

**TABELA DE VIDA DE FERTILIDADE E
ARMAZENAMENTO DE *Praon volucre*
(HALIDAY) (HYMENOPTERA:
BRACONIDAE, APHIDIINAE) EM
Macrosiphum euphorbiae (THOMAS)
(HEMIPTERA: APHIDIDAE)**

JURACY CALDEIRA LINS JÚNIOR

2010

JURACY CALDEIRA LINS JÚNIOR

**TABELA DE VIDA DE FERTILIDADE E ARMAZENAMENTO DE
Praon volucre (HALIDAY) (HYMENOPTERA: BRACONIDAE,
APHIDIINAE) EM *Macrosiphum euphorbiae* (THOMAS)
(HEMIPTERA: APHIDIDAE)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Entomologia, área de concentração em Entomologia Agrícola, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientadora

Prof^a. Vanda Helena Paes Bueno

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2010

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Lins Júnior, Juracy Caldeira.

Tabela de vida de fertilidade e armazenamento de *Praon volucre* (Haliday) (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae) em *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) (Hemiptera: Aphididae) / Juracy Caldeira Lins Júnior. – Lavras : UFLA, 2010.

62 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2010.

Orientador: Vanda Helena Paes Bueno.

Bibliografia.

1. Insecta. 2. Parasitoide. 3. Controle biológico. 4. Pulgões. 5. Crescimento populacional. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 595.79045249

JURACY CALDEIRA LINS JÚNIOR

**TABELA DE VIDA DE FERTILIDADE E ARMAZENAMENTO DE
Praon volucre (HALIDAY) (HYMENOPTERA: BRACONIDAE,
APHIDIINAE) EM *Macrosiphum euphorbiae* (THOMAS)
(HEMIPTERA: APHIDIDAE)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Entomologia, área de concentração em Entomologia Agrícola, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 18 de fevereiro de 2010.

Prof. Joop C. van Lenteren	Wageningen University – Holanda
Prof. Marcus Vinícius Sampaio	UFU
Dr ^a . Maria de Lourdes Nascimento	SEBRAE

Prof^a. Vanda Helena Paes Bueno
UFLA
(Orientadora)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

A Deus, princípio de toda sabedoria,
que está comigo em todos os momentos,
dando-me forças para seguir firme na jornada da vida,
OFEREÇO.

Aos meus pais, Juracy e Maria Celeste
e ao meu irmão, Nilton,
DEDICO.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Entomologia, pela oportunidade para a realização do mestrado.

À profa. Dra. Vanda Helena Paes Bueno, pela orientação, amizade, apoio e confiança durante o curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Aos amigos e colegas de curso, Fabrício Zelesnikar, Dejjane Alves, Grazielle Moreira, Olinto Lasmar, Marília Peixoto e Franscinelly Assis, pela boa convivência, companheirismo e apoio que tornaram esta jornada sempre agradável.

À doutoranda Livia Sidney e aos estagiários Diego e Luis Henrique, pelo companheirismo, amizade, disponibilidade em ajudar sempre que preciso e, principalmente, pela ótima convivência, dia a dia, no ambiente de trabalho.

Aos demais membros do Laboratório de Controle Biológico, Ana Maria, Ludimila, Daniela, Alexandre, Alexa e Flávio pelo apoio.

Aos funcionários do Departamento de Entomologia da UFLA, em especial a Elaine, Nazaré e Viviane e ao Sr. Pedro (setor de olericultura/DAG), pelo apoio.

A todos os professores do Departamento de Entomologia da UFLA, pelos ensinamentos transmitidos durante o curso.

Às pesquisadoras Alessandra C. Silva e Leila Morgado, pelo apoio e amizade.

Ao prof. Dr. Marcus Vinícius Sampaio (Universidade Federal de Uberlândia), pelo treinamento ministrado e pelas sugestões.

Ao prof. Dr. Denílson Ferreira Oliveira (DQI/UFLA), pela gentileza em permitir o uso de equipamentos do Laboratório de Produtos Naturais.

À Dona Itinha e ao Sr. José Maria, por me acolherem gentilmente em sua casa, nos primeiros meses em Lavras.

Aos queridos amigos Leandro Barbosa, Thaíse Dias, Emi Lorenzetti, Léia Dias, Lívia Audino, Viviane Santos, Geraldo Magela, Camila Moreira, Rafaela Sâmia, Valquíria Fabiana, Melissa Vieira, Vinícius Camargos, Haroldo Varginha, Letícia Costa, Letícia Andrade, Mírian Luísa, Elis Aiene, Lúcia Helena, Germano Araújo e Marco Sathler, pela força, companhia, carinho, conselhos e orações, que foram essenciais nesse período longe de casa.

À Dra. Maria de Lourdes Nascimento, grande mestra, amiga e incentivadora, por influenciar de forma marcante a minha formação acadêmica e profissional.

Aos membros da banca de dissertação, Dr. Joop C. van Lenteren, Dr. Marcus Vinícius Sampaio e Dra. Maria de Lourdes Nascimento, pelas contribuições que enriqueceram este trabalho.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização desse trabalho.

Sinceramente agradeço.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO GERAL	i
GENERAL ABSTRACT	ii
CAPÍTULO 1	1
1 Introdução Geral	2
2 Referências Bibliográficas	5
CAPÍTULO 2: Desenvolvimento e crescimento populacional de <i>Praon volucre</i> (Haliday) (Hymenoptera: Braconidade, Aphidiinae) em <i>Macrosiphum euphorbiae</i> (Thomas) (Hemiptera: Aphididae)	8
1 Resumo	9
2 Abstract	10
3 Introdução	11
4 Material e métodos	12
4.1 Obtenção e criação de <i>M. euphorbiae</i> e <i>P. volucre</i>	12
4.2 Mortalidade de imaturos e desenvolvimento de <i>P. volucre</i> em <i>M. euphorbiae</i>	13
4.3 Reprodução e longevidade de <i>P. volucre</i> em <i>M. euphorbiae</i>	14
4.4 Estimativa dos parâmetros para a tabela de vida de fertilidade	15
5 Resultados	15
6 Discussão	16
7 Referências bibliográficas	21
8 Anexos	25
CAPÍTULO 3: Efeito do armazenamento em baixa temperatura nos parâmetros biológicos e fisiológicos de <i>Praon volucre</i> (Haliday) (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae)	31
1 Resumo	32
2 Abstract	33
3 Introdução	34
4 Material e métodos	35

4.1 Obtenção e criação de <i>M. euphorbiae</i> e <i>P. volucre</i>	35
4.2 Sobrevivência de imaturos e longevidade de adultos de <i>P. volucre</i> .	36
4.3 Fecundidade potencial das fêmeas e tamanho dos adultos de <i>P. volucre</i>	37
4.4 Capacidade de voo de adultos de <i>P. volucre</i>	38
4.5 Capacidade reprodutiva de <i>P. volucre</i>	39
4.6 Parâmetros fisiológicos	39
4.7 Análises dos dados	40
5 Resultados	40
5.1 Emergência, longevidade e tamanho de <i>P. volucre</i>	40
5.2 Atividade de voo e fecundidade potencial de <i>P. volucre</i>	41
5.3 Parasitismo, emergência e razão sexual da progênie de <i>P. volucre</i> ..	41
5.4 Parâmetros fisiológicos	42
6 Discussão	42
7 Referências bibliográficas	48
8 Anexos.....	53
CONSIDERAÇÕES FINAIS	62

LISTA DE TABELAS

	Página	
TABELA 1	Porcentagem de mortalidade de imaturos de <i>Praon volucre</i> em <i>Macrosiphum euphorbiae</i> ($22 \pm 1^\circ\text{C}$, UR de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h).....	26
TABELA 2	Fecundidade diária (em número) de <i>Praon volucre</i> em <i>Macrosiphum euphorbiae</i> ($22 \pm 1^\circ\text{C}$, UR de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h).....	27
TABELA 3	Número e porcentagem de ninfas de <i>Macrosiphum euphorbiae</i> contendo larvas de <i>Praon volucre</i> ($22 \pm 1^\circ\text{C}$, UR de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h).....	28
TABELA 4	Tabela de vida de fertilidade de <i>Praon volucre</i> em <i>Macrosiphum euphorbiae</i> ($22 \pm 1^\circ\text{C}$, UR de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h).....	29
TABELA 5	Parâmetros de crescimento populacional associados à tabela de vida de fertilidade de <i>Praon volucre</i> em <i>Macrosiphum euphorbiae</i> ($22 \pm 1^\circ\text{C}$, UR de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h).....	30
TABELA 6	Porcentagem de adultos não emergidos em cada estágio de desenvolvimento, longevidade e comprimento da tibia posterior (média \pm EP) dos adultos de <i>Praon volucre</i> emergidos após o armazenamento a 5°C	61

LISTA DE FIGURAS

		Página
FIGURA 1	Sobrevivência das fêmeas (%) de <i>Praon volucre</i> em <i>Macrosiphum euphorbiae</i> ($22 \pm 1^{\circ}\text{C}$, UR de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h).....	10
FIGURA 2	Sobrevivência de <i>Praon volucre</i> após o armazenamento a 5°C	53
FIGURA 3	Porcentagem de adultos voadores de <i>Praon volucre</i> após o armazenamento a 5°C	54
FIGURA 4	Fecundidade potencial de fêmeas de <i>Praon volucre</i> emergidas 24 horas após o armazenamento a 5°C	55
FIGURA 5	Taxas de parasitismo para fêmeas de <i>Praon volucre</i> em diferentes idades emergidas após o armazenamento a 5°C . A) 24 hora após a emergência das fêmeas; B) 48 horas e C) 72 horas.....	56
FIGURA 6	Taxas de emergência da progênie de <i>Praon volucre</i> para fêmeas que parasitaram em diferentes idades, após o armazenamento a 5°C	57
FIGURA 7	Razão sexual da progênie (proporção de fêmeas) de <i>Praon volucre</i> após o armazenamento a 5°C , em função da idade das fêmeas.....	58
FIGURA 8	Perda de massa fresca pelo parasitoide <i>Praon volucre</i> após o armazenamento a 5°C . Cada ponto da regressão representa a média de 20 indivíduos....	59
FIGURA 9	A) MGC – massa de gordura corporal; B) TG – teor de gordura do parasitoide <i>Praon volucre</i> , após o armazenamento a 5°C . Cada ponto da regressão representa a média de 20 indivíduos.....	60

RESUMO GERAL

LINS JÚNIOR, Juracy Caldeira. **Tabela de vida de fertilidade e armazenamento de *Praon volucre* (Haliday) (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae) em *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) (Hemiptera: Aphididae).** 2010. 62p. Dissertação (Mestrado em Entomologia). Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG.*

O parasitoide *Praon volucre* (Haliday) é apontado como um potencial agente de controle biológico de pulgões da tribo Macrosiphini. Essa tribo reúne várias espécies que são importantes pragas em cultivos protegidos no Brasil. Este trabalho foi realizado com o objetivo de estimar parâmetros biológicos e a fertilidade de *P. volucre* tendo como hospedeiro o pulgão *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas), bem como avaliar o efeito de diferentes períodos de armazenamento, em parâmetros biológicos e fisiológicos do parasitoide. Na determinação da tabela de vida de fertilidade, colônias de *M. euphorbiae* foram oferecidas, diariamente, às fêmeas do parasitoide *P. volucre*, com 24 horas de idade, até a morte das mesmas. Para o teste do armazenamento, múmias de *M. euphorbiae* com aproximadamente um dia de idade, contendo pré-pupas de *P. volucre*, foram avaliadas em quatro períodos de armazenamento, 5, 10, 15 e 20 dias, em câmara climática, a 5°C e escotofase constante. A taxa líquida de reprodução (R_0) foi de 179,9 fêmeas, taxa intrínseca de aumento (r_m) de 0,274 fêmeas/fêmeas/dia, razão finita de aumento (λ) de 1,32 fêmea/dia, tempo médio entre as gerações do parasitoide (T) de 18,9 dias e tempo de duplicação da população (TD) de 2,52 semanas. Houve redução na sobrevivência, na atividade de voo e no número de óvulos nos ovariolos das fêmeas de *P. volucre* com o aumento do período de armazenamento. Também o aumento desse período resultou na redução da massa fresca e no teor de gordura das múmias. *P. volucre* apresenta potencial de crescimento populacional quando utiliza *M. euphorbiae* como hospedeiro e o armazenamento deste parasitoide por até 10 dias pode facilitar tanto a sua produção massal quanto o seu uso em programas de controle biológico de *M. euphorbiae*.

* Orientadora: Vanda Helena Paes Bueno

GENERAL ABSTRACT

LINS JÚNIOR, Juracy Caldeira. **Life table fertility and cold storage of *Praon volucre* (Haliday)(Hymenoptera: Baconidae, Aphidiinae) in *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) (Hemiptera: Aphididae).** 2010. 62p. Dissertation (Master of Science in Entomology). Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG.*

The parasitoid *Praon volucre* (Haliday) is pointed as a potential biological control agent of aphids belonging to the tribe Macrosiphini. Several aphids in this tribe are important pests in greenhouses in Brazil. The objective of this study was to estimate the biological parameters and fertility of *P. volucre* on the aphid *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas), and to evaluate the effect of different storage periods in biological and physiological parameters of the parasitoid. Colonies of *M. euphorbiae* were offered daily to 24h old female of the parasitoid *P. volucre*, till the death of them, to determine the fertility life table. One-day-old mummies of *M. euphorbiae*, containing pre-pupae of *P. volucre*, were kept in four storage periods, 5, 10, 15 and 20 days, in a climatic chamber at 5 °C and constant scotophase. The parasitoid showed a net reproductive rate (R_0) 179,9 females, intrinsic rate of increase (r_m) 0,274 females / female / day, finite rate of increase (λ) 1,32 females per day, the average time between generations of the parasitoid (T) 18,9 days and the population doubling (TD) of 2,52 weeks. The survival rate, flight activity and number of eggs in the ovarioles of *P. volucre* females were reduced with increasing storage period. The loss mass increased with increasing storage time. The fat body mass and fat contents on the mummies showed a linear decrease with increasing storage period. The parasitoid *P. volucre* showed a potential population growth when using *M. euphorbiae* as host and its pupae storage for up to 10 days can facilitate both the mass production and the use in biological control programs of *M. euphorbiae*.

* Adviser: Vanda Helena Paes Bueno

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

Os pulgões estão entre as principais pragas de ocorrência nos mais variados cultivos, principalmente devido aos hábitos de alimentação específicos e à velocidade de reprodução (Dixon, 1987). Causam danos diretos às plantas pela sucção da seiva e injeção de toxinas, ou indiretos, pela transmissão de viroses e por favorecer o aparecimento da fumagina, a qual diminui a área fotossintética da planta (Nebreda et al., 2005).

São insetos de difícil controle, devido à resistência aos inseticidas e ao aparecimento de biótipos ou raças. Entretanto, o uso de parasitoides da família Braconidae, subfamília Aphidiinae, para o controle desses insetos em casas de vegetação, tem mostrado grande eficiência na diminuição de suas populações em níveis abaixo de dano econômico. Das principais espécies de parasitoides Aphidiinae avaliadas para o controle biológico de pulgões no Brasil, destacam-se *Aphidius colemani* Viereck e *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Bueno, 2005). No entanto, segundo Starý et al. (2007), as espécies *Aphidius ervi* Haliday e *Praon volucre* (Haliday) apresentam potencial para serem utilizadas no controle biológico de pulgões da tribo Macrosiphini, como *Acyrtosiphon kondoi* Shinji, *Acyrtosiphon pisum* (Harris), *Aulacorthum solani* (Kaltenbach) e *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas).

P. volucre é um endoparasitoide solitário de origem Paleártica que apresenta elevada gama de hospedeiros, podendo ser encontrado parasitando cerca de 90 espécies de pulgões, distribuídos em 35 gêneros (Mackauer & Starý, 1969; Carver, 1984). Este parasitoide foi introduzido na região sul do Brasil para o controle dos pulgões do trigo *Metopolophium dirhodum* (Walker) e *Sitobion avenae* (Fabricius) (Gassen & Tambasco, 1983; Salvadori & Salles, 2002). Atualmente, *P. volucre* encontra-se estabelecido, sendo encontrado do estado do Rio Grande do Sul ao estado de Minas Gerais, e o sucesso da adaptação às

condições brasileiras ocorreu, principalmente, porque este parasitoide passou a hospedar outras espécies de pulgões em plantas ornamentais, alfafa, ervilha e em gramíneas nativas (Gassen & Tambasco, 1983; Starý et al., 2007). A superioridade intrínseca que *P. volucre* apresenta sobre o seu principal competidor, *A. ervi* (Sidney, 2009), também pode ter contribuído para a adaptação às condições brasileiras. Além disso, de acordo com Stilmant et al. (2008) parasitoides de hábito generalista, como *P. volucre*, exploraram uma gama maior de recursos, favorecendo a sua manutenção nos mais variados habitats.

Resultados satisfatórios foram obtidos em pesquisas recentes, quando *P. volucre* foi avaliado como potencial agente de controle dos pulgões *M. euphorbiae* e *Uroleucon ambrosiae* (Thomas) (Conti et al., 2008) e *Aulacorthum solani* (Silva et al., 2009). Entretanto, pouco se sabe sobre os parâmetros de crescimento populacional deste parasitoide em determinado hospedeiro, assim como os possíveis hospedeiros que poderiam facilitar o processo de produção massal, o que forneceria subsídios ao seu uso em programas de controle biológico.

Assim, um dos componentes cruciais do estudo de insetos é a determinação de suas capacidades reprodutivas. Por meio das tabelas de vida de fertilidade é possível entender a dinâmica populacional de um organismo, considerando-se o desenvolvimento e os padrões de fecundidade e sobrevivência da espécie (Southwood, 1995), os quais poderão auxiliar no controle biológico aplicado e como elemento de avaliação do impacto de inimigos naturais sobre populações de insetos pragas (Bellows Junior et al., 1992). Segundo Lenteren (2009), dentre os diversos critérios de seleção e avaliação de inimigos naturais, um agente de controle biológico será considerado efetivo contra uma determinada praga se a sua taxa intrínseca de aumento populacional (r_m) for igual ou superior ao da praga.

Também é sabido que os predadores e parasitoides podem ser armazenados por curtos períodos de tempo (Lenteren & Tommasini, 2000). Segundo Leopold (1998), uma forma de adquirir o número suficiente de parasitoides para o momento de uma liberação nos cultivos é por meio do armazenamento de múmias hospedeiras contendo larvas, pré-pupas e pupas do parasitoide.

O armazenamento de parasitoides é feito mediante a exposição dos mesmos a baixas temperaturas. Nessa situação, os insetos entram em estado de quiescência, que é uma resposta imediata às condições desfavoráveis do ambiente, que resulta na parada da atividade ou no desaceleramento do desenvolvimento. Normalmente, ocorre a retomada do desenvolvimento do inseto quando cessam as condições adversas (Chen et al., 2008), sendo a intensidade dos efeitos prejudiciais causados pela baixa temperatura de armazenamento, geralmente, proporcional ao tempo de permanência gasto na armazenagem (Leopold, 1998).

Dessa forma, a possibilidade de armazenar parasitoides tem como principais benefícios uma maior flexibilidade na criação massal, embalagem e transporte desses insetos, do laboratório de criação para o local de liberação, além de facilitar o intercâmbio entre laboratórios.

Assim, este trabalho foi realizado com os objetivos de estimar os parâmetros de crescimento populacional do parasitoide *P. volucre*, tendo como hospedeiro o pulgão *M. euphorbiae*, bem como avaliar a influência de diferentes períodos de armazenamento em baixas temperaturas sobre os parâmetros biológicos e fisiológicos deste parasitoide, visando à sua criação massal e utilização como agente de controle biológico de pulgões.

2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELLOWS JUNIOR, T. S.; DRIESCHE, R. G. van; ELKINTON, J. S. Life-table construction and analysis in the evaluation of natural enemies. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 37, n. 1, p. 587-614, Jan. 1992.

BUENO, V. H. P. Controle biológico de pulgões ou afídeos-praga em cultivos protegidos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 225, p. 9-17, 2005.

CARVER, M. The potential host ranges in Australia of some imported aphid parasites (Hym.: Ichneumonoidea: Aphidiidae). **Entomophaga**, Paris, v. 29, n. 4, p. 351-359, 1984.

CHEN, W.; LEOPOLD, R. A.; BOETEL, M. Cold storage of adult *Gonatocerus ashmeadi* (Hymenoptera: Mymaridae) and effects on maternal and progeny fitness. **Journal of Economic Entomology**, Coolege Park, v. 101, n. 6, p. 1760-1770, 2008.

CONTI, B. F. de; BUENO, V. H. P.; SAMPAIO, M. V. The parasitoid *Praon volucre* (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) as a potential biological control agent of the aphid *Uroleucon ambrosiae* (Hemiptera: Aphididae) on lettuce in Brazil. **European Journal of Entomology**, Branisovska, v. 105, n. 3, p. 485-487, 2008.

DIXON, A. F. G. The way of life of aphids: host specificity, speciation and distribution. In: MINKS, A. K.; HARREWING, P. **World crop pest-aphids: their biology, natural enemies and control**. Amsterdam: Elsevier, 1987. v. 2A, chap. 4.5, p. 197-207.

GASSEN, D. N.; TAMBASCO, F. J. Controle biológico dos pulgões do trigo no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 9, n. 104, p. 49-51, ago. 1983.

LENTEREN, J. C. van. Critérios de seleção de inimigos naturais. In: BUENO, V. H. P. (Ed.). **Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade**. Lavras: UFLA, 2009. p. 11-32.

LEENTEREN, J. C. van; TOMMASINI, M. G. Mass production, storage, shipment and release of natural enemies. In: LENTEREN, J. C. van (Ed.). **Quality control and production of biological control agents: theory and testing procedures**. Wallingford: CABI, 2003. p. 181-189.

LEOPOLD, R. A. Cold storage of insects for integrated pest management. In: HALLMAN, G. L.; DENLINGER, D. L. (Ed.). **Temperature sensitivity in insects and application in integrated pest management**. Boulder: Westview, 1998. p. 235-267.

MACKAUER, M.; STARÝ, P. **Hymenoptera ichneumonoidea: world aphidiidae: index of entomophagous insects**. Paris: Le Francois, 1967. 195 p.

NEBREDA, M.; MICHELENA, J. M.; FERERES, A. Seasonal abundance of aphid species on lettuce crops in Central Spain and identification of their main parasitoids. **Journal of Plant Diseases and Protection**, Berne, v. 112, n. 4, p. 405-4015, 2005.

SALVADORI, J. R.; SALLES, L. A. B. Controle biológico dos pulgões do trigo. In: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. (Ed.). **Controle biológico no Brasil**. São Paulo: Manole, 2002. p. 427-448, 635 p.

SIDNEY, L. A. **Qualidade de diferentes espécies de pulgões como hospedeiros do parasitoide *Aphidius ervi* Haliday e competição larval entre *A. ervi* e *Praon volucre* (Haliday) (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae) em *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) (Hemiptera: Aphidiidae)**. 2009. 46 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SILVA, D. B.; BUENO, V. H. P.; LINS JUNIOR, J. C.; SIDNEY, L. A.; CARVALHO, A. R. Quality of the aphid *Aulacorthum solani* for the parasitoid *Praon volucre*. **IOBC/WPRS Bulletin**, Zurich, v. 49, n. 1, p. 267-271, Jan. 2009.

SOUTHWOOD, T. R. E. **Ecological methods**. London: Chapman & Hall, 1995. 524 p.

STARÝ, P.; SAMPAIO, M. V.; BUENO, V. H. P. Aphid parasitoids (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) and their associations related to biological control in Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 51, n. 1, p. 107-118, jan./mar. 2007.

STILMANT, D.; BELLINGHEN, C. van; HANCE, T.; BOIVIN, G. Host specialization in habitat specialists and generalists. **Oecologia**, Berlin, v. 156, n. 4, p. 905-912, July 2008.

CAPÍTULO 2

**Desenvolvimento e crescimento populacional de *Praon volucre* (Haliday)
(Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae) em *Macrosiphum euphorbiae*
(Thomas) (Hemiptera: Aphididae)**

1 RESUMO

A tabela de vida de fertilidade de inimigos naturais é frequentemente utilizada para a compreensão da dinâmica de suas populações, sendo de grande valia para os programas de controle biológico de pragas. Este trabalho foi realizado com o objetivo de estimar parâmetros de crescimento populacional do parasitoide *Praon volucre* (Haliday), tendo como hospedeiro o pulgão *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas). O experimento foi conduzido em câmara climática, a $22\pm 1^\circ\text{C}$, U.R. de $70\pm 10\%$ e fotofase de 12 horas. Para avaliar a mortalidade de imaturos, desenvolvimento e a razão sexual de *P. volucre*, fêmeas do parasitoide ($n = 10$) foram colocadas em contato, por 40 minutos, com 40 ninfas de segundo e terceiro instares, com, aproximadamente, 38 a 60 horas de idade, do pulgão *M. euphorbiae*. Metade das ninfas foi dissecada e as demais foram mantidas na câmara climática até a emergência dos parasitoides. A mortalidade de imaturos foi calculada pela diferença entre o número de larvas e o número de adultos emergidos. Para avaliação da fertilidade e da longevidade, fêmeas do parasitoide ($n = 15$), com 24 horas de idade, foram colocadas em contato com colônias do pulgão diariamente. No primeiro dia, foram oferecidas 300 ninfas; no segundo dia, 250 ninfas; no terceiro dia, 200 ninfas; no quarto dia, 150 ninfas; no quinto dia, 100 ninfas e, nos demais dias, até a morte das fêmeas, foram oferecidas 50 ninfas. A mortalidade de imaturos de *P. volucre* em *M. euphorbiae* foi de 22,7%, o tempo de desenvolvimento de machos e fêmeas foi de 13,9 e 14,4 dias, respectivamente e a razão sexual foi de 0,55 fêmeas. As fêmeas de *P. volucre* apresentaram fecundidade média de 504 ovos e longevidade média de 11 dias. A taxa líquida de reprodução (R_0) foi de 179,4 fêmeas, a taxa intrínseca de aumento populacional (r_m) de 0,274 fêmeas/fêmeas/dia, a razão finita de aumento (λ) de 1,32 fêmea/dia, o tempo médio entre as gerações (T) de 18,9 dias e o tempo de duplicação da população (TD) de 2,52 semanas. *P. volucre* apresenta grande capacidade de aumento populacional quando utiliza *M. euphorbiae* como hospedeiro, o que pode indicar seu potencial como agente de controle dessa praga.

Palavras-chave: parasitoide, fecundidade, tabela de vida de fertilidade, controle biológico.

2 ABSTRACT

The fertility life table of natural enemies is often used to understand population dynamics and it is important for the biological control of pests. This study aimed to estimate the biological parameters and fertility of the parasitoid *Praon volucre* having as host the aphid *Macrosiphum euphorbiae*. The trials were set up in climatic chamber at 22 ± 1 °C, RH $70\pm 10\%$ and 12h photophase. Females of the parasitoid ($n = 10$) were kept in contact for 40 minutes with 40 second and third instars of the aphid *M. euphorbiae* in order to evaluate the immature mortality, developmental time and sex ratio of the parasitoid. Immature mortality was calculated as the difference between the number of larvae and the number of adults emerged. *P. volucre* 24h old females ($n = 15$) were kept in daily contact with colonies of *M. euphorbiae* in order to evaluate the fertility and longevity. It was offered to the parasitoid 300 nymphs (first day), 250 nymphs (second day), 200 nymphs (third day), 150 nymphs (fourth day), 100 nymphs (fifth day) and 50 nymphs in the remaining days until the females death. *P. volucre* showed an immature mortality rate of 22,7%, developmental time of males and females of 13,9 and 14,4 days, respectively, and sex ratio of 0,55 females in the host *M. euphorbiae*. The fecundity was 504 eggs and the longevity of 11 days. The growth parameters of the parasitoid on *M. euphorbiae* were a net reproductive rate (R_0) 179,4 females, intrinsic rate of increase (r_m) 0,274 females/female/day, the finite rate of increase (λ) 1,32 females per day, time between the generations (T) 18,9 days and the population doubling (TD) of 2,52 weeks. *P. volucre* showed a great population growth when using *M. euphorbiae* as host, and may be used as biological control agent of this pest.

Key words: parasitoid, fecundity, life table fertility, biological control

3 INTRODUÇÃO

Os pulgões apresentam grande capacidade reprodutiva, aumentando rapidamente sua densidade populacional (Dixon, 1987). Dessa maneira, tornam-se importantes pragas em diversas culturas, causando danos diretos, pela sucção da seiva das plantas ou indiretos, pela transmissão de vírus (Nebreda et al. 2005). Estão também entre as mais sérias pragas que ocorrem nos cultivos em sistemas protegidos, sendo capazes de gerar grandes perdas econômicas (Bueno, 2005).

A espécie *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) tem origem norte-americana e encontra-se distribuída por quase todas as regiões do mundo. É uma espécie polífaga que causa danos a mais de 200 espécies de plantas pertencentes a mais de 20 famílias (Blackman & Eastop, 1985). As fêmeas de *M. euphorbiae* podem produzir de 14 a 80 ninfas durante o seu ciclo de vida, dependendo da temperatura (Conti, 2008). Além disso, de acordo com Boll & Lapchin (2002), esse pulgão é capaz de se dispersar muito rapidamente no interior de casas de vegetação, favorecendo o rápido crescimento populacional nesses ambientes.

Poucas espécies de insetos afidófagos apresentam potencial para serem utilizados no controle biológico de pulgões em condições de casas de vegetação. Isso ocorre porque nem todos os inimigos naturais têm taxas reprodutivas suficientes para alcançar aquelas referentes às de reprodução e desenvolvimento dos pulgões (Bueno, 2005). O parasitoide *Praon volucre* (Haliday) é apontado, por Starý et al. (2007), como um importante agente de controle biológico de pulgões da tribo Macrosiphini no Brasil. Além disso, pesquisas recentes têm demonstrado o potencial desse inimigo natural, tendo como hospedeiros os pulgões *M. euphorbiae*, *Uroleucon ambrosiae* (Thomas) (Conti et al., 2008) e *Aulacorthum solani* (Silva et al., 2009).

Nos processos de seleção e avaliação de inimigos naturais, a determinação de parâmetros de crescimento populacional por meio de tabela de vida de fertilidade é de grande valia para a compreensão da dinâmica populacional, uma vez que permite uma visão integrada das características biológicas da população sob determinadas condições ambientais e influencia o seu potencial como agente de controle biológico. Também, um dos principais parâmetros biológicos a serem considerados na seleção de um inimigo natural é a taxa intrínseca de aumento populacional (r_m) que, segundo Lenteren (2009), é um dos parâmetros que podem ser utilizados para demonstrar a efetividade de um agente de controle biológico no controle de uma praga.

O presente estudo foi realizado com o objetivo de estimar os parâmetros de crescimento populacional de *P. volucre* tendo como hospedeiro *M. euphorbiae*, visando o uso desse parasitoide como agente de controle biológico.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Obtenção e criação de *M. euphorbiae* e *P. volucre*

Colônias de *M. euphorbiae* foram coletadas em plantas de alface (*Lactuca sativa* L.), cultivadas sob sistema hidropônico, no campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Após identificação, no laboratório, os mesmos foram transferidos para placas de Petri (15 cm de diâmetro) contendo disco foliar de alface, cv. Verônica, sobre uma camada de ágar-água 1%. Essas placas foram mantidas em câmara climática, a $22\pm 1^\circ\text{C}$, UR de $70\pm 10\%$ e fotofase de 12 horas. Os descendentes, a partir da terceira geração obtida no laboratório, foram utilizados para iniciar uma criação de manutenção em plantas de alface mantidas em vasos no interior de gaiolas de acrílico (60x30x30 cm).

Plantas de serralha, *Sonchus oleraceus* L., contendo múmias e pulgões, foram coletados no campo. No laboratório, em sala climatizada ($22\pm 3^\circ\text{C}$), essas

múmias coletadas foram individualizadas em tubos de vidro (100x8 mm), até a emergência de parasitoides adultos, os quais foram identificados de acordo com Tomanovic et al. (2003). Adultos de *P. volucre* foram, então, liberados em gaiolas de acrílico (60x30x30 cm) contendo uma planta de alface infestada com *M. euphorbiae*, dando-se início à criação de manutenção desse parasitoide. Para o início dos experimentos, utilizaram-se parasitoides provenientes da quarta geração obtida no laboratório.

4.2 Mortalidade de imaturos e desenvolvimento de *P. volucre* em *M. euphorbiae*

Para avaliar a mortalidade de imaturos, 10 fêmeas de *P. volucre*, com até 24 horas de idade, acasaladas, sem experiência prévia de oviposição e alimentadas com gotículas de mel e água, foram utilizadas nos experimentos. Cada fêmea foi liberada em uma placa de Petri (5 cm de diâmetro) contendo um disco foliar de alface sobre uma camada de ágar-água 1% e 40 ninfas pulgão *M. euphorbiae* e mantidas em câmara climática, a $22\pm 1^{\circ}\text{C}$, UR de $70\pm 10\%$ e fotofase de 12 horas. Para a padronização da idade das ninfas, de 30 a 50 adultos de *M. euphorbiae* foram mantidos, por 24 horas, em placas de Petri (15 cm de diâmetro) contendo um disco foliar de alface sobre uma camada de ágar-água 1%. Após esse período, os pulgões adultos foram retirados das placas e as ninfas de segundo e terceiro instares (cerca de 24 a 36 horas de idade) foram utilizadas nos experimentos.

Cada fêmea de *P. volucre* permaneceu na placa de Petri por 40 minutos, contados a partir da primeira oviposição. Em seguida, as fêmeas de *P. volucre* foram retiradas e as placas com as ninfas do pulgão permaneceram na câmara climática. Após 4 dias, 20 ninfas do pulgão foram dissecadas para se determinar o número de pulgões com larvas do parasitoide em seu interior (N^oL). As outras 20 ninfas permaneceram na câmara climática até a mumificação, para se avaliar

o completo desenvolvimento do parasitoide. As múmias formadas foram, então, individualizadas em tubos de vidro (100 mm x 8 mm) contendo uma gotícula de mel e água e vedados com filme de PVC até a emergência dos adultos. Foram avaliados o número de parasitoides adultos (N^oA), o período de desenvolvimento (da oviposição à emergência) e a razão sexual.

A mortalidade de imaturos (%M) de *P. volucre* foi estimada pela diferença entre o número de pulgões com larva do parasitoide em seu interior (N^oL) e o número de parasitoides adultos (N^oA). Assim, $\%M = [(N^{\circ}L - N^{\circ}A)/N^{\circ}L] \times 100$, o que permitiu a estimativa da mortalidade de larvas do parasitoide.

4.3 Reprodução e longevidade de *P. volucre* em *M. euphorbiae*

A avaliação da reprodução e longevidade de *P. volucre* foi conduzida de acordo com a metodologia de Steenis (1994). Foram utilizadas quinze fêmeas de *P. volucre*, com 24 horas de vida, acasaladas e alimentadas com gotículas de água e mel.

Cada fêmea do parasitoide (n = 15) foi liberada em uma placa de Petri (15 cm de diâmetro) contendo um disco foliar de alface sobre uma camada de ágar/água 1%, gotículas de água e mel para a alimentação da fêmea do parasitoide e ninfas de segundo e terceiro instares de *M. euphorbiae*. As fêmeas do parasitoide permaneceram em contato com as ninfas hospedeiras por 24 horas. As placas foram vedadas com organza e mantidas invertidas no interior de uma câmara climática (22±1°C, UR de 70±10% e fotofase de 12 horas).

O número de ninfas oferecidas diariamente às fêmeas do parasitoide, durante o seu ciclo de vida, foi de: 300 ninfas, no primeiro dia; 250 ninfas no segundo dia; 200 ninfas, no terceiro dia; 150 ninfas, no quarto dia; 100 ninfas, no quinto dia e, nos demais dias, 50 ninfas, até a morte da fêmea.

As ninfas parasitadas foram mantidas por três dias em câmara climática, a fim de permitir o desenvolvimento dos parasitoides até a fase de larva, o que facilitou a visualização. Em seguida, foram transferidas para uma solução de cloreto de sódio 1% e dissecadas, com o auxílio de um estilete, sob microscópio estereoscópico, para a contagem dos pulgões contendo larvas do parasitoide no seu interior e observação de superparasitismo. O número de larvas encontrado foi considerado como sendo o número de ovos depositados pela fêmea de *P. volucre* no interior do hospedeiro.

4.4 Estimativa dos parâmetros para a tabela de vida de fertilidade

A partir dos valores obtidos pela determinação da tabela de vida de fertilidade do parasitoide, tais como intervalos de idade (x), fertilidade específica (m_x) e probabilidade de sobrevivência (l_x), foram calculados a taxa líquida de reprodução (R_0), o intervalo de tempo entre cada geração (T), a taxa intrínseca de crescimento populacional (r_m), a razão finita de aumento (λ) e o tempo necessário para que a população duplicasse em número (TD), como sugerido por Andrewartha & Birch (1954).

5 RESULTADOS

A mortalidade de imaturos de *P. volucre* foi de 22,7% (TABELA 1).

O tempo médio para o desenvolvimento de machos e fêmeas foi de 13,9 e 14,4 dias, respectivamente e a razão sexual, expressa pela proporção de fêmeas, foi de 0,55.

As fêmeas de *P. volucre* ovipositaram até o 18º dia de vida com fecundidade total de 504 ovos/fêmea (TABELA 2). O superparasitismo em ninfas de *M. euphorbiae* ocorreu praticamente em todos os dias de vida das fêmeas de *P. volucre*, entretanto apenas 2,7% do total das ninfas hospedeiras

apresentaram mais de uma larva no seu interior, indicativo da ocorrência de uma baixa taxa de superparasitismo (TABELA 3).

As fêmeas de *P. volucre* sobreviveram por até 20 dias, com longevidade média de 11 dias, entretanto, a partir do terceiro dia de vida houve queda gradativa na taxa de sobrevivência (FIGURA 1).

A partir da tabela de vida de fertilidade de *P. volucre* (TABELA 4) verificou-se que a taxa líquida de reprodução (R_0) foi de 179,4 fêmeas, a taxa intrínseca de aumento populacional (r_m) de 0,274 fêmeas/fêmea/dia, a razão finita de aumento (λ) foi de 1,32 fêmeas por dia, o intervalo médio entre gerações (T) de 18,9 dias e o tempo para que ocorra a duplicação da população do parasitoide (TD) de 2,52 semanas (TABELA 5).

6 DISCUSSÃO

A sobrevivência de imaturos de parasitoides é extremamente dependente da probabilidade de sobrevivência do hospedeiro (Jervis & Copland, 1996). Além disso, os fatores climáticos (Rodrigues et al., 2004), a qualidade nutricional (Silva et al., 2008a) e as defesas do hospedeiro (Brodeur & Boiving, 2004), entre outros fatores, estão entre as principais causas de mortalidade em imaturos de parasitoides. O valor da porcentagem de mortalidade de imaturos de *P. volucre* observada neste estudo foi inferior ao determinado por Stilmant et al. (2008) para este mesmo parasitoide desenvolvido nos hospedeiros *Sitobion avenae* (Fabricius) (35,3%), *Metopolophium dirhodum* (Walker) (38,7%) e *Rhopalosiphum padi* (L.) (38,7%). Essa menor porcentagem de mortalidade de imaturos (22,7%) pode ser um indicativo da melhor qualidade de *M. euphorbiae*, em comparação a outros hospedeiros de *P. volucre*.

O tempo médio para o desenvolvimento de machos e fêmeas de *P. volucre* em *M. euphorbiae* foi inferior aos valores reportados por Conti et al.

(2008) em *M. euphorbiae* (15,2 e 15,9 dias, respectivamente) e em *Uroleucon ambrosiae* (Thomas) (15,8 e 15,9 dias, respectivamente). Já Sigsgaard (2000) observou que o tempo de desenvolvimento de *P. volucre*, sem distinção de sexo, em *Sitobion avenae* (Fabricius), foi de 10,1 dias. Nesse sentido, ressalta-se que a redução no tempo de desenvolvimento de parasitoides Aphidiinae é mais um indicativo da qualidade do hospedeiro, além de ser considerada a melhor trajetória de seu crescimento, o que corrobora relatos de Sequeira & Mackauer (1993).

A razão sexual de *P. volucre* encontrada no presente estudo foi superior ao reportado para o mesmo parasitoide em *M. euphorbiae* (0,44) (Conti, 2008) e em *Aulacorthum solani* (Kaltenbach) (0,49) (Silva et al., 2009) e inferior ao valor obtido por Languer et al. (2004) (0,7), quando *P. volucre* teve como hospedeiro o pulgão *S. avenae*. De acordo com Shukla & Tripathi (1993), as condições climáticas, o tamanho e a densidade do hospedeiro têm influência direta sobre a razão sexual em parasitoides, mas, mesmo assim, é comum observar maiores quantidades de fêmeas do que machos em populações de Aphidiinae. Além disso, parasitoides que se reproduzem de forma arrenótoca têm a vantagem de adaptarem-se rapidamente às mudanças ambientais, caso as condições do local de liberação sejam diferentes das condições nativas ou do local de produção dos parasitoides (Stouthamer, 1993).

As fêmeas de *P. volucre* mostraram taxa de oviposição em *M. euphorbiae* semelhante ao observado por Messenger (1964) para o parasitoide *Praon palitans* Muesebeck no hospedeiro *Therioaphis maculata* (Buckton). Ambas as espécies de parasitoide ovipositaram durante um período superior a 15 dias, tendo aproximadamente 50% dos ovos sido colocados até o 4º dia de vida das fêmeas. Entretanto, *P. volucre* apresentou fecundidade total (504 ovos) maior do que a observada para *P. pallitans* (298,8 ovos). Para *Aphidius ervi* Haliday, foi relatada fecundidade total de 777 ovos em ninfas de segundo instar do pulgão

Acyrtosiphon pisum (Harris), com 48% dos ovos sendo colocados até o 3º dia de vida das fêmeas e período de oviposição de 25 dias (Sequeira & Mackauer, 1994). Em outros Aphidiinae, como *A. colemani* e *L. testaceipes*, foi relatado que, em média, 85%-90% dos descendentes são produzidos até o 3º dia de vida, com as fêmeas ovipositando até, no máximo, o 8º dia de vida (Rodrigues et al., 2003; Torres et al., 2007; Silva et al., 2008b). Fica claro, então, que *A. colemani* e *L. testaceipes* apresentam estratégia de reprodução limitada pelo tempo. Assim, fêmeas dessas espécies necessitam parasitar o máximo de hospedeiros no menor tempo possível. Já *P. volucre*, assim como *P. palitans* e *A. ervi*, apresentam uma estratégia de reprodução limitada pelo número de ovos, ou seja, as fêmeas necessitam eliminar o máximo de ovos durante o seu ciclo de vida, sendo esta uma característica que pode aumentar a persistência dessas espécies no ambiente.

O superparasitismo pode representar um desperdício de ovos e, dessa forma, contribuir para a redução da eficiência do parasitoide na redução da população do hospedeiro (Messenger, 1964). No presente estudo, constatou-se baixa taxa de superparasitismo de *P. volucre* em ninfas de *M. euphorbiae*. Chow & Mackauer (1986) mencionam que, por meio do contato das antenas do parasitoide com o hospedeiro, ocorre a percepção dos marcadores químicos no exterior do corpo dos hospedeiros parasitados. Sidney et al. (2010) demonstraram de que as fêmeas de *P. volucre* não foram hábeis em discriminar hospedeiros já parasitados por *A. ervi*. Além disso, é importante salientar que a rejeição de um hospedeiro já parasitado é um fator chave para a não ocorrência do superparasitismo. Assim, é provável que o tempo em que as fêmeas permaneceram em contato com os hospedeiros ou, mesmo, o pequeno tamanho da arena de forrageamento utilizada no presente estudo tenham favorecido a ocorrência do superparasitismo, embora em porcentagem baixa.

A longevidade das fêmeas de *P. volucre* foi afetada pela presença dos hospedeiros. Silva et al. (2009) observaram que, na ausência do hospedeiro, as fêmeas de *P. volucre* apresentaram longevidade de 14,1 dias e Conti et al. (2008), por sua vez, reportaram longevidade de 20,4 dias, enquanto, no presente estudo, a longevidade média das fêmeas foi de 11 dias. Essa redução na longevidade dos parasitoides na presença do hospedeiro ocorre devido ao gasto de energia despendido pelas fêmeas para realizar a oviposição (Roitberg et al., 2001).

A taxa intrínseca de aumento populacional (r_m), que determina a velocidade de crescimento da população (Andrewartha & Birch, 1954), de *P. volucre* em *M. euphorbiae*, está próxima ao valor encontrado por Messenger (1964) para *P. palitans* em *T. maculata* ($r_m = 0,288$). No entanto, em comparação com outras espécies de parasitoides promissoras para o controle biológico de pulgões no Brasil, a r_m de *P. volucre* é superior à de *Dieratiella rapae* (McIntosh) ($r_m = 0,182$) em *Diuraphis noxia* (Mordwilko) (Bernal & González, 1997) e inferior ao encontrado para outros parasitoides, como *A. ervi* em ninfas de segundo instar de *A. pisum* ($r_m = 0,407$) (Sequeira & Mackauer, 1994), *L. testaceipes* sobre os pulgões *Schizaphis graminum* (Rondani) ($r_m = 0,513$) (Rodrigues et al., 2003), *R. maidis* ($r_m = 0,449$) e *A. gossypii* ($r_m = 0,441$) (Silva et al., 2008b), inferior também ao encontrado para *A. colemani* sobre *A. gossypii* ($r_m = 0,384$) (Torres et al., 2007).

Quando se deseja avaliar a efetividade de um inimigo natural no controle de determinada praga, um dos principais parâmetros a serem avaliados é a taxa intrínseca de aumento populacional (r_m). De acordo com Lenteren (2009), um inimigo natural será um agente de controle efetivo se, entre outros fatores, sua r_m for igual ou superior ao da praga alvo. Conti (2008), considerando as mesmas condições utilizadas neste estudo para *P. volucre*, observou que a taxa de aumento populacional (r_m) para *M. euphorbiae* foi de 0,29, além dos

valores de $R_0 = 68,67$, $T = 14,4$, $\lambda = 1,37$ e $TD = 2,37$. Assim, segundo o autor e dentro da condição avaliada, a população do pulgão apresentará 25 gerações por ano. Já neste estudo verifica-se que o parasitoide apresentará, em contrapartida, 19 gerações. Entretanto, como ambos possuem valores de r_m próximos, é de se esperar que a velocidade de crescimento de suas populações seja semelhante. Dessa forma, o sucesso do parasitoide na redução da população da praga vai depender, entre outros fatores, da taxa de ataque ao pulgão. Soma-se a isso a característica de *P. volucre* apresentar um longo período de oviposição, o que favorece a sobreposição de gerações e a sua permanência no ambiente. Essa condição seria vantajosa, favorecendo o parasitoide em detrimento a população de *M. euphorbiae*. Entretanto, deve-se levar em consideração que os testes, nesses estudos, foram conduzidos em espaços confinados e que esses resultados foram obtidos em condições ótimas para o desenvolvimento, tanto do parasitoide quanto da praga e onde não há interação com outros fatores que poderiam ter efeitos sobre a r_m de ambos. Assim, são necessários estudos futuros em casa de vegetação, onde há maiores espaços e menores densidades da praga (Lenteren & Woets, 1988).

No entanto, os resultados obtidos no presente estudo demonstram que *P. volucre* apresenta capacidade de aumento populacional quando utiliza como hospedeiro o pulgão *M. euphorbiae*, o que pode indicar uma potencialidade como agente de controle desta praga. Além disso, os dados obtidos fornecem subsídios para o desenvolvimento de um programa de controle biológico com o uso desse parasitoide.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREWARTHA, H. G.; BIRCH, L. C. The innate capacity for increase in numbers. In: _____. **The distribution and abundance of animals**. Chicago: University of Chicago, 1954. p. 31-54, 728 p.
- BELLOWS JUNIOR, T. S.; DIRESCH, R. G. van; ELKINTON, J. S. Life-table construction and analysis in the evaluation of natural enemies. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 37, n. 1, p. 587-614, Jan. 1992.
- BERNAL, J.; GONZÁLEZ, D. Reproduction of *Dieratiella rapae* on Russian wheat aphid hosts at different temperatures. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 82, n. 2, p. 159-166, Feb. 1997.
- BLACKMAN, R. L.; EASTOP, V. F. **Aphids on the world's crops: an identification guide**. Chichester: J. Wiley, 1985. 466 p.
- BOLL, R.; LAPCHIN, L. Projection pursuit nonparametric regression applied to field counts of the aphid *Macrosiphum euphorbiae* (Homoptera: Aphididae) on tomato crops in greenhouses. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 95, n. 2, p. 493-498, Apr. 2002.
- BRODEUR, J.; BOIVING, G. Functional ecology of immature parasitoids. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 49, n. 1, p. 27-49, Jan. 2004.
- BUENO, V. H. P. Controle biológico de pulgões ou afídeos-praga em cultivos protegidos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 225, p. 9-17, 2005.
- CHOW, F. J.; MACKAUER, M. Host discrimination and larval competition in the aphid parasite *Ephedrus californicus*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 41, n. 3, p. 243-254, Aug. 1986.
- CONTI, B. F. de. **Biologia e exigências térmicas de *Aulacorthum solani* (Kaltenbach), *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas), *Uroleucon ambrosiae* (Thomas) (Hem.: Aphididae) e *Praon volucre* (Haliday) (Hym.: Braconidae)**. 2008. 108 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CONTI, B. F. de; BUENO, V. H. P.; SAMPAIO, M. V. The parasitoid *Praon volucre* (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) as a potential biological control agent of the aphid *Uroleucon ambrosiae* (Hemiptera: Aphididae) on lettuce in Brazil. **European Journal of Entomology**, Branisovska, v. 105, n. 3, p. 485-487, 2008.

DIXON, A. F. G. The way of life of aphids: host specificity, speciation and distribution. In: MINKS, A. K.; HARREWING, P. **World crop pest-aphids: their biology, natural enemies and control**. Amsterdam: Elsevier, 1987. v. 2A, chap. 4.5, p. 197-207.

JERVIS, M.; COPLAND, M. J. W. The life cycle. In: JERVIS, M.; KIDD, N. **Insect natural enemies: practical approaches to their study and evaluation**. London: Chapman & Hall, 1996. p. 66-162.

LANGER, A.; BOIVIN, G.; HANCE, T. Oviposition, flight and walking capacity at low temperatures of four aphid parasitoid species (Hymenoptera: Aphidiinae). **European Journal of Entomology**, Branisovska, v. 101, n. 3, p. 473-479, 2004.

LENTEREN, J. C. van. Critérios de seleção de inimigos naturais. In: BUENO, V. H. P. (Ed.). **Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade**. Lavras: UFLA, 2009. p. 11-32.

LENTEREN, J. C. van; WOETS, D. J. Biological and integrated pest control in greenhouses. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 33, n. 1, p. 239-269, Jan. 1988.

MESSENGER, P. S. Use of life tables in a bioclimatic study of an experimental aphid-braconid wasp host-parasite system. **Ecology**, Durham, v. 45, n. 1, p. 119-131, 1964.

NEBREDA, M.; MICHELENA, J. M.; FERERES, A. Seasonal abundance of aphid species on lettuce crops in Central Spain and identification of their main parasitoids. **Journal of Plant Diseases and Protection**, Berne, v. 112, n. 4, p. 405-415, 2005.

RODRIGUES, S. M. M.; BUENO, V. H. P.; SAMPAIO, M. V. Tabela de vida de fertilidade de *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Hymenoptera: Aphidiidae) em *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae). **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 47, n. 4, p. 637-642, 2003.

RODRIGUES, S. M. M.; BUENO, V. H. P.; SAMPAIO, M. V.; SOGLIA, M. C. M. Influência da temperatura no desenvolvimento e parasitismo de *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae) em *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 33, n. 3, p. 341-346, maio/jun. 2004.

ROITBERG, B. D.; BOIVING, G.; VET, L. E. M. Fitness, parasitoids, and biological control: an opinion. **Canadian Entomologist**, Ottawa, v. 133, n. 3, p. 429-438, June 2001.

SEQUEIRA, R.; MACKAUER, M. Nutritional ecology of an host-parasitoid association: the pea aphid-*Aphidius ervi* system. **Ecology**, Durham, v. 73, n. 1, p. 183-189, Feb. 1993.

SEQUEIRA, R.; MACKAUER, M. Variation in selected life-history parameters of the parasitoid wasp, *Aphidius ervi*: influence of host developmental stage. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 71, n. 1, p. 15-22, 1994.

SHUKLA, A. N.; TRIPHATHI, C. P. M. Effect of food plants on the offspring sex ratio of *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Aphidiidae), a parasitoid of *Lipaphis erysimi* Kalt. (Hemiptera: Aphididae). **Biological Agriculture and Horticulture**, Oxon, v. 9, n. 2, p. 137-146, 1993.

SIDNEY, L. A.; BUENO, V. H. P.; LINS JUNIOR, J. C.; SAMPAIO, M. V.; SILVA, D. B. Larval Competition between *Aphidius ervi* and *Praon volucre* (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) in *Macrosiphum euphorbiae* (Hemiptera: Aphididae). **Environmental Entomology**, College Park, 2010. In press.

SIGSGAARD, L. The temperature-dependent duration of development and parasitism of three cereal aphid parasitoids, *Aphidius ervi*, *A. rhopalosiphi*, and *Praon volucre*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 95, n. 2, p. 173-184, 2000.

SILVA, D. B.; BUENO, V. H. P.; LINS JUNIOR, J. C.; SIDNEY, L. A.; CARVALHO, A. R. Quality of the aphid *Aulacorthum solani* for the parasitoid *Praon volucre*. **IOBC/WPRS Bulletin**, Zurich, v. 49, n. 1, p. 267-271, 2009.

- SILVA, R. J.; BUENO, V. H. P.; SILVA, D. B.; SAMPAIO, M. V. Qualidade de diferentes espécies de pulgões como hospedeiros do parasitoide *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 37, n. 2, p. 173-179, mar./abr. 2008a.
- SILVA, R. J.; BUENO, V. H. P.; SILVA, D. B.; SAMPAIO, M. V. Tabela de vida de fertilidade de *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae) em *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) e *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae). **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 52, n. 1, p. 124-130, jan./mar. 2008b.
- STARÝ, P.; SAMPAIO, M. V.; BUENO, V. H. P. Aphid parasitoids (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) and their associations related to biological control in Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 51, n. 1, p. 107-118, jan./mar. 2007.
- STEENIS, M. J. V. Intrinsic rate of increase of *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Hym.; Braconidae), a parasitoid of *Aphis gossypii* Glover (Hom., Aphididae) at different temperatures. **Journal of Applied Entomology**, Hamburg, v. 118, n. 2, p. 399-406, Sept. 1994.
- STILMANT, D.; BELLINGHEN, C. van; HANCE, T.; BOIVIN, G. Host specialization in habitat specialists and generalists. **Oecologia**, Berlin, v. 156, n. 4, p. 905-912, July 2008.
- STOUTHAMER, R. The use of sexual versus asexual wasps in biological control. **Entomophaga**, Paris, v. 38, n. 1, p. 3-6, Mar. 1993.
- TOMANOVIC, Z.; KAVALLIERATOS, N. G.; ATHANASSIOU, C. G.; STANISAVLEVIC, L. C. A review of the West Palaearctic aphidiines (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) parasitic on *Uroleucon* sp., with the description of a new species. **Annales de la Société Entomologique de France**, Paris, v. 39, n. 4, p. 343-353, 2003.
- TORRES, A. F.; BUENO, V. H. P.; SAMPAIO, M. V.; CONTI, B. F. de. Tabela de vida de fertilidade de *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Braconidae, Aphidinae) em *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 36, n. 4, p. 532-536, jul./ago. 2007.

8 ANEXOS

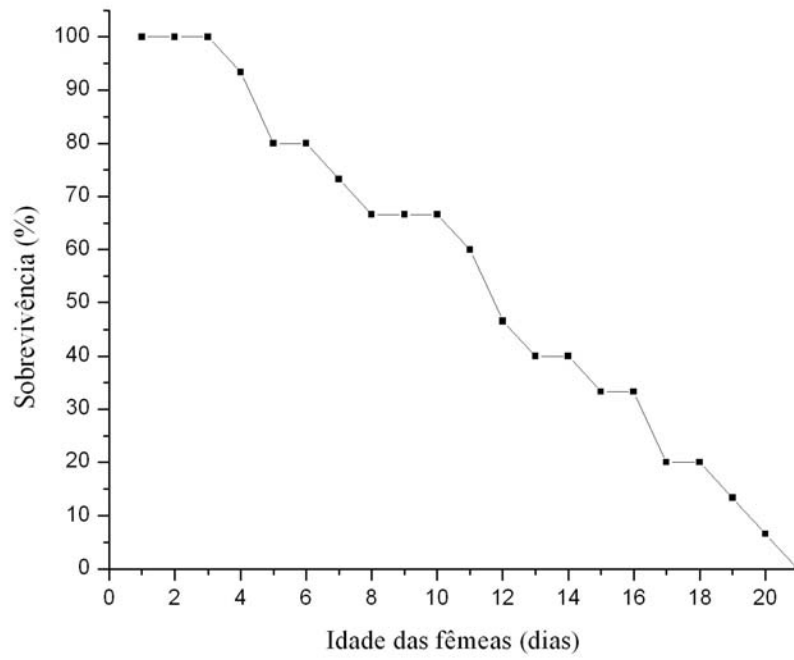


FIGURA 1 Sobrevivência das fêmeas (%) de *Praon volucre* em *Macrosiphum euphorbiae* ($22 \pm 1^\circ\text{C}$, UR de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h).

TABELA 1 Porcentagem de mortalidade de imaturos de *Praon volucre* em *Macrosiphum euphorbiae* ($22 \pm 1^\circ\text{C}$, UR de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h).

Fêmea	N° de larvas	N° de adultos	Mortalidade (%)
1	3	10	0,0
2	4	5	0,0
3	4	2	50,0
4	9	5	44,4
5	1	2	0,0
6	10	5	50,0
7	7	4	42,8
8	2	6	0,0
9	11	11	0,0
10	10	6	40,0
Média	-	-	22,7

TABELA 2 Fecundidade diária (em número) de *Praon volucre* em *Macrosiphum euphorbiae* ($22 \pm 1^\circ\text{C}$, UR de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h).

Idade da fêmea (dias)	Nº de fêmeas vivas	Pulgões oferecidos/fêmeas (n)	Total de ovos/fêmea ($\bar{X} \pm \text{EP}$)	Porcentagem acumulada de ovos/fêmea	Pulgões não parasitados ($\bar{X} \pm \text{EP}$)	Pulgões mortos ($\bar{X} \pm \text{EP}$)
1	15	300	98,3 ± 5,75	19,5	178,2 ± 5,62	25,7 ± 5,55
2	15	250	58,8 ± 4,68	31,1	166,3 ± 4,74	26,1 ± 5,51
3	15	200	52,7 ± 5,08	41,5	127,8 ± 4,62	20,9 ± 4,35
4	14	150	44,7 ± 4,56	50,4	92,1 ± 5,03	14,7 ± 3,36
5	12	100	42,7 ± 3,63	58,8	52,7 ± 3,67	6,0 ± 2,07
6	12	50	27,7 ± 3,39	64,3	20,9 ± 3,45	2,3 ± 1,22
7	11	50	28,1 ± 3,40	69,9	19,8 ± 3,26	3,9 ± 1,52
8	10	50	26,4 ± 2,89	75,1	22,7 ± 2,88	1,6 ± 1,22
9	10	50	22,6 ± 2,88	79,6	24,4 ± 3,07	3,5 ± 2,21
10	10	50	23,0 ± 3,16	84,1	25,4 ± 3,27	2,5 ± 1,64
11	9	50	18,5 ± 2,81	87,8	29,6 ± 2,89	2,8 ± 1,41
12	7	50	14,8 ± 2,63	90,8	35,3 ± 2,76	1,3 ± 1,26
13	6	50	15,3 ± 2,47	93,8	33,2 ± 2,61	1,6 ± 1,58
14	6	50	13,8 ± 2,37	96,5	35,2 ± 2,68	2,8 ± 2,00
15	5	50	7,6 ± 2,93	98,1	40,6 ± 2,85	1,8 ± 1,52
16	5	50	3,2 ± 1,82	98,7	45,0 ± 2,19	1,8 ± 1,55
17	3	50	4,0 ± 1,89	99,6	46,0 ± 1,89	0,0 ± 0,0
18	3	50	2,3 ± 1,05	100	47,0 ± 2,28	0,7 ± 1,04
19	2	50	0 ± 0,0	100	50,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
20	1	50	0 ± 0,0	100	50,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0
Total			504,8	100%	1142,3	119,3

TABELA 3 Número e porcentagem de ninfas de *Macrosiphum euphorbiae* contendo larvas de *Praon volucre* ($22 \pm 1^\circ\text{C}$, UR de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h).

Idade da fêmea (dias)	Número de fêmeas vivas	N° pulgões contendo larvas do parasitoide (média)	
		1 larva	2 larvas
1	15	93,9	2,2
2	15	56,5	1,1
3	15	50,0	1,3
4	14	41,9	1,3
5	12	40,0	1,4
6	12	25,9	0,9
7	11	25,9	1,1
8	10	25,0	0,7
9	10	21,6	0,5
10	10	21,2	0,9
11	9	17,0	0,8
12	7	14,6	0,1
13	6	15,3	0,0
14	6	12,5	0,7
15	5	7,6	0,0
16	5	3,2	0,0
17	3	3,7	0,3
18	3	2,3	0,0
19	2	0,0	0,0
20	1	0,0	0,0
% do total de pulgões parasitados		97,3	2,7

TABELA 4 Tabela de vida de fertilidade de *Praon volucre* em *Macrosiphum euphorbiae* ($22 \pm 1^\circ\text{C}$, UR de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h).

x	l_x	m_x	$l_x m_x$
15,4	0,794	54,07	42,93
16,4	0,794	32,33	25,67
17,4	0,794	28,99	23,02
18,4	0,741	24,46	18,12
19,4	0,635	23,50	14,92
20,4	0,635	15,25	9,69
21,4	0,582	15,45	8,99
22,4	0,529	14,52	7,68
23,4	0,529	12,43	6,58
24,4	0,529	12,65	6,69
25,4	0,476	10,21	4,86
26,4	0,371	8,19	3,04
27,4	0,318	8,42	2,68
28,4	0,318	7,61	2,42
29,4	0,265	4,18	1,11
30,4	0,265	1,76	0,47
31,4	0,159	2,40	0,38
32,4	0,159	1,27	0,20
33,4	0,106	0,00	0,00
34,4	0,053	0,00	0,00
Σ		277,67	179,44

TABELA 5 Parâmetros de crescimento populacional associados à tabela de vida de fertilidade de *Praon volucre* em *Macrosiphum euphorbiae* ($22 \pm 1^\circ\text{C}$, UR de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h).

R_0	r_m	λ	T	TD
179,4	0,274	1,32	18,9	2,52
(fêmeas)	(fêmea/fêmea/dia)	(fêmea/dia)	(dias)	(semanas)

CAPÍTULO 3

**Efeito do armazenamento em baixa temperatura nos parâmetros biológicos
e fisiológicos de *Praon volucre* (Haliday) (Hymenoptera: Braconidae,
Aphidiinae)**

1 RESUMO

O armazenamento em baixas temperaturas traz benefícios ao processo de produção massal de agentes entomófagos, facilitando a sua utilização nos programas de controle biológico de pragas. Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a influência de diferentes períodos de armazenamento, em parâmetros biológicos e fisiológicos do parasitoide *Praon volucre* (Haliday). Múmias do pulgão *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) com um dia de idade, contendo pré-pupas de *P. volucre*, foram avaliadas em quatro períodos de armazenamento, 5, 10, 15 e 20 dias, em câmara climática a 5°C e escotofase constante. Um tratamento controle foi mantido a 22±1°C, UR 70±10% e fotofase de 12 horas. A sobrevivência, a atividade de voo e o número de óvulos nos ovários das fêmeas de *P. volucre* foram reduzidos com o aumento do período de armazenamento. A longevidade das fêmeas que emergiram após 20 dias de armazenamento foi afetada pelo tempo de armazenamento. Variações nas taxas de parasitismo e de emergência e na razão sexual da progênie ocorreram em função da idade das fêmeas emergidas após o armazenamento. A perda de massa fresca nas múmias aumentou com o incremento do período de armazenamento. A massa de gordura corporal e o teor de gordura nas múmias mostraram redução linear com o aumento do período de armazenamento. O armazenamento de *P. volucre* por até 10 dias, a 5°C, pode facilitar tanto a sua produção massal quanto o seu uso em programas de controle biológico.

Palavras-chave: parasitoide, controle biológico, fecundidade, reservas de gordura, *Macrosiphum euphorbiae*.

2 ABSTRACT

Storage at low temperatures leads benefits to the mass-rearing process of entomophagous agents facilitating their use in biological control of pests. This study aimed to evaluate the influence of different cold storage periods in biological and physiological parameters of the parasitoid *Praon volucre* (Haliday). The one-day-old mummies of the aphid *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) containing pre-pupae of *P. volucre* were evaluated in four storage periods, 5, 10, 15 and 20 days in a climatic chamber at 5°C and constant scotophase. A control treatment was maintained at 22±1°C, RH 70±10% and photophase 12h. The survival, flight activity and number of eggs in the ovarioles of *P. volucre* females were reduced with increasing storage period. The female's longevity that emerged after 20 days of storage was influenced by storage time. Variations in parasitism and emergence rates and in offspring sex ratio were related to the age of the emerged females after storage. The loss mass of mummies increased with increasing storage time. The body fat mass and fat contents on the mummies showed a linear decrease with increasing storage period. The storage of pupae *P. volucre* for up to 10 days at 5°C do not affect its biological and physiological parameters and can facilitate both the mass-rearing and its use in aphid biological control programs.

Key words: parasitoid, biological control, fecundity, fat reserves, *Macrosiphum euphorbiae*

3 INTRODUÇÃO

O armazenamento de insetos em baixas temperaturas tem se revelado uma ferramenta valiosa na produção massal de agentes entomófagos (Lenteren & Tommasini, 2003). Essa técnica permite maior flexibilidade na produção desses insetos, tanto em nível de pesquisa como em larga escala, promovendo a sincronização da produção no laboratório com os picos de liberação no campo, assim como também aumentando a disponibilidade de predadores e parasitoides para o mercado consumidor (Leopold, 1998).

A maioria dos estudos demonstra que a temperatura ótima para o armazenamento de parasitoides situa-se entre 0° e 7°C (Hofsvang & Hågvar, 1977; Singh & Srivastava, 1988; Rodrigues et al., 2003; Colinet et al., 2006, 2007). Nesta situação, esses insetos entram em estado de dormência conhecido como quiescência, que resulta no desaceleramento das atividades do organismo como respostas às condições adversas do ambiente e, quando cessam as condições adversas, geralmente ocorre a retomada das atividades normais do indivíduo (Leopold, 1998).

Embora as causas da morte de insetos, quando expostos às baixas temperaturas, ainda não sejam totalmente conhecidas, sabe-se que elas podem influenciar diretamente importantes parâmetros biológicos (Denlinger & Lee Junior, 1998). No caso específico dos parasitoides de pulgões, baixas temperaturas associadas com períodos prolongados de armazenamento podem afetar diretamente a sobrevivência (Hofsvang & Hågvar, 1973), a longevidade dos adultos (Colinet et al., 2006), a reprodução (Levie et al., 2005) e a “fitness” dos sobreviventes (Amice et al., 2008).

O conhecimento das respostas dos insetos às baixas temperaturas associadas aos períodos de armazenamento pode ser um fator chave para a determinação do tempo máximo de estocagem, sem que haja grandes prejuízos

aos parâmetros biológicos e fisiológicos de parasitoides, assim como no seu desempenho pós-armazenamento.

A espécie *Praon volucre* (Haliday) é um endoparasitoide solitário de origem Paleártica que apresenta elevada gama de hospedeiros. Segundo Tomanovic et al. (2009), *P. volucre* está associado a 24 espécies de pulgões em plantios comerciais na Europa, além de várias outras espécies de pulgões em plantas não cultivadas. No Brasil, encontra-se adaptado às diversas regiões, parasitando pulgões em plantas ornamentais, alfafa, ervilha e em gramíneas nativas (Gassen & Tambasco, 1983). É apontado como um importante inimigo natural para o controle biológico de pulgões da tribo Macrosiphini (Starý et al., 2007), como *Macrosiphum euphorbiae*, *Uroleucon ambrosie* (Tomas) (Conti et al., 2008) e *Aulacorthum solani* (Kaltenbach) (Silva et al., 2009). No entanto, a criação massal e a potencialidade de *P. volucre* como agente de controle biológico podem depender de sua resposta às condições de armazenamento, sendo, assim, uma característica desejável a ser determinada.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes períodos de armazenamento, a 5°C, em parâmetros biológicos e fisiológicos do parasitoide *P. volucre*, visando à criação massal e seu uso em programas de controle biológico.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Obtenção e criação de *M. euphorbiae* e *P. volucre*

Colônias de *M. euphorbiae* foram coletadas em plantas de alface (*Lactuca sativa* L.) cultivadas sob sistema hidropônico, no campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Após identificação, no laboratório, foram transferidas para placas de Petri (15 cm de diâmetro) contendo disco foliar de alface, cv. Verônica, sobre uma camada de ágar-água 1%. Essas placas foram

mantidas em câmara climática, a $22\pm 1^\circ\text{C}$, UR de $70\pm 10\%$ e fotofase de 12 horas. A partir da terceira geração obtida no laboratório, os descendentes foram utilizados para iniciar uma criação de manutenção em plantas de alface mantidas em vasos no interior de gaiolas de acrílico (60x30x30 cm), segundo a metodologia proposta por Sidney et al. (2010).

Plantas de serralha, *Sonchus oleraceus* L., contendo múmias e pulgões, foram coletadas no campo. No laboratório, em sala climatizada ($22\pm 3^\circ\text{C}$), essas múmias coletadas foram individualizadas em tubos de vidro (100x8 mm) até a emergência de parasitoides adultos, os quais foram identificados de acordo com Tomanovic et al. (2003). Adultos de *P. volucre* foram, então, liberados em gaiolas de acrílico (60x30x30 cm) contendo uma planta de alface infestada com *M. euphorbiae*, dando-se início à criação de manutenção desse parasitoide, conforme metodologia de Sidney et al. (2010).

4.2 Sobrevivência de imaturos e longevidade de adultos de *P. volucre*

Para a obtenção dos lotes de múmias de *M. euphorbiae*, fêmeas de *P. volucre* (n = 20), com até 24 horas de vida, previamente alimentadas com mel e acasaladas, foram liberadas em placas de Petri (5 cm de diâmetro) contendo disco foliar de alface sobre uma camada de ágar-água 1% e 40 ninfas do pulgão *M. euphorbiae*. Para a padronização da idade das ninfas, adultos de *M. euphorbiae* foram mantidas, por 24 horas, em placas de Petri (15 cm de diâmetro) contendo um disco foliar de alface sobre uma camada de ágar-água 1%. Após esse período, os pulgões adultos foram retirados das placas e as ninfas de segundo e terceiro instares (cerca de 24 a 36 horas de idade) foram utilizadas nos experimentos. As fêmeas do parasitoide foram mantidas nas placas (5 cm de diâmetro) por um período de duas horas, observando-se a ocorrência de oviposições. Essas placas foram vedadas com papel toalha e mantidas em

câmara climática, a $22\pm 1^{\circ}\text{C}$, UR de $70\pm 10\%$ e fotofase de 12 horas, até a mumificação dos pulgões.

Por esse método, foram obtidos cinco lotes de múmias com um dia de idade. Um lote contendo 190 múmias foi utilizado no tratamento controle ou testemunha ($22\pm 1^{\circ}\text{C}$, UR de $70\pm 10\%$ e fotofase de 12 horas) e outros quatro, contendo 300 múmias cada um, foram avaliados em quatro períodos de armazenamento 5, 10, 15 e 20 dias, em câmara climática, à temperatura de 5°C , UR de $70\pm 10\%$ e escotofase constante. Para evitar choque térmico, quando da transferência das múmias, as mesmas passaram por um processo de aclimação. Assim, para cada lote, antes de cada um dos períodos de armazenamento, a temperatura da câmara climática foi diminuída em 1°C , a cada 25 minutos, até chegar à temperatura de 5°C , totalizando 425 minutos de aclimação. Terminado o período de armazenamento, foi feita a reaclimação das múmias com o aumento da temperatura da câmara climática em 1°C , a cada 25 minutos, até chegar à temperatura de 22°C . Assim, após cada período de armazenamento, as múmias foram individualizadas em tubos de vidro (100x8 mm) vedados com filme PVC, até a emergência dos adultos do parasitoide, totalizando 10 repetições por tratamento. Múmias de onde não houve emergência foram dissecadas para identificar a fase de desenvolvimento na qual ocorreu mortalidade de *P. volucre*.

Para avaliar a longevidade de *P. volucre*, 20 adultos emergidos (10 fêmeas e 10 machos), provenientes de cada período de armazenamento e do tratamento controle, foram mantidos nos tubos de vidro (100x8 mm), em câmara climática, a $22\pm 1^{\circ}\text{C}$, UR de $70\pm 10\%$, fotofase de 12 horas e alimentados diariamente com gotículas de água e mel, até a morte dos mesmos.

4.3 Fecundidade potencial das fêmeas e tamanho dos adultos de *P. volucre*

Dez fêmeas de *P. volucre* desenvolvidas em cada um dos períodos de armazenamento a 5°C, com 24 horas de vida, foram mortas em álcool 70% e dissecadas para a contagem do número de óvulos em seus ovariolos. Nesse procedimento, os ovariolos foram separados do restante do gáster sob microscópio estereoscópico e corados com solução de azul de lactofenol para facilitar a visualização dos óvulos. Na sequência, foram contados os óvulos dos dois ovariolos, sob microscópio ótico (aumento 100x), de acordo com a metodologia de Sampaio et al. (2008).

Na avaliação do tamanho dos parasitoides emergidos após o armazenamento, foi medida a tibia posterior direita de um total de 20 indivíduos, 10 fêmeas e 10 machos de *P. volucre*, desenvolvidos em cada tratamento. As tibias foram colocadas em uma gota de álcool 70%, entre lâmina e lamínula, e medida sob microscópio ótico (aumento de 100x), com auxílio de uma ocular micrométrica.

4.4 Capacidade de voo de adultos de *P. volucre*

O teste de capacidade de voo foi desenvolvido de acordo com a metodologia proposta por Langer et al. (2004). Machos e fêmeas de *P. volucre*, com um dia de idade e desenvolvidos em cada tratamento, foram colocados no interior de um tubo de acrílico (3,5x2 cm), mantido em uma placa de Petri (15 cm de diâmetro). Sobre esta placa foi colocado um cilindro de paredes opacas (20x10 cm), apresentando no seu topo uma tampa transparente contendo cola stik. Foi colocada uma lâmpada (luz branca de 9 W) logo acima do cilindro, servindo para a atração dos indivíduos. Para evitar que os parasitoides ficassem caminhando na parte inferior do cilindro, foi colocada água na placa de Petri. Anotou-se o número de parasitoides colados na tampa após o período de 4 horas. O teste foi realizado em sala climatizada (22±3°C e UR de 70% e fotofase de

12h.) e, para cada tratamento, foram testados 50 adultos, divididos em 5 repetições contendo 10 parasitoides cada (5 fêmeas e 5 machos).

4.5 Capacidade reprodutiva de *P. volucre*

Para o teste da capacidade reprodutiva, fêmeas e machos emergidos após cada período de armazenamento foram alimentados com mel e acasalados. Em seguida, cada fêmea foi liberada em uma placa de Petri (5 cm de diâmetro) contendo disco foliar de alface sobre uma camada de ágar-água 1% e 20 ninfas de segundo e terceiro instares de *M. euphorbiae*, totalizando 10 repetições para cada tratamento. As fêmeas permaneceram nas placas pelo período de uma hora. Assim, para cada fêmea, o parasitismo foi testado após 24, 48 e 72 horas após a emergência. Dez dias após o parasitismo, as múmias formadas foram individualizadas em tubos de vidro (100x8 mm) até a emergência dos parasitoides adultos. Foram avaliadas as porcentagens de parasitismo e a emergência e a razão sexual da progênie.

4.6 Parâmetros fisiológicos

Para a avaliação da perda de água e reservas gordurosas de *P. volucre* após os períodos de armazenamento a 5°C, utilizou-se metodologia proposta por Colinet et al. (2006), na qual são utilizadas múmias do hospedeiro contendo o parasitoide para estimar os parâmetros fisiológicos de *P. volucre*. Para cada tratamento, utilizaram-se 100 múmias, divididas em 5 grupos, o que correspondeu às repetições de 20 múmias cada um, as quais foram pesadas em balança de precisão (0,1 mg).

Para a determinação da perda de massa (PM) ocorrida durante o período de exposição das múmias ao frio (5°C), a massa fresca (MF) foi medida antes (MFa) e depois (MFd) dos períodos de armazenamento. A perda de massa (PM) correspondeu à diferença entre MFa e MFd e foi expressa como porcentagem

inicial de massa ($PM = MFa - MFd / MFa \times 100$). As múmias provenientes de cada período de armazenamento foram secas em estufa, a 60°C, com circulação forçada de ar por um período de três dias e, em seguida, novamente pesadas para a determinação da massa seca (MS). A massa magra seca (MMS) foi medida pela extração de lipídeos em solução de clorofórmio/metanol (2:1). Para esse procedimento, cada múmia foi perfurada com um estilete e colocada em um tubo Eppendorf contendo 1,5 mL da solução extratora, pelo período de duas semanas e agitados diariamente. As múmias foram colocadas, por 12 horas, em estufa, a 60°C, para a completa eliminação da solução extratora, antes da medição da MMS. A massa de gordura corporal (MGC) correspondeu à diferença entre a massa seca e a massa magra seca ($MGC = MS - MMS$) e o teor de gordura (TG) foi calculado como uma proporção da MMS ($TG = MGC/MMS$). Como controle, todas as medições referidas acima foram também realizadas em lote de 100 múmias que não foram armazenadas.

4.7 Análises dos dados

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com 5 tratamentos e 10 repetições, exceto para os parâmetros de capacidade de voo, perda de massa fresca, massa de gordura corporal e teor de gordura, nos quais foram utilizadas 5 repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão. Os dados de longevidade de adultos e comprimento da tibia posterior também foram submetidos à análise de variância e utilizou-se o teste de Tukey, a 5% de significância, para comparação das medias.

5 RESULTADOS

5.1 Emergência, longevidade e tamanho de *P. volucre*

A porcentagem de emergência do parasitoide *P. volucre* foi reduzida com o aumento do tempo de armazenamento (FIGURA 2). No entanto, a baixa temperatura (5°C) não afetou a morfogênese do parasitoide, visto que, em todos os tratamentos, exceto aos 5 dias de armazenamento, as dissecações demonstraram que a grande maioria dos parasitoides que não conseguiu emergir da múmia encontrava-se nas fases de pupa ou adulto (TABELA 6).

Não foi constatada diferença significativa na longevidade de machos de *P. volucre* entre os diferentes períodos de armazenamento a 5°C ($P = 0,722$) (TABELA 6). Em contrapartida, observou-se que a longevidade das fêmeas foi afetada somente aos 20 dias de armazenamento ($F = 3,465$; $df = 5,499$; $P = 0,017$).

A exposição de múmias do pulgão parasitadas por *P. volucre* ao frio (5°C) não afetou o tamanho dos parasitoides adultos emergidos (♀ : $P = 0,117$; $P = 0,142$) (TABELA 6).

5.2 Atividade de voo e fecundidade potencial de *P. volucre*

A atividade de voo do parasitoide *P. volucre* (FIGURA 3) foi reduzida com o aumento do tempo de armazenamento ($F = 3,682$; $P = 0,0261$). Aos 20 dias, foi registrada a menor porcentagem de adultos voadores (70,0%).

A fecundidade potencial de *P. volucre*, ou seja, o número de óvulos nos ovariolos das fêmeas (FIGURA 4), foi influenciada pela exposição do parasitoide à baixa temperatura do armazenamento ($F = 8,758$; $P = 0,0001$). As fêmeas que emergiram após 20 dias de armazenamento continham aproximadamente a metade da quantidade de óvulos das fêmeas mantidas nas condições do tratamento controle (22°C).

5.3 Parasitismo, emergência e razão sexual da progênie de *P. volucre*

Houve redução significativa na taxa de parasitismo (FIGURA 5) de *P. volucre* para fêmeas com idade de 24 horas ($F = 4,833$; $P = 0,0032$), 48h ($F = 4,574$; $P = 0,0043$) e 72h ($F = 3,144$; $P = 0,0257$).

As taxas de emergência da progênie (FIGURA 6) mantiveram-se acima de 50% em todos os períodos e idades das fêmeas testados. Entretanto, observou-se, na maioria dos períodos de armazenamento, tendência de aumento nas taxas de emergência com o aumento da idade das fêmeas que parasitaram, exceto aos 15 dias de armazenamento, quando se verificou redução na taxa de emergência com o aumento da idade das fêmeas.

A razão sexual (FIGURA 7) mostrou tendência de aumento na proporção de fêmeas produzidas na progênie com o aumento da idade das fêmeas que parasitaram.

5.4 Parâmetros fisiológicos

Foi verificado aumento na perda de massa das múmias armazenadas a 5°C ($F = 46,664$; $P = 0,00001$) (FIGURA 8). Houve decréscimo na massa de gordura corporal com o aumento do período de armazenamento ($F = 25,939$; $P = 0,00001$) (FIGURA 9A) e no teor de gordura das múmias de *M. euphorbiae* parasitadas por *P. volucre* expostas ao frio de 5°C ($F = 17,424$; $P = 0,00001$) (FIGURA 9B).

6 DISCUSSÃO

A magnitude dos efeitos prejudiciais provocados pelas baixas temperaturas de armazenamento é proporcional aos tempos de exposição a que os insetos são submetidos (Leopld, 1998). No presente estudo, houve redução na taxa de sobrevivência do parasitoide *P. volucre*, na medida em que se aumentou o período de armazenamento. Este fato foi também observado em outros

parasitoides afidiíneos (Archer et al., 1973; Scopes et al., 1973; Hofsvang & Hågvar, 1977; Singh & Srivastava, 1988; Rodrigues et al., 2003; Colinet et al., 2006, 2007).

Entretanto, a adoção de regimes de aclimação pré e pós-armazenamento tende a aumentar a sobrevivência desses insetos, uma vez que reduzem as injúrias provocadas pelos períodos prolongados de exposição às baixas temperaturas (Leopold, 1998; Levie et al., 2005). Tal efeito pode, então, ter contribuído para aumentar a sobrevivência de *P. volucre* em todos os períodos de armazenamento avaliados. Rodrigues et al. (2003) observaram que a taxa de sobrevivência para *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) foi de 7,5%, quando este parasitoide foi armazenado a 5°C, por 20 dias, sem nenhum regime de aclimação.

Singh & Srivastava (1988) obtiveram taxa de sobrevivência de 40%, após 20 dias, para o parasitoide *Trioxys indicus* Subba Rao & Sharma, quando foi feita a aclimação pré-armazenamento. Já com aclimação pré e pós-armazenamento, o parasitoide *Aphidius colemani* Viereck apresentou aproximadamente 65% de sobrevivência, quando armazenado por 21 dias à temperatura de 4°C (Colinet et al., 2006), sendo este valor semelhante ao encontrado no presente estudo (64,8%), para a espécie *P. volucre*, após 20 dias de armazenamento a 5°C.

Levie et al. (2005) avaliaram diferentes métodos de aclimação na sobrevivência do parasitoide *Aphidius rhopalosiphi* DeStefani-Peres e observaram que, independente do método testado, as taxas de sobrevivência foram maiores para múmias armazenadas com um dia de idade em oposição às múmias armazenadas com três dias de idade. Dessa forma, fica claro que não só o regime de aclimação adotado, mas também a idade com que os insetos são armazenados é fator importante e que pode aumentar a taxa de sobrevivência dos parasitoides.

Resistência ao frio é um dos principais mecanismos que possibilitam a sobrevivência de parasitoides, quando expostos às baixas temperaturas (Langer & Hance, 2000), e a utilização das fontes de reserva energética pelos insetos em estágio dormente tem importância fundamental neste processo, uma vez que está diretamente relacionada com a manutenção do metabolismo (Denlinger & Lee Junior, 1998; Sinclair et al., 2003). No presente estudo, houve aumento na taxa de perda de massa fresca pelas múmias de *M. euphorbiae* parasitadas por *P. volucre*, em função do aumento do período de exposição à temperatura de 5°C. Esta redução deve-se ao maior consumo das reservas gordurosas pelo parasitoide nos maiores períodos de armazenamento (FIGURAS 9A e 9B). Colinet et al. (2006, 2007) também relataram aumento na perda de massa em função do aumento no período de armazenamento em baixas temperaturas e associaram essa perda ao consumo de biomassa pelos parasitoides.

Segundo Hahn & Denlinger (2007), o consumo de reservas gordurosas contribuem para a redução na “fitness” dos insetos depois de passarem por um estágio dormente, seja em diapausa ou quiescência. De fato, o decréscimo acentuado das reservas gordurosas de *P. volucre* pode ter afetado parâmetros importantes da sua biologia, principalmente a sobrevivência e a fecundidade. Assim, por meio da dissecação de múmias, em que foi constatado não haver emergência de adultos, observou-se que a mortalidade ocorreu principalmente após a metamorfose dos parasitoides adultos (TABELA 6). A incapacidade dos adultos recém-formados em abandonar a múmia se deve, em parte, à energia insuficiente para a realização de tal tarefa, como também observado por Colinet et al. (2006), com o parasitoide *A. colemani*.

Períodos prolongados de exposição dos parasitoides às baixas temperaturas geralmente reduzem a longevidade dos adultos emergidos (Hance et al., 2007). No presente estudo, as fêmeas de *P. volucre* tiveram sua longevidade reduzida somente após 20 dias de armazenamento. A alimentação

diária dos adultos de *P. volucre* com mel e água pode ter contribuído para manter elevada a sua longevidade. Segundo Bueno et al. (2006), o fornecimento de água e mel é capaz de aumentar a longevidade dos adultos do parasitoide *A. colemani*. Entretanto, também existem relatos da redução na longevidade dos parasitoides *Aphidius picipes* Nees (Amice et al., 2008) e *A. colemani* (Colinet et al., 2006) com o aumento do período de armazenamento, mesmo com fornecimento diário de alimento aos adultos.

A atividade de voo é uma das principais características referentes ao desempenho dos parasitoides em condições de campo e períodos prolongados de exposição às baixas temperaturas geralmente resultam em redução na capacidade de voo após o armazenamento (Lenteren & Tomasini, 2003). Embora não existam dados, na literatura, sobre testes de capacidade de voo visando o controle de qualidade de parasitoides Aphidiinae, foi observado, neste estudo, que *P. volucre* mantém elevada capacidade de voo (70,0%), mesmo após 20 dias de armazenamento a 5°C. De acordo com Hahn & Denlinger (2007), em muitos insetos, o estado prolongado de dormência pode trazer um custo metabólico muito grande aos músculos do vôo, resultando, geralmente, em redução na capacidade de voo após a sua emergência.

Em condições normais de desenvolvimento, os recursos alocados para reprodução pelo parasitoide não podem ser utilizados para sobrevivência (Eilers, 1996) e, durante a vida adulta, as reservas acumuladas na fase larval podem ser utilizadas como fontes de nutrientes para a produção de óvulos suplementares (espécies sinovigênicas) e manter as funções somáticas (Jervis et al., 2008). Entretanto, a redução no número de óvulos/fêmea de *P. volucre* com o aumento do período de armazenamento indica que houve realocação das reservas de gordura, pois, sendo os ovos ricos em lipídeos, é provável que os mesmos tenham sido utilizados para a manutenção do metabolismo do parasitoide, garantindo assim a sua sobrevivência. Petters & Grosch (1977) observaram

efeito contrário ao observado neste estudo com *P. volucre*, pois o estresse provocado pela baixa temperatura de armazenamento resultou na produção de ovariolos supernumerários no parasitoide *Bracon hebetor* Say, aumentando, dessa forma, o potencial reprodutivo das fêmeas.

Examinar a taxa de parasitismo após o armazenamento dos parasitoides parece ser outro meio de testar a fecundidade e a atração pelo hospedeiro (Leopold, 1998), além de ser o método mais comumente utilizado nos testes de controle de qualidade dos parasitoides produzidos massalmente (Lenteren, 2009). As taxas de parasitismo obtidas para *P. volucre* foram superiores aos valores obtidos por outros autores, que não expuseram este parasitoide a condições de frio. Langer et al. (2004) observaram taxa de parasitismo inferior a 60,0% no pulgão *Sitobion avenae* (Fabricius), Conti et al. (2008) verificaram 54,4% e 35,6%, nos pulgões *M. euphorbiae* e *Uroleucon ambrosiae* (Thomas), respectivamente e Silva et al. (2009) obtiveram 58,5% de parasitismo em *Aulacorthum solani* (Kaltenbach).

Também é importante ressaltar que as taxas de parasitismo foram semelhantes para cada período de armazenamento testado nas diferentes idades das fêmeas, demonstrando que não houve perda na “fitness” do parasitoide logo após a sua emergência. Hofsvang & Håvgar (1977) observaram que o armazenamento não afetou a fecundidade do parasitoide *Ephedrus cerasicola* Starý, enquanto, nas mesmas condições testadas, o parasitoide *A. colemani* teve redução no número de descendentes produzidos após o armazenamento. Isso demonstra que a tolerância às baixas temperaturas é uma característica que está relacionada à espécie e não ao método de armazenamento utilizado.

As taxas de emergências obtidas em todos os períodos de armazenamento testados foram tão altas quanto e semelhantes às taxas observadas para *P. volucre* em outros hospedeiros. No pulgão *A. solani*, Silva et

al. (2009) obtiveram 79,3% de emergência e, nos pulgões *U. ambrosiae* e *M. euphorbiae*, Conti et al. (2008) observaram 74,9% e 87,5%, respectivamente.

Os parasitoides Aphidiinae têm reprodução do tipo arrenótoca, ou seja, a partir de óvulos fecundados originam-se fêmeas, enquanto dos óvulos não fecundados, apenas machos (Starý, 1988). Dessa maneira, a razão sexual nos parasitoides é afetada porque a baixa temperatura de armazenamento pode esterilizar os machos, com consequente não fertilização dos óvulos (Levie et al., 2005), reduzir a espermatogênese (Lacoume et al., 2007) ou reduzir o desempenho dos machos, de modo que a cópula não ocorre ou é dificultada (Amice et al., 2008; Colinet & Hance, 2009).

No presente estudo não foi observada esterilidade dos machos de *P. volucre*, uma vez que todas as fêmeas avaliadas produziram descendentes do sexo feminino. A razão sexual da progênie de *P. volucre* só foi reduzida a partir dos dez dias de armazenamento. Entretanto, houve tendência de aumento na quantidade de descendentes do sexo feminino produzidos com o aumento da idade das fêmeas da geração parental, em todos os períodos de armazenamento testados, confirmando relatos de Ayvaz et al. (2008) do mesmo efeito para o parasitoide *Trichogramma evanescens* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae), após o armazenamento.

Pupas de *P. volucre* podem ser armazenadas por até 10 dias, a 5°C, sem afetar a sobrevivência dos adultos. Além disso, pela avaliação do consumo de reservas de gordura, pode-se constatar que não há comprometimento de importantes características biológicas desse parasitoide, como parasitismo, longevidade, capacidade de voo, fecundidade e razão sexual da progênie. Dessa forma, curtos períodos de armazenamento de *P. volucre* podem ser utilizados para facilitar tanto a sua produção massal quanto a utilização em programas de controle biológico.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMICE, G.; VERNON, P.; OUTREMAN, Y.; ALPHEN, J. van; BAAREN, J. van. Variability in responses to thermal stress in parasitoids. **Ecological Entomology**, Oxford, v. 33, n. 6, p. 701-708, Dec. 2008.
- ARCHER, T. L.; MURRAY, C. L.; EIKENBARY, R. D.; STARKS, K. J.; MORRISON, R. D. Cold storage of *Lysiphlebus testaceipes* mummies. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 2, n. 6, p. 1104-1108, Dec. 1973.
- AYVAZ, A.; KARASU, E.; KARABÖRKLÜ, S.; TUNÇBILEK, A. Ş. Effects of cold storage, rearing temperature, parasitoid age and irradiation on the performance of *Trichogramma evanescens* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Journal of Stored Products Research**, Egham, v. 44, n. 3, p. 232-240, Apr. 2008.
- BUENO, V. H. P.; SAMPAIO, M. V.; LENTEREN, J. C. van; CONTI, B. F. de; SILVA, R. J.; RODRIGUES, S. M. M.; CARNEVALE, A. B. Evaluation of two aphid parasitoid as candidates for biological control of aphids in protected cultivation in Brazil. **IOBC/WPRS Bulletin**, Zurich, v. 29, n. 4, p. 175-347, 2006.
- COLINET, H.; HANCE, T. Male reproductive potential of *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Aphidiinae) exposed to constant or fluctuating thermal regimens. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 38, n. 1, p. 242-249, Feb. 2009.
- COLINET, H.; HANCE, T.; VERNON, P. Water relations, fat reserves, survival, and longevity of a cold-exposed parasitic wasp *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Aphidiinae). **Environmental Entomology**, Lanham, v. 35, n. 2, p. 228-236, 2006.
- COLINET, H.; VERNON, P.; HANCE, T. Does thermal-related plasticity in size and fat reserves influence supercooling abilities and cold-tolerance in *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Aphidiinae) mummies? **Journal of Thermal Biology**, Oxford, v. 32, n. 7/8, p. 374-382, Oct./Dec. 2007.
- CONTI, B. F. de; BUENO, V. H. P.; SAMPAIO, M. V. The parasitoid *Praon volucre* (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) as a potential biological control agent of the aphid *Uroleucon ambrosiae* (Homoptera: Aphididae) on lettuce in Brazil. **European Journal of Entomology**, Bratislava, v. 105, n. 3, p. 485-487, 2008.

- DENLINGUER, D. L.; LEE JUNIOR, R. E. Physiology of cold sensitivity. In: HALLMAN, G. L.; DENLINGER, D. L. (Ed.). **Temperature sensitivity in insects and application in integrated pest management**. Boulder: Westview, 1998. p. 55-96.
- ELLERS, J. Fat and eggs: an alternative method to measure the trade-off between survival and reproduction in insects parasitoids. **Netherlands Journal of Zoology**, Zeist, v. 46, n. 3/4, p. 227-235, 1996.
- GASSEN, D. N.; TAMBASCO, F. J. Controle biológico dos pulgões do trigo no Brasil. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 9, n. 104, p. 49-51, ago. 1983.
- HAHN, D. A.; DENLINGER, D. L. Meeting the energetic demands of insect diapause: nutrient storage and utilization. **Journal of Insect Physiology**, Oxford, v. 53, n. 8, p. 760-773, Aug. 2007.
- HANCE, T.; BAAREN, J. van; VERNON, P.; BOIVIN, G. Impact of extreme temperatures on parasitoids in a climate change perspective. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 52, n. 1, p. 107-126, Jan. 2007.
- HOFSTVANG, T.; HÅGVAR, E. B. Cold storage and supercooling points of mummies of *Ephedrus cerasicola* Starý and *Aphidius colemani* Viereck (Hym. Aphidiidae). **Norwegian Journal of Entomology**, Oslo, v. 24, n. 1, p. 1-6, 1977.
- JERVIS, M. A.; ELLERS, J.; HARVEY, J. A. Resource acquisition, allocation, and utilization in parasitoid reproductive strategies. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 53, n. 1, p. 361-385, Jan. 2008.
- KOŠTAL, V.; VAMBERA, J.; BASTL, J. On the nature of pre-freeze mortality in insects: water balance, ion homeostasis and energy charge in the adults of *Pyrrhocoris apterus*. **The Journal of Experimental Biology**, Ottawa, v. 207, n. 9, p. 1509-1521, Apr. 2004.
- LACOUME, S.; BRESSAC, C.; CHEVRIER, C. Sperm production and mating potential of males after a cold shock on pupae of the parasitoid wasp *Dinarmus basalis* (Hymenoptera: Pteromalidae). **Journal of Insect Physiology**, Oxford, v. 53, n. 10, p. 1008-1015, Oct. 2007.

LANGER, A.; BOIVIN, G.; HANCE, T. Oviposition, flight and walking capacity at low temperatures of four aphid parasitoid species (Hymenoptera: Aphidiinae). **European Journal of Entomology**, Branisovska, v. 101, n. 3, p. 473-479, 2004.

LANGER, A.; HANCE, T. Overwintering strategies and cold hardiness of two aphid parasitoid species (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae). **Journal of Insect Physiology**, Oxford, v. 46, n. 5, p. 671-676, May 2000.

LETEREN, J. C. van. Critérios de seleção de inimigos naturais. In: BUENO, V. H. P. (Ed.). **Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade**. Lavras: UFLA, 2009. p. 11-32.

LEOPOLD, R. A. Cold storage of insects for integrated pest management. In: HALLMAN, G. L.; DENLINGER, D. L. (Ed.). **Temperature sensitivity in insects and application in integrated pest management**. Boulder: Westview, 1998. p. 235-267.

LEVIE, A.; VERNON, P.; HANCE, T. Consequences of acclimation on survival and reproductive capacities of cold-stored mummies of *Aphidius rhopalosiphi* (Hymenoptera: Aphidiinae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 98, n. 3, p. 704-708, Mar. 2005.

NEDVĚD, O.; WINDSOR, D. Supercooling ability, fat and water contents in a diapausing tropical beetle, *Stenotarsus rotundus* (Coleoptera: Endomychidae). **European Journal of Entomology**, Branisovska, v. 91, n. 3, p. 307-312, 1994.

PETTERS, R. M.; GROSCHE, D. S. Reproductive performance of *Bracon hebetor* females with more or fewer than normal number of ovarioles. **Annals of the Entomological Society of America**, Lanham, v. 70, n. 4, p. 577-582, July 1977.

RODRIGUES, S. M. M.; BUENO, V. H. P.; SAMPAIO, M. V. Armazenamento de múmias de *Schizaphis graminum* (Rondani) (Homoptera: Aphididae) parasitadas por *Lysiplhebus testaeipes* (Cresson) (Hymenoptera: Aphidiidae) em baixa temperatura. **Boletín de Sanidad Vegetal Plagas**, Madrid, v. 29, n. 3, p. 367-374, 2003.

SAMPAIO, M. V.; BUENO, V. H. P.; CONTI, B. F. de. The effect of the quality and size of host aphid species on the biological characteristics of *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae). **European Journal of Entomology**, Branisovska, v. 105, n. 3, p. 489-494, 2008.

SCOPES, N. E. A.; BIGGERSTAFF, S. M.; GOODALL, D. E. Cold storage of same parasites used for pest control in glasshouses. **Plant Pathology**, Honolulu, v. 22, n. 4, p. 189-193, 1973.

SIDNEY, L. A.; BUENO, V. H. P.; LINS JUNIOR, J. C.; SILVA, D. B.; SAMPAIO, M. V. Qualidade de diferentes espécies de pulgões como hospedeiros do parasitoide *Aphidius ervi* (Haliday) (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae). **Neotropical Entomology**, Londrina, 2010. In press.

SILVA, D. B.; BUENO, V. H. P.; LINS JUNIOR, J. C.; SIDNEY, L. A.; CARVALHO, A. R. Quality of the aphid *Aulacorthum solani* for the parasitoid *Praon volucre*. **IOBC/WPRS Bulletin**, Zurich, v. 49, n. 1, p. 267-271, 2009.

SINCLAIR, B. J.; VERNON, P.; KLOK, C. J.; CHOWN, S. L. Insects at low temperatures: an ecological perspective. **Trends Ecology & Evolution**, London, v. 18, n. 5, p. 257-262, May 2003.

SINGH, R.; SRIVASTAVA, M. Effect of cold storage of mummies of *Aphis craccivora* Koch subjected to different pre-storage temperature on per cent emergence of *Trioxys indicus* Subba Rao & Sharma. **Insect Science and its Application**, Kenya, v. 9, n. 5, p. 635-657, 1988.

STARÝ, P. Aphidiidae. In: MINKS, A. K.; HARREWIJN, P. (Ed.). **Aphids: their biology, natural enemies and control**. Amsterdam: Elsevier, 1988. p. 171-184.

STARÝ, P.; SAMPAIO, M. V.; BUENO, V. H. P. Aphid parasitoids (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) and their associations related to biological control in Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 51, n. 1, p. 107-118, jan./mar. 2007.

TOMANOVIC, Z. E.; KAVALLIERATOS, N. G.; ATHANASSIOU, C. G.; STANISAVLEVIC, L. C. A review of the West Palaearctic aphidiines (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) parasitic on *Uroleucon* sp., with the description of a new species. **Annales de la Société Entomologique de France**, Paris, v. 39, n. 4, p. 343-353, 2003.

TOMANOVIC, Z. E.; KAVALLIERATOS, N. G.; STARÝ, P.;
STANISAVLJEVIC, L. Z.; CETKOVIC, A.; STAMENKOVIC, S.;
JOVANOVIĆ, S.; ATHANASSIOU, C. G. Regional tritrophic relationship
patterns of five aphid parasitoid species (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae)
in agroecosystem-dominated landscapes of Southeastern Europe. **Journal of
Economic Entomology**, Lanham, v. 102, n. 3, p. 836-854, June 2009.

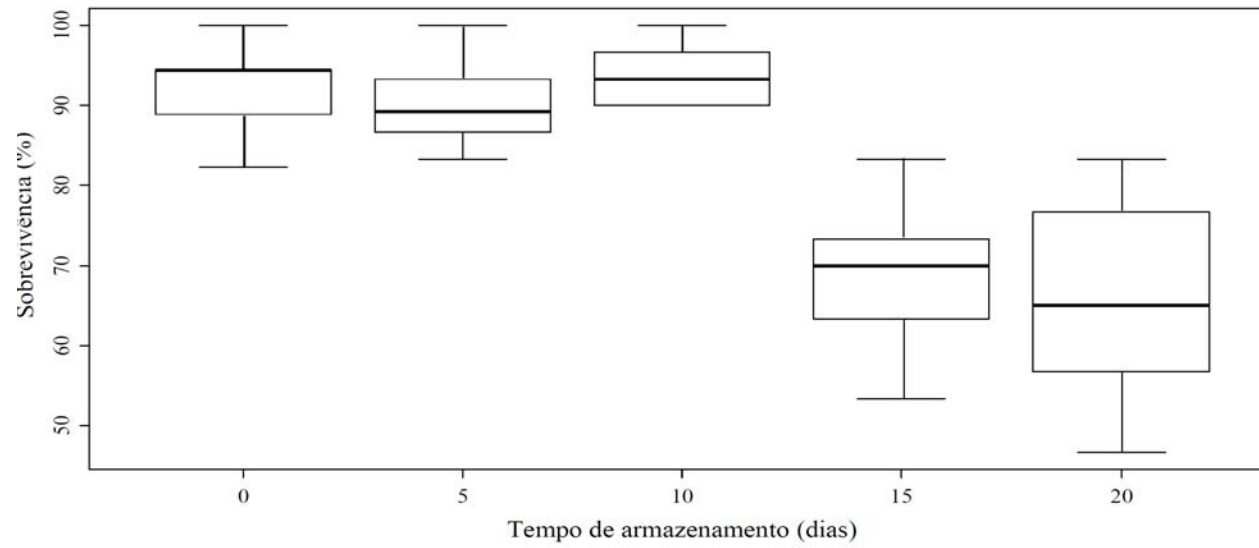


FIGURA 2 Sobrevivência de *Praon volucre* após o armazenamento a 5 °C.

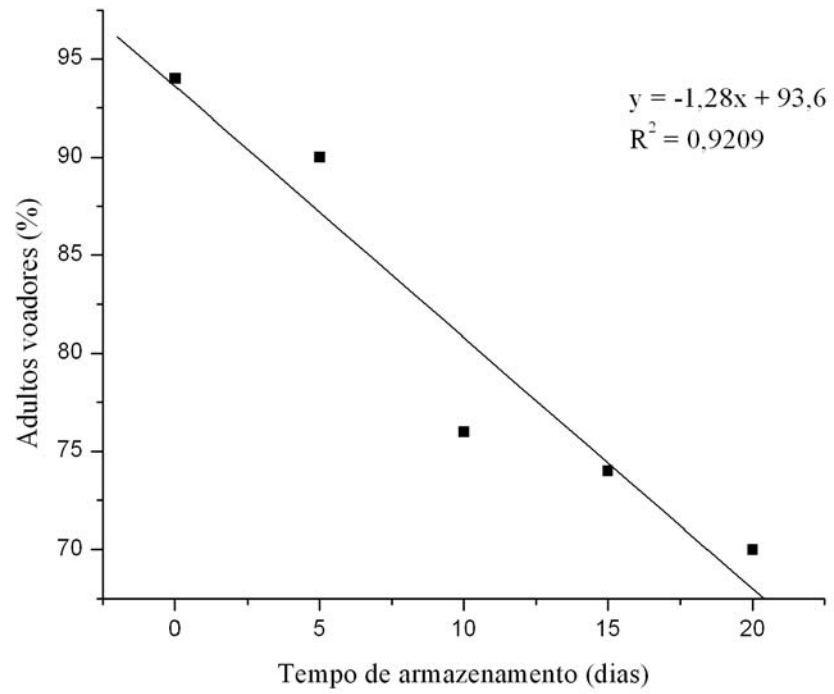


FIGURA 3 Porcentagem de adultos voadores de *Praon volucre* após o armazenamento a 5°C.

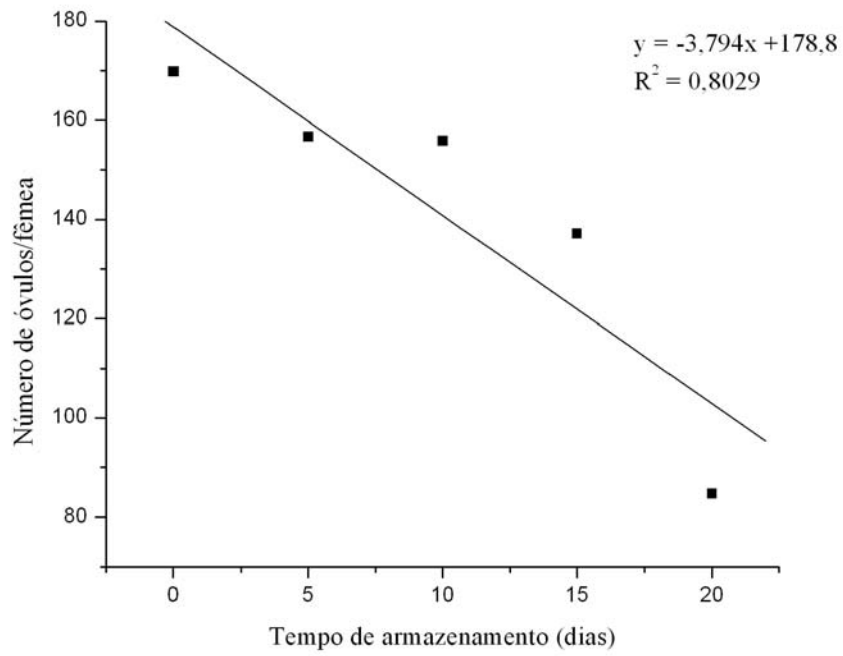


FIGURA 4 Fecundidade potencial de fêmeas de *Praon volucre* emergidas 24 horas após o armazenamento a 5°C.

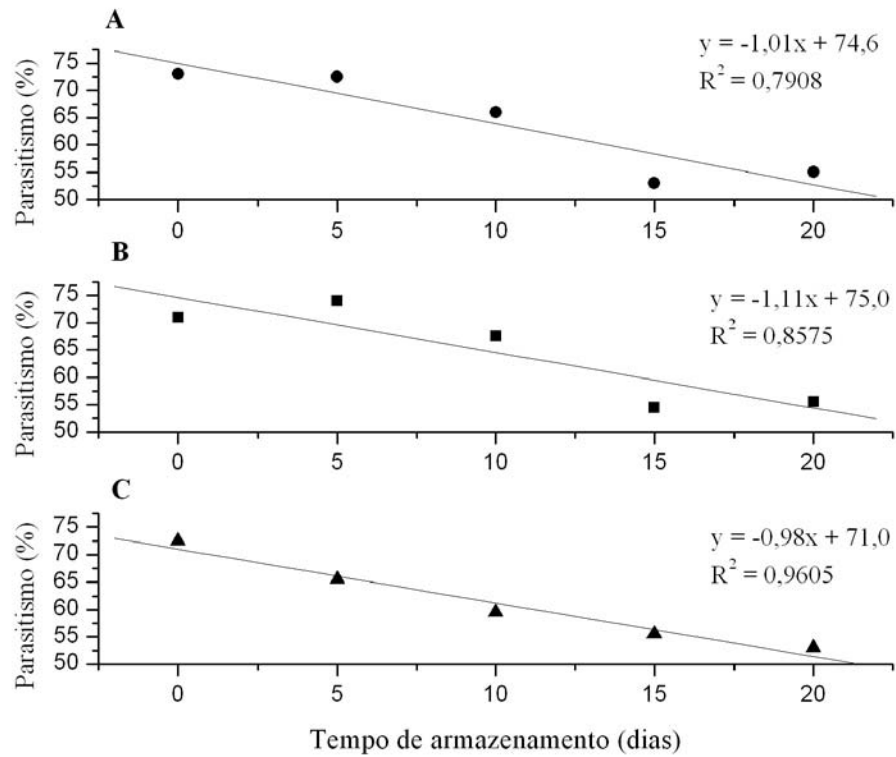


FIGURA 5 Taxas de parasitismo para fêmeas de *Praon volucre* em diferentes idades emergidas após o armazenamento a 5°C. A) 24 hora após a emergência das fêmeas; B) 48 horas e C) 72 horas.

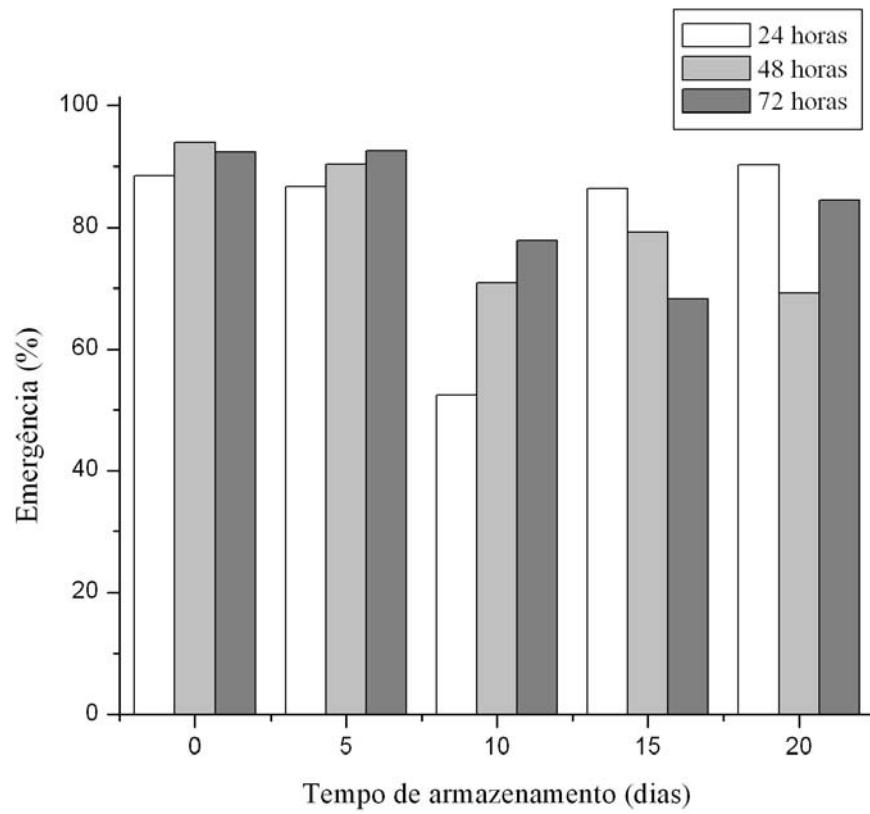


FIGURA 6 Taxas de emergência da progênie de *Praon volucre* para fêmeas que parasitaram em diferentes idades, após o armazenamento a 5°C.

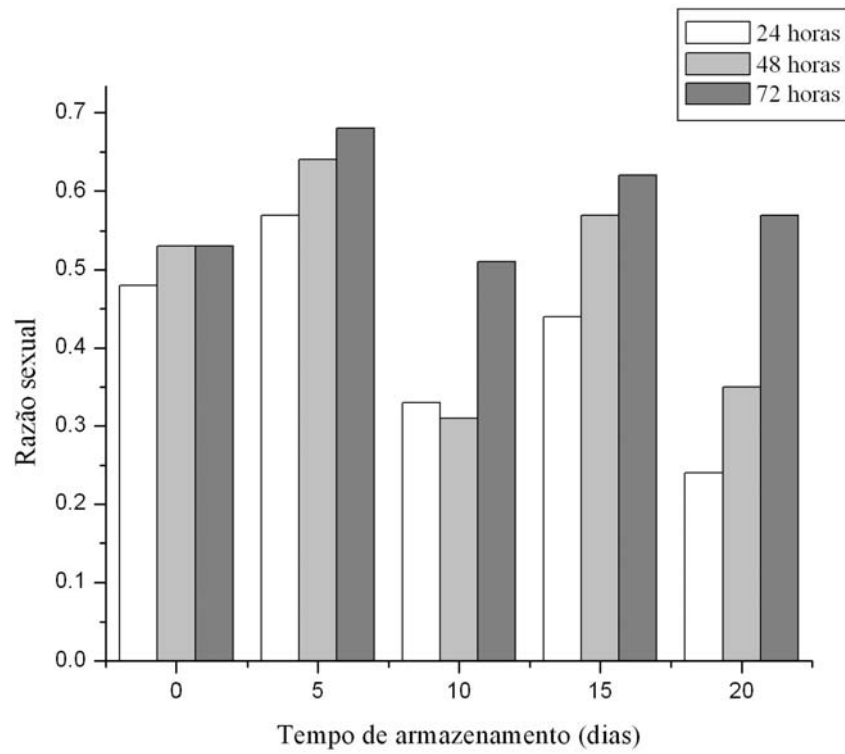


FIGURA 7 Razão sexual da progênie (proporção de fêmeas) de *Praon volucre* após o armazenamento a 5°C, em função da idade das fêmeas.

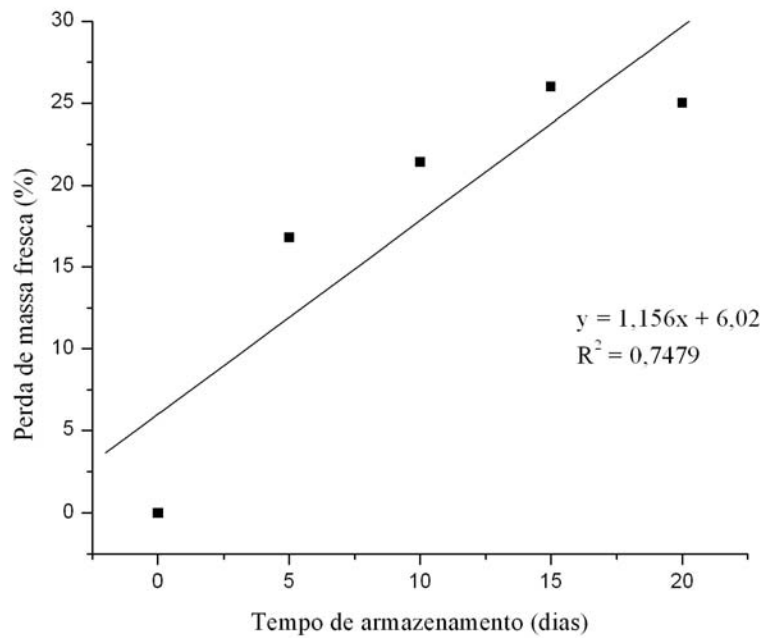


FIGURA 8 Perda de massa fresca pelo parasitoide *Praon volucre* após o armazenamento a 5°C. Cada ponto da regressão representa a média de 20 indivíduos.

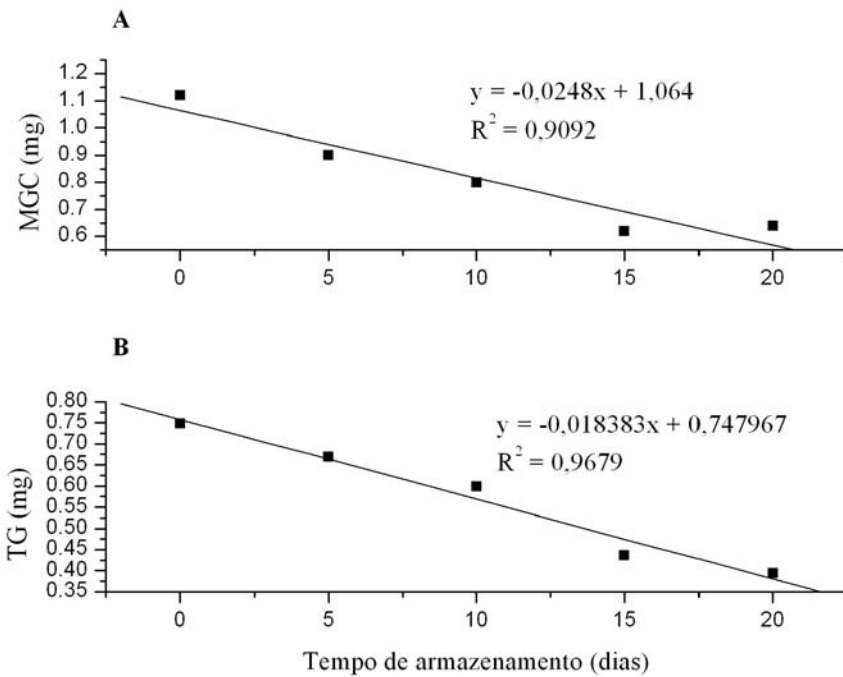


FIGURA 9 A) MGC – massa de gordura corporal; B) TG – teor de gordura do parasitoide *Praon volucre*, após o armazenamento a 5°C. Cada ponto da regressão representa a média de 20 indivíduos.

TABELA 6 Porcentagem de adultos não emergidos em cada estágio de desenvolvimento, longevidade e comprimento da tibia posterior (média±EP) dos adultos de *Praon volucre* emergidos após o armazenamento a 5°C

Tempo de Armazenamento (dias)	Parasitoides não emergidos em cada estágio de desenvolvimento (%)			Longevidade dos adultos (dias)		Comprimento da tibia (mm)	
	Pré-pupa (n)	Pupa (n)	Adulto (n)	Fêmeas (n=10) ¹	Machos (n=10) ²	Fêmeas (n=10) ²	Machos (n=10) ²
0	55,5 (5)	11,1 (1)	33,3 (3)	16,5±2,52 ab	14,5±1,92	0,70±0,25	0,62±0,15
5	44,0 (11)	36,0 (9)	20,0 (5)	16,9±1,97 ab	16,2±1,90	0,68±0,26	0,58±0,21
10	20,0 (4)	30,0 (6)	50,0 (10)	15,4±2,17 ab	15,3±1,98	0,69±0,14	0,62±0,19
15	18,5 (17)	35,9 (33)	45,6 (42)	20,3±1,82 a	13,5±2,37	0,71±0,21	0,58±0,20
20	16,0 (17)	39,6 (42)	44,33 (47)	13,4±1,52 b	14,7±1,91	0,64±0,25	0,58±0,22

¹Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05)

²Não significativo

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O parasitoide *Praon volucre* foi introduzido no Brasil para o controle biológico dos pulgões do trigo e apresenta potencialidade para controle de outras espécies de pulgões, especialmente aquelas espécies pertencentes à tribo Macrosiphini.

No processo de seleção e avaliação de um inimigo natural como agente de controle biológico existem vários critérios que devem ser levados em consideração, principalmente aqueles relacionados às características reprodutivas do inimigo natural e à possibilidade de armazená-los por determinados períodos antes das liberações.

A análise dos dados obtidos a partir da tabela de vida de fertilidade de *P. volucre* indica que este parasitoide apresenta potencial de crescimento populacional quando utiliza o pulgão *Macrosiphum euphorbiae* como hospedeiro, indicando a sua potencialidade como agente de controle desta praga. Além disso, os dados relacionados ao armazenamento mostram que *P. volucre* pode ser armazenado em baixa temperatura (5°C), por até 10 dias, sem nenhum comprometimento dos seus parâmetros biológicos e fisiológicos, facilitando, dessa forma, a sua produção massal.

Os dados gerados no presente trabalho contribuem para o desenvolvimento de um programa de controle biológico com o uso do parasitoide *P. volucre*. Entretanto, novas pesquisas que avaliem a efetividade e/ou o desempenho desse inimigo natural como agente de controle biológico devem ser conduzidas.