade relativa (UR) e fotofase de 12 horas, até a pupação. Pupas de *A. gemmatalis* foram colocadas em gaiolas teladas (20 x 20 x 20 cm), revestidas internamente em suas laterais com papel-sulfite, como local para oviposição. Os adultos foram alimentados com solução aquosa de mel a 10%, em recipientes plásticos (3,0 x 4,0 cm) e fornecida aos insetos, por capilaridade, através de um pavio de algodão inserido nos recipientes.

**Criação de *Thyriniteina arnobia*.** Ovos de *T. arnobia* foram obtidos da criação-estoque do Laboratório de Biologia de Insetos do Departamento de Produção Vegetal da FCA/UNESP – Campus de Botucatu, Estado de São Paulo, Brasil. Lagartas desse lepidóptero foram colocadas, logo após a eclosão, em tubos de vidro (8,5 x 2,4 cm) tampados com algodão e contendo dieta artificial (Wilcken, 1996) no seu interior para alimentação desses insetos. Pupas de *T. arnobia* foram sexadas, separadas em casais e acondicionadas em potes plásticos (500 mL) com tampa plástica com um furo no centro, o qual foi vedado com uma tela de malha fina, tipo “organza”. Tiras de papel, presas à tampa, foram colocadas nesses potes para oviposição, os quais foram mantidos a  $25 \pm 2$  °C,  $70 \pm 10\%$  de umidade relativa (UR) e fotofase de 12 horas.

### **Seleção do hospedeiro alternativo para criação de *Palmistichus elaeisis*.**

Adultos de *P. elaeisis* foram mantidos em tubos de vidro (14 x 2,2 cm) tampados com algodão e contendo gotas de mel no seu interior para alimentação desses insetos. Pupas de *D. moderata*, com 48 a 72 horas de idade, foram expostas ao parasitismo de *P. elaeisis* por 24 horas. Após 23 dias, verificou-se a emergência de adultos desse parasitóide e, em seguida, dois grupos desses foram multiplicados, separadamente, por três gerações nos hospedeiros alternativos *A. gemmatalis* e *B. mori*, para garantir que o hospedeiro anterior não afetasse suas características biológicas. Quinze pupas de *A. gemmatalis* ( $0,24 \pm 0,004$  g) e de *B. mori* ( $1,2 \pm 0,05$  g), com 24 e 72 horas, foram individualizadas em tubos de vidro (14 x 2,2 cm) e expostas ao parasitismo por seis e 45 fêmeas de *P. elaeisis*, respectivamente, por 24 horas a  $25 \pm 1$  °C,  $70 \pm 10\%$  de umidade relativa e fotofase de 12 horas. Ao final desse período, as fêmeas de *P. elaeisis* foram retiradas dos tubos.

O desempenho reprodutivo de *P. elaeisis* sobre o hospedeiro natural *T. arnobia* foi, também, avaliado, sendo esse parasitóide criado, anteriormente, por seis gerações em pupas de *A. gemmatalis* ou *B. mori*. Vinte e oito pupas de *T. arnobia* com 48 horas de idade foram sexadas, pesadas [(7 ♀) ( $0,60 \pm 0,04$  g e (7 ♂)  $0,13 \pm 0,01$  g; (7 ♀)  $0,69 \pm 0,07$  g e (7 ♂)  $0,24 \pm 0,02$  g)] e individualizadas em tubos de vidro e expostas por 72 horas ao parasitismo de fêmeas de *P. elaeisis* criadas, anteriormente, com *A. gemmatalis* ou *B. mori*. Seis e 15 fêmeas de *P. elaeisis* foram utilizadas por pupa macho e fêmea de *T. arnobia*, respectivamente, densidade determinada por teste preliminar.

A duração do ciclo de vida (ovo-adulto), a porcentagem de parasitismo [descontando-se a mortalidade natural do hospedeiro (Abbott, 1925)], a porcentagem de emergência da progênie; o número de parasitóides emergidos por pupa de cada hospedeiro, a longevidade dos descendentes e a razão sexual (calculada pela equação  $rs = n^{\circ}$  de fêmeas/ $n^{\circ}$  de adultos) foram avaliados nas duas etapas. O sexo foi determinado pelas características morfológicas da antena e abdome dos parasitóides (Delvare e LaSalle, 1993).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com dois tratamentos representados por *P. elaeisis* após ser criado em cada hospedeiro

alternativo (*A. gemmatalis* ou *B. mori*), com 15 repetições, sendo cada uma representada por uma pupa hospedeira. Na segunda etapa, utilizou-se o mesmo delineamento, mas cada tratamento teve 14 repetições representadas pelos aspectos biológicos de *P. elaeisis* obtidos em pupas de *T. arnobia* criados, anteriormente, em *A. gemmatalis* ou *B. mori*. Os dados foram submetidos à análise de variância e comparados pelo teste F, com o software SAEG 8.0, exceto os valores da porcentagem de parasitismo e de emergência de *P. elaeisis*, que foram submetidos à análise de modelos lineares generalizados com distribuição binomial ( $P \leq 0,05$ ) pelo R Statistical System (Ihaka e Gentleman, 1996).

### Resultados

A duração do ciclo de vida (ovo-adulto) do parasitóide *P. elaeisis* foi menor em pupas de *A. gemmatalis* ( $21,60 \pm 0,16$  dias) ( $F= 11,369$ ;  $P= 0,00288$ ) (Tabela 1). *P. elaeisis* atingiu 100% de parasitismo das pupas de *B. mori* e *A. gemmatalis*, com emergência desse parasitóide de 100 e 71,42% das pupas dos primeiro e segundo hospedeiro, respectivamente ( $\chi^2= 5,8999$ ;  $P= 0,0151$ ) (Tabela 1).

A progênie de *P. elaeisis* foi maior ( $511,00 \pm 49,70$ ) em pupas de *B. mori* que naquelas de *A. gemmatalis* ( $110,20 \pm 19,37$ ) ( $F= 45,502$ ;  $P < 0,0001$ ). O maior número de fêmeas produzidas por fêmea de *P. elaeisis* ( $17,68 \pm 3,15$ ) foi obtida em pupas de *A. gemmatalis* ( $F= 5,563$ ;  $P= 0,0281$ ) (Tabela 1).

O comprimento do corpo (da cabeça à extremidade abdominal) de fêmeas de *P. elaeisis* emergidas de pupas de *B. mori* foi maior ( $1,85 \pm 0,03$  mm) que de *A. gemmatalis* ( $1,65 \pm 0,04$  mm) ( $F= 15,445$ ;  $P= 0,0005$ ), porém foi semelhante para machos ( $1,38 \pm 0,03$  e  $1,32 \pm 0,03$  mm) ( $F= 2,135$ ;  $P= 0,1550$ ). A largura da cápsula cefálica de fêmeas e de machos de *P. elaeisis* emergidos de pupas de *B. mori* e de *A. gemmatalis* foi, também, diferente ( $0,52 \pm 0,01$  e  $0,46 \pm 0,01$  mm) ( $F= 35,196$ ;  $P < 0,0001$ ) e semelhante ( $0,41 \pm 0,01$  e  $0,39 \pm 0,01$  mm) ( $F= 3,903$ ;  $P= 0,06$ ), respectivamente (Tabela 1).

A longevidade de fêmeas e de machos de *P. elaeisis* emergidos de pupas de *B. mori* e de *A. gemmatalis* foi semelhante ( $17,55 \pm 1,84$  e  $14,63 \pm 0,78$  dias) ( $F= 2,147$ ;  $P= 0,1469$ ) ( $16,40 \pm 2,26$  e  $13,70 \pm 1,50$ ) ( $F= 0,891$ ;  $P < 0,0001$ ),

respectivamente. No entanto, a razão sexual de *P. elaeisis* foi maior em pupas de *A. gemmatalis* com  $0,96 \pm 0,01$  ( $F= 12,079$ ;  $P= 0,0022$ ) (Tabela 1).

A duração do ciclo de vida (ovo-adulto) ( $20,64 \pm 0,28$  e  $21,00 \pm 0,30$  dias) ( $F= 2,402$ ;  $P= 0,1368$ ), parasitismo (84,61 e 92,30%) ( $\chi^2= 2,9392$ ;  $P= 0,0865$ ), emergência (100 e 91,66 %) ( $\chi^2= 1,3426$ ;  $P= 0,2466$ ), progênie por pupa ( $319,45 \pm 74,87$  e  $493,27 \pm 104$ ) ( $F = 1,842$ ;  $P= 0,1897$ ), numero de fêmeas produzidas por fêmea ( $24,64 \pm 3,50$  e  $39,31 \pm 4,62$ ) ( $F= 6,094$ ;  $P= 0,0227$ ), comprimento do corpo da fêmea ( $1,95 \pm 0,03$  e  $1,88 \pm 0,03$  mm) ( $F= 2,267$ ;  $P= 0,1442$ ) e do macho ( $1,38 \pm 0,02$  e  $1,34 \pm 0,02$  mm) ( $F= 1,499$ ;  $P= 0,2317$ ), largura da cápsula cefálica de fêmeas ( $0,59 \pm 0,02$  e  $0,55 \pm 0,01$  mm) ( $F= 3,099$ ;  $P= 0,0901$ ) e de machos ( $0,42 \pm 0,00$  e  $0,41 \pm 0,00$  mm) ( $F= 2,278$ ;  $P= 0,1432$ ), a longevidade de fêmeas ( $23,75 \pm 2,12$  e  $23,15 \pm 2,32$ ) ( $F= 0,037$ ;  $P> 0,05$ ) e de machos ( $24,80 \pm 4,10$  e  $24,30 \pm 4,17$ ) ( $F= 0,007$ ;  $P> 0,05$ ) e a razão sexual ( $0,95 \pm 0,01$  e  $0,96 \pm 0,01$ ) ( $F= 2,442$ ;  $P= 0,1337$ ) de *P. elaeisis* em pupas de *T. arnobia* foi semelhante após esse parasitóide ter sido criado em pupas de *A. gemmatalis* e *B. mori* (Tabela 2). A maior progênie por fêmea de *P. elaeisis* foi obtida de pupas de *T. arnobia* ( $39,31 \pm 4,67$ ) ( $F= 5,009$ ;  $P= 0,0367$ ) após esse parasitóide ter sido criado em pupas de *A. gemmatalis* (Tabela 2).

## Discussão

*Palmistichus elaeisis* desenvolveu-se em pupas de *B. mori* e *A. gemmatalis*, tendo apresentado menor duração da fase jovem em pupas do segundo hospedeiro, o que pode ser devido ao menor tamanho dessas pupas em relação às de *B. mori*. Fêmeas parasitóides podem determinar o tamanho de sua população de acordo com o tamanho do hospedeiro (Zaviezo e Mills, 2000). Por isso, fêmeas de *P. elaeisis* podem ter ovipositado menor quantidade de ovos em pupas de *A. gemmatalis* para evitar competição de seus imaturos e, por isso, esse parasitóide completou seu ciclo de vida em menor tempo.

*Palmistichus elaeisis* teve 100% de emergência das pupas de *B. mori*, fato que permite afirmar que essas pupas são mais adequadas para esse parasitóide. No entanto, a qualidade do hospedeiro pode variar com a espécie e ser

relacionado às melhores condições fisiológicas e, ou, nutricionais da pupa para o parasitóide (Vinson e Iwantsch, 1980).

*Palmistichus elaeisis* produziu maior número de descendentes por pupa de *B. mori*, o que pode ser devido ao maior tamanho desse hospedeiro. No entanto, a maior progênie por fêmea desse parasitóide com pupas de *A. gemmatalis* pode ser resultado do menor número de fêmeas utilizadas por pupa desse hospedeiro. Por isso, devem-se utilizar seis e 45 fêmeas desse parasitóide por pupa de *A. gemmatalis* e *B. mori*, respectivamente, para se obter níveis de emergência de *P. elaeisis* de mais 70% de pupas desses hospedeiros.

Adultos de *P. elaeisis* emergidos de pupas de *B. mori* foram maiores, o que comprova a melhor condição nutricional desse hospedeiro para esse parasitóide. Isso é importante, pois o tamanho do corpo tem correlação positiva com indicadores de qualidade que podem indicar a eficiência de parasitóides como preferência para cópula, fecundidade, longevidade reprodutiva, emergência da progênie e razão sexual. A fecundidade de *Anagyrus kamali* Moursi, 1948 (Hym.: Encyrtidae) foi correlacionada, positivamente, com o tamanho de suas fêmeas e variou de  $37 \pm 21$  ovos para fêmeas pequenas e  $96 \pm 43$  para as grandes. Isso indica ser necessário utilizar indivíduos maiores para reprodução, com o objetivo de se manter a qualidade da criação massal de parasitóides (Sagarra et al., 2001).

A menor qualidade nutricional de pupas de *A. gemmatalis* não afetou a longevidade de fêmeas e machos de *P. elaeisis*. Isso é importante, pois a manutenção da longevidade é um dos requisitos para testes de controle de qualidade em criação massal de parasitóides (Van Lenteren, 2000).

A razão sexual de *P. elaeisis* foi semelhante e alta em pupas de *B. mori* e *A. gemmatalis*, o que facilitaria o aumento da população desse parasitóide para realização de experimentos de laboratório ou liberações em campo. Isso foi, também, relatado para *Melittobia clavicornis* Cameron, 1908 (Hym.: Eulophidae), que apresentou razão sexual de 0,97 parasitando pupas de *Trypoxylon politum* Say, 1837 (Hym.: Sphecidae), *Neobellieria bullata* Parker, 1916 (Dip.: Sarcophagidae) e *Antrax* sp. (Dip.: Bombyliidae) (González et al., 2004).

Pupas de *B. mori* e *A. gemmatalis* são adequadas para a criação massal de *P. elaeisis*, com o primeiro hospedeiro apresentando maior quantidade de parasitóides e com maior tamanho. No entanto, *B. mori* apresenta período de ovo a pupa de 45 dias, enquanto *A. gemmatalis* requer, apenas, 15 dias para completar esse ciclo. Isso demonstra a importância desse último hospedeiro para manutenção da criação de *P. elaeisis*, por disponibilizar pupas com maior periodicidade.

O desenvolvimento e desempenho reprodutivos de *P. elaeisis* (parasitismo, emergência, progênie por pupa, corpo e largura da cápsula cefálica e longevidade da fêmea e do macho e razão sexual) em pupas do hospedeiro natural *T. arnobia* não foi comprometido, após esse parasitóide ter sido criado por seis gerações em pupas de *A. gemmatalis* ou *B. mori*. A maior progênie por fêmea de *P. elaeisis* por pupa de *T. arnobia*, de parasitóides criados anteriormente em pupas de *A. gemmatalis*, pode ser atribuída ao maior tamanho e média de peso de pupas de *T. arnobia* utilizados nesse tratamento. Fêmeas parasitóides podem determinar o tamanho da população a ser produzida de acordo com a qualidade do hospedeiro (Zaviezo e Mills, 2000). Por isso, é possível que fêmeas de *P. elaeisis* tenham ovipositado maior quantidade de ovos em pupas maiores de *T. arnobia*, o que, conseqüentemente, gerou maior progênie desse parasitóide.

### **Conclusões**

Pupas de *B. mori* são mais adequadas para a criação massal de *P. elaeisis*.

A criação desse parasitóide em pupas de *A. gemmatalis* e de *B. mori* não afetou o desempenho reprodutivo de *P. elaeisis* sobre o hospedeiro natural *T. arnobia*.

### **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 apoio financeiro; e ao Dr. Christer Hansson, do Department of Zoology, da Lund University, Sweden, e ao Dr. Marcelo Teixeira Tavares, do

Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Espírito Santo, pela identificação do parasitóide.

### Referências

ABBOTT, W.S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, v.18, p. 265-267, 1925.

AMALIN, D.M. PENA, J.E.; DUNCAN, R.E. Effects of host age, female parasitoid age, and host plant on parasitism of *Ceratogramma etiennei* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Florida Entomologist**, v. 88, p. 77-82, 2005.

BERTI FILHO, E. O parasitismo no controle integrado de pragas florestais. **Silvicultura**, v. 10, p. 7-10, 1985.

BITTENCOURT, M.A.L.; BERTI FILHO, E. Preferência de *Palmistichus elaeisis* por pupas de diferentes lepidópteros pragas. **Scientia Agricola**, v. 56, p. 1281-1283, 1999.

BITTENCOURT, M.A.L.; BERTI FILHO, E. Desenvolvimento dos estágios imaturos de *Palmistichus elaeisis* Delvare e LaSalle (Hymenoptera, Eulophidae) em pupas de Lepidoptera. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 48, p. 65-68, 2004.

DALL'OGGIO, O.T.; ZANUNCIO, J.C.; FREITAS, F.A.; PINTO, R. Himenópteros parasitóides coletados em povoamentos de *Eucalyptus grandis* e mata nativa em Ipaba, estado de Minas Gerais. **Ciência Florestal**, v. 13, p. 123-129, 2003.

DELVARE, G.; LASALLE, J. A new genus of Tetrastichinae (Hymenoptera: Eulophidae) from the Neotropical region, with the description of a new species parasitic on key pests of oil palm. **Journal of Natural History**, v. 27, p. 435-444, 1993.

GAUTHIER, N.; LASSALE, J.; QUICKE, D.L.J.; GODFRAY, H.C.J. Phylogeny of Eulophidae (Hymenoptera: Chalcidoidea), with a reclassification of Eulophinae and the recognition that Elasmidae are derived eulophids. **Systematic Entomology**, v. 25, p. 521-539, 2000.

GONZÁLES, J.M.; ABE, J.; MATTHEWS, R.W. Offspring production and development in the parasitoid wasp *Melittobia clavicornis* (Cameron) (Hymenoptera: Eulophidae) from Japan. **Entomological Science**, v. 7, p. 15-19, 2004.

GREISS, H.; PETKOV, N.; BOITCHEV, K.; PETKOV, Z. Study on improved technology for silkworm *Bombyx mori* L. rearing in Egypt. II. Commercial egg production. **Bulgarian Journal of Agriculture Science**, v. 9, p. 109-112, 2003.

GREENE, G.L.; LEPLA, N.C.; DICKERSON, W.A. Velvetbean caterpillar: a rearing procedure and artificial medium. **Journal of Economic Entomology**, v. 69, p. 487-488, 1976.

HANSSON, C. Eulophidae of Costa Rica, 2. **Memoirs of the American Entomological Institute**, Gainesville, v. 75, 537p. 2004.

IHAKA, R. GENTLEMAN, R. R: a language for data analysis and graphics. **Journal of Computational Statistic**, v. 5, p. 299-314, 1996.

LASSALE, J. North American genera of Tetrastichinae (Hymenoptera: Eulophidae). **Journal of Natural History**, v. 28, p. 109-236, 1993.

LASALLE, J.; SCHAUFF, M.E. The chalcidoid families. Eulophidae. In: HANSON, P.E.; GAULD, I.D. (Ed.). **The Hymenoptera of Costa Rica**. New York: Oxford University Press, 1995. p. 315-329.

MAGRO, R.S.; PARRA, J.R.P. Biologia do ectoparasitóide *Bracon hebetor* Say, 1857 (Hymenoptera: Braconidae) em sete espécies de lepidópteros. **Scientia Agricola**, v. 58, p. 693-698, 2001.

NOYES, J.S. **Catalogue of the Chalcidoidea of the World**. Amsterdam: ETI Eletronic Publication, 1998. (CD-ROM).

PARON, M.R.; BERTI FILHO, E. Capacidade reprodutiva de *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) em pupas de diferentes hospedeiros. **Scientia Agricola**, v. 57, p. 355-358, 2000.

RAMALHO, F.S.; DIAS, J.M. Efeitos dos hospedeiros alternativos na biologia de *Catolaccus grandis* (Burks) (Hymenoptera: Pteromalidae), parasitóide de *Antonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae). **Neotropical Entomology**, v. 32, p. 305-310, 2003.

SAGARRA, L.A.; VICENT, C.; STEWART, R.K. Body size as an indicator of parasitoid quality in male and female *Anagyrus kamali* (Hymenoptera: Encyrtidae). **Bulletin of Entomological Research**, v. 91, p. 363-367, 2001.

UÇKAN, F.; GULEL, A. Age-related fecundity and sex ratio variation in *Apanteles galleriae* (Braconidae) and host effect on fecundity and sex ratio of its hyperparasitoid *Dibrachys boarmiae* (Hym., Pteromalidae). **Journal of Applied Entomology**, v. 126, p. 534-537, 2002.

VAN DRIESCHE, R.G.V.; BELLOWS, T.S. **Biological Control**. New York: Chapman & Hall, 1996. 539 p.

VAN LENTEREM, J.C. Controle de qualidade de agentes de controle biológico produzidos massalmente: conhecimento, desenvolvimento e diretrizes, In: BUENO, V.H.P. (Ed.), **Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade**. Lavras: MG: UFLA, 2000. Cap. 2, p. 21-40.

VINSON, S.B.; IWANTSCH. Host suitability for insect parasitoids. **Annual Review of Entomology**, v. 25, p. 397-419, 1980.

WANG-DUN; BAI-YAOYU; ZHANG-CHUANXI. A review on the nutritive value of silk worm pupae and its exploitation. **Entomological Knowledge**, v. 41, p.418-421, 2004.

WILCKEN, C.F. **Biologia de *Thyrinteina arnobia* (Stoll, 1782) (Lepidoptera: Geometridae) em espécies de *Eucalyptus* e em dieta artificial**. Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 1996. 129f. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

ZANUNCIO, T.V.; ZANUNCIO, J.C.; GONÇALVES, R.C.; OLIVEIRA, A.C. Morfologia e bionomia de *Thyrinteina leucoceraea* Rindge (Lepidoptera, Geometridae) alimentadas com *Eucalyptus urophylla*. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 41, p. 5-8, 1997.

ZAVIEZO, T.; MILLS, N. Factors influencing the evolution of clutch size in a gregarious insect parasitoid. **Journal of Animal Ecology**, v. 69, p. 1047-1057, 2000.

Tabela 1 – Médias ( $\pm$  EP)<sup>1</sup> dos parâmetros reprodutivos de *Palmistichus elaeisis* (Hym.: Eulophidae) criados com pupas de *Bombyx mori* (Lep.: Bombycidae) ou *Anticarsia gemmatalis* (Lep.: Noctuidae) após três gerações em laboratório a  $25 \pm 2$  °C,  $70 \pm 10\%$  de umidade relativa e fotofase de 12 horas

Parâmetros Reprodutivos	<i>P. elaeisis</i> criado em pupas de <i>B. mori</i>			<i>P. elaeisis</i> criado em pupas de <i>A. gemmatalis</i>		
	(Média $\pm$ EP)	(n)		(Média $\pm$ EP)	(n)	
Duração do ciclo de vida (dias)	24,15 $\pm$ 0,65 a	13		21,60 $\pm$ 0,16 b	10	
Parasitismo (%)	100,00 a	13		100,00 a	10	
Emergência (%)	100,00 a	13		71,42 b	10	
Progênie por pupa	511,00 $\pm$ 49,70 a	13		110,20 $\pm$ 19,37 b	10	
Fêmeas produzidas por fêmea	10,64 $\pm$ 1,02 b	13		17,68 $\pm$ 3,15 a	10	
Corpo da fêmea (mm)	1,85 $\pm$ 0,03 a	15		1,65 $\pm$ 0,04 b	15	
Corpo do macho (mm)	1,38 $\pm$ 0,03 a	10		1,32 $\pm$ 0,03 a	10	
Cápsula cefálica da fêmea (mm)	0,52 $\pm$ 0,01 a	15		0,46 $\pm$ 0,01 b	15	
Cápsula cefálica do macho (mm)	0,41 $\pm$ 0,01 a	10		0,39 $\pm$ 0,01 a	10	
Longevidade de fêmeas (dias)	17,55 $\pm$ 1,84 a	40		14,63 $\pm$ 0,78 a	40	
Longevidade de machos (dias)	16,40 $\pm$ 2,26 a	10		13,70 $\pm$ 1,50 a	10	
Razão sexual	0,94 $\pm$ 0,01 b	13		0,96 $\pm$ 0,01 a	10	

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de F, a 5% de probabilidade. Erro-padrão (EP).

Tabela 2 – Médias ( $\pm$  EP)<sup>1</sup> dos parâmetros reprodutivos de *Palmistichus elaeisis* (Hym.: Eulophidae) em pupas de *Thyrinteina arnobia* (Lep.: Geometridae) após seis gerações em pupas de *Bombyx mori* (Lep.: Bombycidae) ou *Anticarsia gemmatalis* (Lep.: Noctuidae) em laboratório a  $25 \pm 2$  °C,  $70 \pm 10\%$  de umidade relativa e fotofase de 12 horas

Parâmetros Reprodutivos	<i>P. elaeisis</i> em pupas de <i>T. arnobia</i> após criado por seis gerações em pupas de <i>B. mori</i> (Média $\pm$ EP)			<i>P. elaeisis</i> em pupas de <i>T. arnobia</i> após criado por seis gerações em pupas de <i>A. gemmatalis</i> (Média $\pm$ EP)		
			(n)			(n)
Duração do ciclo de vida (dias)	20,64 $\pm$ 0,28	a	11	21,00 $\pm$ 0,30	a	11
Parasitismo (%)	84,61	a	13	92,30	a	13
Emergência (%)	100,00	a	11	91,66	a	12
Progênie por pupa	319,45 $\pm$ 74,87	a	13	493,27 $\pm$ 104	a	10
Fêmeas produzidas por fêmea	24,64 $\pm$ 3,50	b	11	39,31 $\pm$ 4,67	a	11
Corpo da fêmea (mm)	1,95 $\pm$ 0,03	a	15	1,88 $\pm$ 0,03	a	15
Corpo do macho (mm)	1,38 $\pm$ 0,02	a	15	1,34 $\pm$ 0,02	a	15
Cápsula cefálica da fêmea (mm)	0,59 $\pm$ 0,02	a	15	0,55 $\pm$ 0,01	a	15
Cápsula cefálica do macho (mm)	0,42 $\pm$ 0,00	a	15	0,41 $\pm$ 0,00	a	15
Longevidade da fêmea (dias)	23,75 $\pm$ 2,12	a	40	23,15 $\pm$ 2,32	a	40
Longevidade do macho (dias)	24,80 $\pm$ 4,10	a	10	24,30 $\pm$ 4,17	a	10
Razão sexual	0,95 $\pm$ 0,01	a	11	0,93 $\pm$ 0,01	a	11

<sup>1</sup>Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de F, a 5% de probabilidade. Erro-padrão (EP).

## CONCLUSÕES GERAIS

Esta pesquisa foi conduzida no Laboratório de Controle Biológico de Insetos, do Departamento de Biologia Animal da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, Minas Gerais. Objetivou-se avaliar a viabilidade de pupas de *Bombyx mori* L., 1758 (Lep.: Bombycidae), como hospedeiro alternativo de *Palmistichus elaeisis* Delvare e LaSalle, 1993 (Hym.: Eulophidae), visando otimizar sua produção em laboratório para o controle da lagarta-parda do eucalipto, *Thyrinteina arnobia* (Stoll, 1782) (Lep.: Geometridae).

*Palmistichus elaeisis* parasitou pupas de *T. arnobia* e *Thyrinteina leucoceraea* Rindge, 1961 (Lep.: Geometridae) em plantas de eucalipto no campo. Além desses hospedeiros, *P. elaeisis* parasitou em laboratório pupas de *B. mori*, *Anticarsia gemmatalis* Hubner, 1818 (Lep.: Noctuidae), *Pseudaletia sequax* Franclemont, 1951, *Alabama argillacea* (Huebner, 1818) (Lep.: Noctuidae), *Dirphia moderata* Bouvier, 1919 (Lep.: Saturniidae) e *Halysidota pearsoni* Watson, 1980 (Lep.: Arctiidae).

A densidade de 45 fêmeas de *P. elaeisis* por pupa de *B. mori* pode ser considerada ideal para a criação massal desse parasitóide, por produzir maior número de descendentes e com maior tamanho.

Fêmeas de *P. elaeisis* e pupas de *B. mori* com 72 a 96 e 48 a 72 horas de idade, respectivamente, devem ser utilizadas para se obter maior número de descendentes e menor variação e duração da fase imatura desse parasitóide.

Pupas de *B. mori* podem ser armazenadas a 10 °C por cinco, 10 ou 15 dias, sendo este último período o mais indicado para a produção de *P. elaeisis* em larga escala, por reduzir a duração do ciclo de vida e aumentar a progênie desse parasitóide.

Pupas de *B. mori* são mais adequadas que as de *A. gemmatalis* para a criação massal de *P. elaeisis*, por apresentar maior quantidade de parasitóides e com maior tamanho.

Pupas de *A. gemmatalis* e de *B. mori* podem ser utilizadas como hospedeiros alternativos para criação massal de *P. elaeisis* sem afetar o desempenho reprodutivo desse parasitóide no hospedeiro natural *T. arnobia*.

As técnicas desenvolvidas mostraram-se apropriadas para a criação de *P. elaeisis* em laboratório e poderão aumentar as possibilidades de sucesso desse inimigo natural em programas de controle biológico de lepidópteros desfolhadores de eucalipto, principalmente, de *T. arnobia*.