

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade



Dissertação

Técnica de criação e bioecologia do parasitoide larval *Aganaspis pelleranoi* (Brèthes, 1924) (Hymenoptera: Figitidae) em duas espécies de moscas-das-frutas

Rafael da Silva Gonçalves

Pelotas, 2012

Rafael da Silva Gonçalves

**Técnica de criação e bioecologia do parasitoide larval
Aganaspis pelleranoi (Brèthes, 1924) (Hymenoptera: Figitidae) em duas espécies
de moscas-das-frutas**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Fitossanidade (área do conhecimento: Entomologia).

Orientador: Dr. Dori Edson Nava

Coorientador: Dr. Anderson Dionei Grützmacher

Pelotas, 2012

Banca examinadora:

Dr. Dori Edson Nava (Orientador)

Dr. José Roberto Postali Parra

Dr. Mauro Silveira Garcia

Dr. Valmir Antônio Costa

Aos meus pais Neiva e Daili pelo exemplo de vida.

Aos meus irmãos Filipe, Henrique e Laura.

À minha noiva Daiane Hellnvig Zarnott pelo amor, dedicação, cumplicidade e
sabedoria.

DEDICO E OFEREÇO

Agradecimentos

A Deus pela vida, proteção e bênçãos concedidas, durante minha trajetória;

Aos meus familiares, em especial minha mãe Neiva Maria da Silva, meu pai Daili Ferreira Gonçalves, meus irmãos Filipe, Henrique e Laura pela confiança, dedicação e amor;

À minha noiva Daiane Hellnwig Zarnott por toda força, dedicação, paciência, carinho e amor;

À família da minha noiva, em especial a sua mãe Ilga Hellnwig Zarnott pelos conselhos, força e atenção;

Ao Dr. Dori Edson Nava, pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) - Centro Nacional de Pesquisa Clima Temperado (CPACT), pela orientação, confiança, apoio, conselhos, amizade e conhecimentos compartilhados;

Ao professor Anderson Dionei Grützmacher do Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade da FAEM-UFPel, pela co-orientação e ensinamentos;

Ao Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel pela oportunidade de realizar o curso de Mestrado;

Aos professores, pesquisadores e colaboradores do Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade (PPGFs) pelos ensinamentos e atenção dispensada;

À secretária do Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, Neide, por sua atenção, auxílio e dedicação;

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

À chefia e funcionários da Embrapa Clima Temperado pela concessão da área experimental, laboratórios e apoio para o desenvolvimento do trabalho;

Ao professor Júlio Marcos Melges Walder e a bióloga Maria de Lourdes Zamboni Costa, do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA-USP) Piracicaba - SP, pela disponibilização das moscas;

Ao Dr. Valmir Antônio Costa do Instituto Biológico da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, em Campinas, São Paulo, pela identificação dos parasitoides;

Aos colegas e amigos do Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, pelos momentos de discussão e conhecimentos compartilhados;

Aos amigos, Adrise Medeiros Nunes, Milton Fernando Cabezas Guerrero, Sandro Daniel Nörnberg, Maicon Bisognin, Odimar Zanuzo Zanardi, Ruben Machota Júnior, Sônia Poncio, Ângelo Ozelame, Eduardo Mariotti, Lucas Kuhn Hübner, Gabriela Inés Diez-Rodriguez, Franciéli Sassanovicz, Raul Borges, Fernanda Monte, Vinícius Zimmer, Laísa Boechel, Alexandre Bisognin, Francisco Canez, pelos momentos de descontração e pela dedicação e apoio em todos os momentos, bem como pela amizade construída;

Aos estagiários e amigos Felipe Andrezza e Helter Carlos Pereira, por todo esforço e colaboração no desenvolvimento deste trabalho;

Aos grandes amigos e irmãos Renata Salvador Louzada e Heitor Lisbôa pela amizade, companheirismo, alegria e incentivo;

Ao pesquisador José Francisco Martins Pereira da Embrapa Clima Temperado, pela amizade, conselhos e incentivo, durante minha caminhada;

Ao Dr. Rodrigo Cezar Franzon da Embrapa Clima Temperado, pela amizade, auxílio, incentivo e ensinamentos;

Ao amigo Dr. Jader Ribeiro Pinto do Instituto Federal Sul-rio-grandense pelo incentivo, conselhos, apoio e auxílio nos primeiros passos para a carreira na entomologia;

A todos que de alguma forma colaboraram para a realização deste trabalho e me incentivaram nesta caminhada.

Resumo

GONÇALVES, Rafael da Silva. **Técnica de criação e bioecologia do parasitoide larval *Aganaspis pelleranoi* (Brèthes, 1924) (Hymenoptera: Figitidae) em duas espécies de moscas-das-frutas.** 2012. 122f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Aganaspis pelleranoi (Brèthes, 1924) (Hymenoptera: Figitidae) é um endoparasitoide coinobionte de larvas de moscas-das-frutas, sendo um candidato para o estabelecimento do controle biológico aplicado. O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma técnica de criação de *A. pelleranoi* e estudar sua biologia em diferentes hospedeiros e temperaturas, sendo desenvolvido em três etapas. Na primeira etapa, onde se realizaram os experimentos visando ao desenvolvimento de uma técnica de criação determinou-se que larvas de terceiro ínstar de *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tephritidae) são preferidas para o parasitismo em relação às do primeiro e segundo instares, tanto no teste de livre escolha quanto no de confinamento. O tempo de 4h de exposição de larvas de *A. fraterculus* propiciou a produção de um maior número de parasitoides, maior percentual de parasitismo e emergência e maior proporção de fêmeas na população descendente. A quantidade de quatro larvas de *A. fraterculus* por fêmea de *A. pelleranoi*, oferecidas por um período de 4 horas propiciou a maior produção de parasitoides. O fornecimento de uma solução aquosa de mel na concentração de 30% para os parasitoides é essencial para que produzam uma maior quantidade de descendentes e sejam mais longevos. Na segunda etapa, onde se estudou a biologia de *A. pelleranoi* em larvas de *A. fraterculus* e *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae) observou-se que os parasitoides multiplicados em larvas de *A. fraterculus* produziram um maior número de descendentes, apresentaram uma menor duração do período ovo-adulto, maior razão sexual, maior longevidade e uma maior porcentagem de parasitismo e emergência do que os criados em larvas de *C. capitata*. Determinou-se também que: *A. pelleranoi* criados em *A. fraterculus* foram mais pesados e apresentaram uma tibia maior do que os criados em *C. capitata*. Com base na tabela de vida de fertilidade determinou-se que o tempo necessário para duplicar a população (T_d) foi de cerca de 3,4 vezes menor para os insetos obtidos de larvas de *A. fraterculus*. Portanto, *A. pelleranoi* possui um melhor desenvolvimento em larvas de *A. fraterculus*. Na terceira etapa observou-se que fêmeas mantidas nas diferentes temperaturas produziram uma maior quantidade de parasitoides na faixa térmica de 18 e 20°C, sendo que o parasitismo variou de 21,7 a 34,4 na faixa térmica estudada. A longevidade de machos e de fêmeas foi inversamente proporcional à temperatura, variando de 49,1

a 3,73 dias para fêmeas e de 32,1 a 3,8 dias para machos, na faixa térmica de 18 a 30 °C, respectivamente. A duração do ciclo biológico (ovo-adulto) variou de 69,1 dias a 18 °C para 30 dias a 25 °C. Nas temperaturas de 28 e 30 °C não houve desenvolvimento do período pré-imaginal de *A. pelleranoi*. O limiar térmico inferior de desenvolvimento (Tb) e a constante térmica (K) foram de 11,69 °C e 391,70 graus-dia. Assim, demonstra-se neste trabalho que *A. pelleranoi* tem uma preferência por temperaturas mais amenas.

Palavras-chave: *Anastrepha fraterculus*, *Ceratitis capitata*, controle biológico, Hymenoptera, parasitoide, temperatura.

Abstract

GONÇALVES, Rafael da Silva. **Técnica de criação e bioecologia do parasitoide larval *Aganaspis pelleranoi* (Brèthes, 1924) (Hymenoptera: Figitidae) em duas espécies de moscas-das-frutas.** 2012. 122f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Aganaspis pelleranoi (Brèthes, 1924) (Hymenoptera: Figitidae) is a koinobiont endoparasitoid of fruit-fly larvae, and is a candidate for the establishment of applied biological control. The objective of this study was to develop a technique for rearing *A. pelleranoi* and to study its biology in different hosts and temperatures. The study was carried out in three stages. In the first stage, experiments performed with the aim of developing a rearing technique determined that third-instar larvae of *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tephritidae) are preferred for parasitism over the first and second instars, both in a free-choice test and in confinement. The 4-hour period of exposure of the larvae of *A. fraterculus* led to the production of the largest number of parasitoids, the highest percentages of parasitism and emergence, and a higher proportion of females in the offspring. The number of four larvae of *A. fraterculus* per female of *A. pelleranoi*, offered for a period of 4 hours, led to the highest production of parasitoids. Provision of a 30% honey-water solution for the parasitoids is essential to extend their life span and enable them to produce more offspring. In the second stage, study of the biology of *A. pelleranoi* in larvae of *A. fraterculus* and *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae) revealed that the parasitoids multiplied in larvae of *A. fraterculus* produced more offspring, had a shorter egg-adult period, a higher sex ratio, greater longevity, and higher percentages of parasitism and emergence than those reared on larvae of *C. capitata*. Also, *A. pelleranoi* reared in *A. fraterculus* were heavier and had a longer tibia than those reared in *C. capitata*. Based on the fertility life table, it was determined that the population doubling time (T_d) was about 3.4-fold shorter for the insects obtained from larvae of *A. fraterculus*. Therefore, *A. pelleranoi* develops better in larvae of *A. fraterculus*. In the third stage, females maintained at different temperatures produced the largest number of parasitoids in the temperature range of 18 to 20 °C, and parasitism ranged from 21.7 to 34.4 in the temperature range studied. The longevity of males and females was inversely proportional to temperature, ranging from 49.1 to 3.73 days for females and from 32.1 to 3.8 days for males, in the temperature range of 18 to 30 °C, respectively. The duration of the biological cycle (egg to adult) ranged from 69.1 days at 18 °C to 30 days at 25 °C. At temperatures of 28 and 30 °C there was no development of pre-imaginal *A. pelleranoi*. The lowest temperature limit for

development (T_b) and the thermal constant (K) were 11.69 °C and 391.70 degree-days respectively. Therefore, in this paper it was demonstrated that *A. pelleranoi* prefers warmer temperatures.

Key-words: *Anastrepha fraterculus*, *Ceratitis capitata*, biological control, Hymenoptera, parasitoid, temperature.

Lista de Figuras

Artigo 1

- Figura 1 Curvas de sobrevivência de fêmeas (A) e machos (B) de *Aganaspis pelleranoi* mantidos com diferentes alimentos [(Tratamento A - testemunha A(papel higiênico amassado)); (Tratamento B - testemunha B (água destilada absorvida em papel higiênico)); (Tratamento C - mel na concentração de 30% (m/v) absorvido em papel higiênico); (Tratamento D - mel puro absorvido em papel higiênico)]. Temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h. Curvas identificadas com as mesmas letras não diferem significativamente entre si. Setas indicam o tempo médio de sobrevivência..... 58

Artigo 2

- Figura 1 Curvas de sobrevivência de fêmeas (A) e machos (B) de *Aganaspis pelleranoi* criados em larvas de *Anastrepha fraterculus* e *Ceratitis capitata*. Temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h..... 86
- Figura 2 Relação entre fertilidade específica (mx) e taxa de sobrevivência (lx) de *Aganaspis pelleranoi* criados em larvas de *Anastrepha fraterculus* e *Ceratitis capitata*. Temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h..... 87

Artigo 3

Figura 1	Parasitismo diário e acumulado de <i>Aganaspis pelleranoi</i> em larvas de <i>Anastrepha fraterculus</i> em diferentes temperaturas. Umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h.....	108
Figura 2	Curvas de sobrevivência de fêmeas (A) e machos (B) de <i>Aganaspis pelleranoi</i> mantidos em diferentes temperatura. Curvas identificadas com as mesmas letras não diferem significativamente entre si. Setas indicam o tempo médio de sobrevivência (Tms).....	109
Figura 3	Duração do período de desenvolvimento ovo-adulto de <i>Aganaspis pelleranoi</i> em larvas de <i>Anastrepha fraterculus</i> , em diferentes temperaturas. Umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h. Colunas seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente entre si, pelo teste de t ($p \leq 0,05$).....	110
Figura 4	Curva de velocidade de desenvolvimento do período ovo-adulto de <i>Aganaspis pelleranoi</i> , criado em larvas de <i>Anastrepha fraterculus</i> , em diferentes temperaturas. Umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h.....	111

Lista de Tabelas

Artigo 1

- Tabela 1 Médias (\pm EP) do número de descendentes, percentuais de parasitismo e emergência e razão sexual de *Aganaspis pelleranoi* criado em larvas de *Anastrepha fraterculus* de primeiro, segundo e terceiro ínstares no teste de livre escolha e de confinamento. Temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h..... 54
- Tabela 2 Médias (\pm EP) do número de descendentes, percentuais de parasitismo e emergência e razão sexual de *Aganaspis pelleranoi* criados em larvas de *Anastrepha fraterculus* submetidas a diferentes tempos de exposição. Temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h..... 55
- Tabela 3 Médias (\pm EP) do número de descendentes, percentuais de parasitismo e emergência e razão sexual de *Aganaspis pelleranoi*, quando oferecidos diferentes números de larvas de *Anastrepha fraterculus*. Temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h..... 56
- Tabela 4 Médias (\pm EP) do número de descendentes, percentuais de parasitismo e emergência e razão sexual de *Aganaspis pelleranoi* com e sem a presença de alimentos. Temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h..... 57

Artigo 2

- Tabela 1 Número de descendentes (Médias \pm EP), razão sexual (Médias), percentual de parasitismo (Médias \pm EP) e percentual de emergência (Médias \pm EP) de *Aganaspis pelleranoi* criado sobre os hospedeiros *Anastrepha fraterculus* e *Ceratitis capitata*. Temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h..... 83
- Tabela 2 Valores médios (\pm EP) do comprimento da tíbia e do peso de adultos de *Aganaspis pelleranoi* criados em larvas de *Anastrepha fraterculus* e *Ceratitis capitata*. Temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h..... 84
- Tabela 3 Valores médios (\pm EP) de duração (T), tempo de duplicação da população (T_d), taxa líquida de reprodução (R_0), razão infinitesimal de aumento (rm) e razão finita de aumento (λ) de *Aganaspis pelleranoi* criado em *Anastrepha fraterculus* e *Ceratitis capitata*. Temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h..... 85

Artigo 3

- Tabela 1 Valores (\pm EP) do número de descendentes (emergidos e não emergidos), percentual de parasitismo e razão sexual de *Aganaspis pelleranoi* mantidos em diferentes temperaturas. Umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h..... 107

Sumário

1 - Introdução Geral	198
2 - Artigo 1_ Desenvolvimento de uma técnica de criação de <i>Aganaspis pelleranoi</i> em larvas de <i>Anastrepha fraterculus</i>	24
Resumo	24
Abstract.....	25
Introdução.....	26
Material e Métodos	29
Estabelecimento das criações de manutenção	29
<i>Anastrepha fraterculus</i>	29
<i>Aganaspis pelleranoi</i>	30
Experimento 1 - Determinação do ínstar preferencial para o parasitismo.....	31
Experimento 2 - Determinação do tempo ideal de exposição das larvas ao parasitoide.....	33
Experimento 3 - Definição do número ideal de larvas de <i>A. fraterculus</i> a ser oferecido para cada parasitoide	33
Experimento 4 - Efeito do alimento na longevidade e parasitismo de adultos de <i>A. pelleranoi</i>	34
Parâmetros avaliados e análise estatística	35
Resultados.....	36
Experimento 1 - Determinação do ínstar preferencial para o parasitismo.....	36
Experimento 2 - Determinação do tempo ideal de exposição das larvas ao parasitoide.....	37
Experimento 3 - Definição do número ideal de larvas de <i>A. fraterculus</i> a ser oferecido para cada parasitoide	38
Experimento 4 - Efeito do alimento na longevidade e parasitismo de adultos de <i>A. pelleranoi</i>	39
Discussão	39
Referências bibliográficas.....	45
3 - Artigo 2_Biologia e tabela de vida de fertilidade de <i>Aganaspis pelleranoi</i> (Brèthes) em larvas de <i>Anastrepha fraterculus</i> (Wiedemann) e <i>Ceratitidis capitata</i> (Wiedemann)	640

Resumo	60
Abstract.....	61
Introdução.....	62
Material e Métodos	65
Estabelecimento das criações de manutenção	65
<i>Anastrepha fraterculus</i>	65
<i>Ceratitis capitata</i>	67
<i>Aganaspis pelleranoi</i>	67
Biologia de <i>Aganaspis pelleranoi</i>	68
Análise estatística	70
Resultados e Discussão	71
Referências bibliográficas.....	75
4 - Artigo 3 Efeito da temperatura na biologia e exigências térmicas de <i>Aganaspis pelleranoi</i> (Brèthes, 1924) (Hymenoptera: Figitidae) em larvas de <i>Anastrepha fraterculus</i> (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tephritidae) em laboratório.....	89
Resumo	89
Abstract.....	90
Introdução.....	91
Material e Métodos	94
Estabelecimento das criações de manutenção	94
<i>Anastrepha fraterculus</i>	94
<i>Aganaspis pelleranoi</i>	95
Efeito da temperatura sobre adultos de <i>A. pelleranoi</i>	96
Efeito da temperatura sobre as fases imaturas de <i>A. pelleranoi</i> e determinação das exigências térmicas	98
Análise Estatística.....	99
Resultados e Discussão	100
Referências bibliográficas.....	103
5 - Conclusões	112
6 - Referências	114

1 - Introdução Geral

A fruticultura brasileira é considerada uma das atividades mais dinâmicas da economia e tem se destacado como uma das principais atividades agrícolas. Os fatores que contribuem para o desenvolvimento da fruticultura brasileira dizem respeito, principalmente, às condições climáticas favoráveis, bem como à disponibilidade de áreas para cultivo (AGRIANUAL, 2010). Atualmente, o país consolida a terceira posição em produção de frutas em nível mundial, atrás apenas da China e da Índia. A área do Brasil cultivada com frutíferas é de cerca de 2.260 milhões de hectares e a produção encontra-se ao redor de 43 milhões de toneladas/ano (IBRAF, 2010).

A produção de frutas ocorre em todo o território nacional, contudo verifica-se que há certa especialização regional, principalmente em função do clima. Assim, as regiões mais próximas da linha do Equador apresentam maior importância na produção de frutíferas de clima tropical, com destaque à produção de banana, manga, cacau, melão, etc. Já nas regiões mais ao Sul, destacam-se as frutíferas de clima temperado, como por exemplo, o pêssego, pera e maçã (OLIVEIRA, 2008).

Entretanto, a fruticultura nacional enfrenta sérios problemas fitossanitários decorrentes, principalmente, da ação de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae), as quais contribuem para o aumento das perdas tanto qualitativas como quantitativas. Além disso, estes insetos-praga limitam as exportações de frutas, em decorrência das barreiras quarentenárias impostas pelos países importadores. No mundo inteiro, os tefritídeos representam o maior entrave ao livre trânsito de frutas (FACHOLI; UCHÔA, 2006; DUARTE; MALAVASI, 2000).

As principais espécies de moscas-das-frutas de importância econômica para os países importadores presentes no país são: *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830), *Anastrepha obliqua* (Macquart, 1835), *Anastrepha grandis* (Macquart, 1846), *Ceratitidis capitata*

(Wiedemann, 1824) e *Bactrocera carambolae* Drew e Hancock, 1994 (Diptera: Tephritidae) (MALAVASI; NASCIMENTO, 2003).

A espécie *A. fraterculus*, a mosca-das-frutas sul-americana, possui origem neotropical, e ocorre desde o sul dos Estados Unidos da América até o norte da Argentina (MALAVASI; ZUCCHI; SUGAYAMA, 2000). No Brasil, esta espécie apresenta ampla distribuição geográfica e é considerada praga-chave de diversas frutíferas nativas e de interesse econômico das regiões Sul e Sudeste. Nos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina é considerada predominante, representando cerca de 95% das espécies de *Anastrepha* coletadas em armadilhas nos pomares (SALLES; KOVALESKI, 1990). Estudos conduzidos no estado de Santa Catarina demonstraram que das, 20 espécies coletadas em quatro municípios, *A. fraterculus* foi a espécie constante, mais frequente, muito abundante e dominante (GARCIA; CAMPOS; CORSEUIL, 2003).

Além de possuir uma ampla distribuição geográfica, *A. fraterculus* está associada a mais de 90 espécies de plantas hospedeiras em 20 famílias botânicas, multiplicando-se principalmente nas espécies de Myrtaceae (ZUCCHI, 2007). Na região Sul, *A. fraterculus* ataca diversas frutíferas, como por exemplo, pessegueiro, ameixeira, nectarineira, macieira, videira, limoeiro, tangerineira, laranjeira, além de espécies nativas (SALLES; KOVALESKI, 1990; GARCIA; CAMPOS; CORSEUIL, 2003; ZART; BOTTON; FERNANDES, 2011; NUNES et al., 2012).

Além de *A. fraterculus*, *C. capitata*, a mosca-do-mediterrâneo, é a espécie de maior importância econômica no âmbito mundial, encontrando-se distribuída em todas as áreas tropicais e subtropicais do mundo (ZUCCHI, 2000). No Brasil, *C. capitata* é a única espécie do gênero estando presente em praticamente todos os estados (ZUCCHI, 2000). No Rio Grande do Sul, a espécie está restrita às zonas urbanas (MALAVASI; ZUCCHI, 2000). Porém, espécimes foram encontrados próximos a pomares comerciais dos municípios de Pelotas e Capão do Leão, representando, praticamente, a totalidade de moscas coletadas em caquizeiro e estando presentes em várias outras frutíferas (NAVA et al., 2008; NUNES et al., 2012; RICALDE, 2010). Dentre as principais frutíferas de importância econômica que hospedam *C. capitata* pode-se citar: goiabeira, caquizeiro, pessegueiro, mangueira, macieira, videira, pereira, ameixeira, laranjeira e caramboleira (ZUCCHI, 2001; RAGA et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2009; MONTES et al., 2011).

O controle populacional de *A. fraterculus* e *C. capitata* tem sido realizado com o uso de inseticidas organofosforados e piretroides em área total, seguindo um calendário (ARIOLI; BOTTON; CARVALHO, 2004). Outra técnica muito empregada no controle destes insetos-praga é o uso de isca-tóxica, sendo que, atualmente, com a retirada dos inseticidas da grade de agrotóxicos registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Agronegócios (MAPA) para a cultura do pessegueiro, essa técnica tem sido amplamente difundida (NAVA; BOTTON, 2010). Porém, é sabido que o uso frequente de agrotóxicos acarreta a redução populacional dos insetos benéficos, como polinizadores e entomófagos, além de favorecer o surgimento de pragas secundárias, causarem a poluição de solos e lençol freático e a contaminação de trabalhadores (GALLO et al., 2002; NORRIS; CASWELL-CHEN; KOGAN, 2002). Além disso, contaminam os alimentos, colocando em risco a saúde dos consumidores e dificultando as exportações (PARANHOS; WALDER; ALVARENGA, 2007).

Nas últimas duas décadas, o uso do controle biológico de tefritídeos-praga teve notável ressurgimento em nível mundial (OVRUSKI et al., 2003). Recentemente, diversos programas de controle e erradicação de moscas-das-frutas utilizaram o controle biológico clássico e o aplicado com parasitoides (MONTROYA et al., 2000; SIVINSKI et al., 1996; CARVALHO; NASCIMENTO, 2002). Dentre os fatores que motivaram esse aumento do controle biológico está o interesse na conservação da biodiversidade nos agroecossistemas e o impacto negativo que os inseticidas causam ao homem. Além disto, este aumento dos programas de controle biológico de moscas-das-frutas está necessariamente relacionado com o desenvolvimento de métodos de criação massal de muitas espécies de parasitoides (OVRUSKI et al., 2000).

Dentre os inimigos naturais das moscas-das-frutas, os himenópteros parasitoides merecem destaque. Estes insetos são capazes de parasitar ovos, larvas e pupas de tefritídeos (OVRUSKI et al., 2006). *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead, 1905) (Hymenoptera: Braconidae) tem sido a espécie mais utilizada em nível mundial para o controle de moscas-das-frutas (PEÑA, 1993). No Brasil, esta espécie foi introduzida em 1994 e liberada em diferentes regiões, no entanto sua eficácia no controle de moscas-das-frutas não ultrapassou 12% (CARVALHO; NASCIMENTO; MATRANGOLO, 2000).

Existem muitas espécies, nativas do Brasil, de parasitoides de moscas-das-frutas, pertencentes principalmente às famílias Braconidae e Figitidae (CANAL; ZUCCHI, 2000; GUIMARÃES; DIAZ; ZUCCHI, 2000). Dentre as espécies de Figitidae destaca-se *Aganaspis pelleranoi* (Brèthes, 1924) (Hymenoptera: Figitidae), importante parasitoide de larvas de *C. capitata* e de diversas espécies do gênero *Anastrepha* Schiner e da família Lonchaeidae (WHARTON; OVRUSKI; GILSTRAP, 1998; GUIMARÃES et al., 1999; OVRUSKI et al., 2000).

Este himenóptero é um endoparasitoide, coinobionte de vida solitária que possui origem Neotropical (OVRUSKI et al., 2006). Estudos faunísticos em diversas frutíferas no oeste de Santa Catarina demonstraram que *A. pelleranoi* foi a espécie de maior ocorrência, representando 25,6% do total amostrado (GARCIA; CORSEUIL, 2004). Em levantamentos na cultura do café no Rio de Janeiro, 89,6% dos parasitoides encontrados pertenciam à espécie (SOUZA et al., 2005). Em relação ao parasitismo em nível de campo, Ovruski et al. (2008) verificaram que o percentual de parasitismo de *A. pelleranoi* em pomares de goiabeira na Argentina chegou a 73%. No Rio Grande Sul, em pomares de pessegueiro o percentual de parasitismo foi de aproximadamente 62% (NUNES et al., 2012). Segundo Guimarães et al. (1999), *A. pelleranoi* é a espécie de Eucoilinae mais abundante e com a mais ampla distribuição no Brasil.

Alguns estudos referentes à biologia e técnica de criação, bem como esforços para a utilização desta espécie em programas de controle biológico já foram realizados em outros países (NASCA, 1973; BARTLETT, 1941; ALUJA et al., 2008; CANCINO et al., 2008). No entanto, praticamente não existem pesquisas relacionadas à bioecologia de *A. pelleranoi* em larvas de *A. fraterculus* e *C. capitata*, no Brasil.

Os pomares de frutíferas de clima temperado apresentam condições ambientais favoráveis ao controle biológico. De acordo com Parra et al. (2002), cultivos perenes apresentam condições ambientais mais estáveis as quais favorecem esta tática de manejo. No entanto, o emprego desta técnica para o manejo de pragas nestas áreas ainda é reduzido. Dentre os principais entraves no emprego de parasitoides e predadores está a dificuldade de criação destes insetos em laboratório, devido à difícil tarefa de tornar o ambiente de laboratório o mais próximo do natural (NAVA, 2007).

Embora existam possibilidades de estabelecimento de programas de controle biológico que permitam a minimização dos problemas e dos custos decorrentes do controle químico, atualmente, no Brasil, o controle biológico de pragas de frutíferas de clima temperado apresenta-se como uma opção viável para um número reduzido de insetos. Assim, torna-se evidente a necessidade do desenvolvimento de novos estudos e a implantação de programas de controle biológico de pragas, como é o caso das moscas-das-frutas (NAVA et al., 2006; NAVA, 2007).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi: a) fornecer informações para o desenvolvimento da técnica de criação do parasitoide; b) estudar a biologia de *A. pelleranoi* nos hospedeiros *A. fraterculus* e *C. capitata*; c) estudar o efeito da temperatura sobre o desenvolvimento de *A. pelleranoi* e determinar suas exigências térmicas em condições de laboratório em larvas de *A. fraterculus*.

ARTIGO 1 - Revista: BioControl

2 - Artigo 1

Desenvolvimento de uma técnica de criação de *Aganaspis pelleranoi* em larvas de *Anastrepha fraterculus*

Rafael da Silva Gonçalves¹, Dori Edson Nava², Felipe Andreazza¹, Heitor Lisbôa¹,
Anderson Dionei Grützmacher¹, Ricardo Alexandre Valgas²

¹ Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Departamento de Fitossanidade, Caixa Postal 354, CEP 96010-900 Pelotas, RS, Brasil. E-mail: rafaeldasilvagoncalves@gmail.com, heltercp@hotmail.com, heitorlisboa@hotmail.com, anderson.grutzmacher@pq.cnpq.br,

² Embrapa Clima Temperado, BR 392, KM 78, Caixa Postal 403, CEP 96001-970 Pelotas, RS. Brasil. E-mail: nava.dori@cpact.embrapa.br, ricardo.valgas@cpact.embrapa.br

Resumo

O endoparasitoide *Aganaspis pelleranoi* é um dos principais inimigos naturais de *Anastrepha fraterculus* em países da região Neotropical. O objetivo do presente estudo foi obter informações para subsidiar o desenvolvimento de uma técnica de criação de *A. pelleranoi* em larvas de *A. fraterculus*, com base nos seguintes experimentos: a) determinação do ínstar preferencial para o parasitismo; b) tempo ideal de exposição das larvas ao

parasitoide; c) número ideal de larvas de *A. fraterculus* a ser oferecido para cada parasitoide; d) efeito do alimento na longevidade e parasitismo de adultos de *A. pelleranoi*. Foram avaliados os seguintes parâmetros biológicos: número de descendentes, percentual de parasitismo, percentual de emergência e razão sexual. No experimento do efeito do alimento também foi determinada a longevidade de machos e fêmeas. Larvas de terceiro ínstar de *A. fraterculus* são preferidas para o parasitismo em relação às do primeiro e segundo ínstares, tanto no teste de livre escolha quanto no de confinamento. O tempo de 4h de exposição de larvas de *A. fraterculus* propiciou a produção de um maior número de descendentes, maior percentual de parasitismo e emergência, e maior proporção de fêmeas na população descendente. A quantidade de quatro larvas de *A. fraterculus*, oferecidas por um período de 4 horas propiciou a maior produção de parasitóides. O fornecimento de uma solução aquosa de mel na concentração de 30% para os parasitóides é essencial para que produzam uma maior quantidade de descendentes e sejam mais longevos.

Palavras-chave: Controle biológico, parasitóides, mosca-das-frutas-sul-americana.

Development of a technique for rearing *Aganaspis pelleranoi* in larvae of *Anastrepha fraterculus*

Abstract

The endoparasitoid *Aganaspis pelleranoi* is one of the principal natural enemies of *Anastrepha fraterculus* in countries of the Neotropical region. The objective of the present study was to obtain information to support the development of a technique for rearing *A. pelleranoi* in larvae of *A. fraterculus*, based on the following experiments: a) determination of the preferred instar for parasitism; b) ideal length of time for exposing the larvae to the parasitoid; c) ideal number of larvae of *A. fraterculus* to be offered to each parasitoid; and d)

the effect of food on the longevity and parasitism of adults of *A. pelleranoi*. The following biological parameters were evaluated: number of offspring, percentage of parasitism, percentage of emergence, and sex ratio. In the experiment on the effect of food, the longevity of males and females was also determined. Third-instar larvae of *A. fraterculus* are preferred for parasitism over those of the second and third instars, both in the free-choice test and in confinement. The 4-hour period of exposure of larvae of *A. fraterculus* led to the production of the largest number of offspring, the highest percentages of parasitism and emergence, and a higher proportion of females in the offspring. The number of four larvae of *A. fraterculus*, offered for a period of 4 hours, led to the highest production of parasitoids. Provision of a 30% honey-water solution was essential to extend the life span of the parasitoids and allow them to produce more offspring.

Key-words: Biological control, parasitoids, South American fruit fly.

Introdução

As moscas-das-frutas são uma das principais pragas da fruticultura no Brasil, devido aos danos causados nos frutos e também às barreiras fitossanitárias impostas pelos países importadores (Aluja 1994, Duarte & Malavasi 2000). Estima-se que as perdas causadas por estes insetos no Brasil, aliadas ao custo de controle e redução de mercados de exportação, perfaçam um montante que varia entre US\$ 120 e US\$ 200 milhões anuais (Zucchi et al. 2004). O custo do controle é decorrente do uso de inseticidas, que é realizado por meio da utilização de iscas tóxicas e/ou aplicações em cobertura total (Aluja 1994, Raga 2005, Härter et al. 2010, Nava & Botton 2010).

Atualmente, o uso de inseticidas, principalmente na fruticultura, está sendo questionado, visto que os consumidores, principalmente os de países mais desenvolvidos,

estão mais exigentes e se preocupam mais com as características qualitativas das frutas. Esta mudança tem se tornado evidente nos últimos anos, principalmente devido à grande resistência e rejeição aos alimentos produzidos com a utilização de agrotóxicos, à contaminação do meio ambiente, trabalhadores e alimentos (Norris et al. 2002). No Brasil, essa contaminação de alimentos pode ser observada nos relatórios anuais da análise de resíduos em produtos agrícolas, especialmente frutas e hortaliças, realizados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária - Anvisa (Anvisa, 2008; 2009; 2010).

Neste sentido, os programas de manejo integrado de pragas têm preconizado a utilização de diferentes métodos de controle, a fim de reduzir as populações de insetos-praga a níveis que não causem danos às culturas, e dentre estes merece destaque o controle biológico. No caso das moscas-das-frutas esta tática de controle teve notável ressurgimento em âmbito mundial nas últimas décadas, devido principalmente aos problemas decorrentes do uso de agrotóxicos (Ovruski et al. 2003).

O controle biológico de moscas-das-frutas em diversos países tem sido realizado principalmente com parasitoides exóticos (Aluja 1994, Purcell 1998, Ovruski et al. 2000). No entanto, apenas algumas poucas espécies foram capazes de se estabelecer nos locais liberados (Ovruski et al. 2000). No Brasil, este fato foi observado com *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead, 1905) (Hymenoptera: Braconidae), o qual foi introduzido no país em 1994 e a partir de 2004 foi liberado em diferentes regiões do país. Entretanto, o índice de parasitismo não ultrapassou 12%, e, além disso, problemas de adaptação em diferentes ambientes foram verificados (Carvalho et al. 2000). Em decorrência dos diversos insucessos, as espécies nativas de parasitoides ganharam notoriedade no cenário do controle biológico de mosca-das-frutas e tornaram-se fortes candidatas a liberações inundativas (Ovruski et al. 2000).

Os estudos de controle biológico de moscas-das-frutas no Brasil ainda são recentes. Grande parte dos trabalhos desenvolvidos com parasitoides nativos contemplam aspectos

referentes a taxonomia (Canal & Zucchi 2000; Guimarães et al. 2000), comportamento (Guimarães & Zucchi 2004), além de ocorrência, distribuição e estudos faunísticos (Canal et al. 1995; Leonel et al. 1995; Salles 1996; Guimarães et al. 1999; Garcia & Corseuil 2004).

Dentre as espécies, nativas do Brasil, de parasitoides de mosca-das-frutas mais frequentes e abundantes, destaca-se o endoparasitoide, coinobionte, de vida solitária, *Aganaspis pelleranoi* (Brèthes, 1924) (Hymenoptera: Figitidae). Além de ser parasitoide de larvas de *Ceratitidis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae), também parasita diversas espécies do gênero *Anastrepha* Schiner e da família Lonchaeidae (Wharton et al. 1998; Guimarães et al. 1999; Ovruski et al. 2000). Estudos faunísticos em diversas culturas demonstram que *A. pelleranoi* possui uma ampla distribuição geográfica, sendo registrado em todas as regiões brasileiras (Guimarães et al. 2000) e com índice de parasitismo variando de 26% a 90% (Salles 1996; Guimarães et al. 2000; Garcia & Corseuil 2004; Souza et al. 2005; Nunes et al. 2012).

Estes dados demonstram que *A. pelleranoi* possui potencial para ser utilizado em programas de controle biológico de mosca-das-frutas no Brasil, como ocorreu no Peru (Bartlett 1941; Nasca 1973). Entretanto, um dos fatores limitantes para a escolha de uma espécie para programas de controle biológico aplicado refere-se à possibilidade de criação da mesma em larga escala em condições de laboratório (Parra et al. 2002; Beserra & Parra 2004). Neste sentido, alguns estudos relacionados à técnica de criação já foram realizados no México, porém utilizando como hospedeiro a espécie *Anastrepha ludens* (Loew, 1873) (Diptera: Tephritidae) (Aluja et al. 2008; Cancino et al. 2008). No Brasil, não existem informações a respeito de sua criação em tefritídeos.

Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi obter informações para o desenvolvimento de uma técnica de criação de *A. pelleranoi* em larvas de *A. fraterculus*, contemplando as seguintes etapas: a) determinação do ínstar preferencial para o parasitismo; b) tempo ideal de

exposição das larvas ao parasitoide; c) número ideal de larvas de *A. fraterculus* a ser oferecido para cada parasitoide; d) efeito do alimento na longevidade e parasitismo de adultos de *A. pelleranoi*.

Material e Métodos

As criações de manutenção de *A. fraterculus* e *A. pelleranoi*, bem como os experimentos foram realizados em salas climatizadas, com temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas.

Estabelecimento das criações de manutenção

Anastrepha fraterculus

Foram obtidos pupários de *A. fraterculus* no Laboratório de Irradiação de Alimentos e Radioentomologia do Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo (CENA/USP). Os adultos foram mantidos em gaiolas plásticas (57 cm x 39 cm x 37 cm) e alimentados com dieta sólida à base de açúcar refinado, germe de trigo e levedura de cerveja (Bionis® YE MF) na proporção de (3:1:1), respectivamente, fornecidos em uma caixa tipo Gerbox (11,5 cm x 11,5 cm x 3,5 cm) (Nunes 2010). Durante a primeira semana de vida também foi fornecido açúcar refinado em uma placa de Petri (9 cm de diâmetro x 1,5 cm de altura). Além do alimento, colocou-se no interior da gaiola água em um frasco de 250 mL, sendo disponibilizada por capilaridade por meio de uma tira de pano esponja vegetal (Spontex®).

Para a obtenção dos ovos foi instalado em uma das laterais da gaiola dos adultos um tecido “voile” vermelho siliconado, onde as fêmeas depositavam os ovos. O silicone foi

passado sobre o tecido em uma fina camada de espessura uniforme (1 mm), com auxílio de um cartão. Para manter a umidade a fim de evitar a desidratação dos ovos, colocou-se uma bandeja plástica contendo uma camada de algodão e outra de pano esponja vegetal, ambas umedecidas, por sobre o substrato de postura. A atração das fêmeas para o tecido de oviposição foi realizada com a colocação de lâmpadas fluorescentes próximas ao mesmo, conforme preconizado por Walder (2002).

A cada 24 horas, os ovos foram coletados com auxílio de jatos d'água, sendo recolhidos em uma bandeja de plástico. A seguir, foram transferidos para Erlemeyer (500 mL), sendo então submetidos a um processo de aeração por um período de 24 horas a 25 °C (Kamiya 2010). Após esse período, os ovos foram colocados na dieta artificial sobre papel filtro para o desenvolvimento larval. Para cada 300 mL de dieta foram utilizados cerca de 0,7 mL de ovos (\pm 8190 ovos). A dieta utilizada para o desenvolvimento das larvas e a metodologia de preparo foram aquelas descritas por Salles (1992), modificando-se apenas a quantidade de ágar adicionado à dieta, que era de 10 g e foi reduzida para 3,6 g (Nunes 2010). Para a pupação, as larvas foram retiradas da dieta na fase de pré-pupa com o auxílio de uma peneira e água corrente, sendo, posteriormente, depositadas em bandejas contendo vermiculita fina umedecida, onde ocorreu a pupação, permanecendo até a emergência.

Aganaspis pelleranoi

Para o estabelecimento da criação de manutenção de *A. pelleranoi* foram coletados frutos de araçá (*Psidium cattleianum* Sabine, 1821) (Myrtaceae), infestados com *A. fraterculus* em pomares de frutíferas nativas da Embrapa Clima Temperado. A seguir, os frutos foram transportados para o laboratório e acondicionados em bandejas plásticas (19 cm x 13,5 cm x 3,5 cm) contendo uma camada de 3 cm de vermiculita fina, sendo as mesmas fechadas com tecido “voile”.

Por ocasião da pupação a vermiculita foi peneirada diariamente por sete dias. Os pupários coletados foram transferidos para caixas tipo Gerbox® contendo vermiculita fina umedecida, onde permaneceram até a emergência. As caixas contendo os pupários foram transferidas para o interior de gaiolas (40 cm x 30 cm x 30 cm), e assim que houve a emergência de *A. pelleranoi*, esses insetos foram retirados e colocados em gaiolas específicas para sua criação (17,7 cm x 26,2 cm x 14,7 cm). Parte dos adultos emergidos foram armazenados em recipientes plásticos (5 mL) contendo álcool 70% e identificados pelo pesquisador Valmir Antônio Costa, do Instituto Biológico da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, em Campinas, São Paulo.

No interior da gaiola foi colocado um frasco de 50 mL contendo água, fornecida por capilaridade por meio de uma tira de pano esponja vegetal (Spontex®). Os parasitoides foram alimentados com uma solução aquosa de mel na concentração de 30% absorvido em pano esponja vegetal (Spontex®) e disponibilizado em placa de Petri (3 cm de diâmetro x 1,5 cm de altura).

Larvas de terceiro ínstar de mosca-das-frutas foram disponibilizadas aos parasitoides, dispostas em placa envolta em tecido “voile” a qual foi depositada no piso da gaiola dos parasitoides. As larvas foram expostas ao parasitismo por um período de 4 horas.

Experimento 1 - Determinação do ínstar preferencial para o parasitismo

Para determinação do ínstar preferencial para o parasitismo de *A. pelleranoi* em larvas de *A. fraterculus* foram realizados testes de livre escolha e de confinamento. Casais de *A. pelleranoi* com 5 dias de idade foram individualizados em copos plásticos (1000 mL), fechados com tecido “voile” para permitir aeração. Os parasitoides foram alimentados com mel puro absorvido em papel higiênico amassado, sendo oferecido em uma placa de acrílico (2,2 cm de diâmetro x 0,7 cm de altura).

No teste de livre escolha, quatro larvas dos três ínstar de *A. fraterculus* foram ofertadas aos casais. O ínstar foi determinado a partir do tempo de desenvolvimento larval conforme determinado por Salles (2000), sendo, após, também padronizado o ínstar pelo tamanho das larvas a partir das seguintes medidas: $1,488 \pm 0,028$ (primeiro ínstar), $3,982 \pm 0,061$ (segundo ínstar) e $8,110 \pm 0,098$ (terceiro ínstar). Larvas dos três ínstar foram separadas em placas de acrílico (1,7 cm de diâmetro x 0,1 cm de altura) contendo dieta artificial e, em seguida, expostas ao parasitismo por um período de 4 horas. As placas contendo as larvas foram dispostas de forma equidistante no interior da gaiola. Em seguida, as larvas de primeiro e segundo ínstar foram transferidas para frascos contendo dieta, onde permaneceram até se transformarem em pupa. A seguir, as pupas foram transferidas para frascos de acrílico (2,5 cm de diâmetro x 4,5 cm de altura) contendo vermiculita fina umedecida, onde permaneceram até a emergência de moscas ou parasitoides. Já as larvas de terceiro ínstar foram transferidas diretamente para os tubos de acrílico (5 cm de diâmetro x 6 cm de altura) contendo vermiculita fina expandida, onde permaneceram até a emergência de moscas ou parasitoides. Nos pupários em que não ocorreu emergência, procedeu-se à dissecação dos mesmos para verificar a presença de parasitoides.

Para o teste de confinamento, larvas de um único ínstar (primeiro, segundo e terceiro ínstar) de *A. fraterculus* foram expostas ao parasitismo. A forma de exposição aos casais, o número de larvas de cada ínstar e o desenvolvimento das larvas após o parasitismo foram realizados conforme citado para o teste com chance de escolha.

Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, utilizando-se dez repetições, sendo cada unidade experimental constituída por um casal de *A. pelleranoi*.

Experimento 2 - Determinação do tempo ideal de exposição das larvas ao parasitoide

Casais de *A. pelleranoi* com 5 dias de idade foram individualizados em copos plásticos (500 mL) fechados com tecido “voile” para permitir aeração. Os insetos foram alimentados com mel puro absorvido em papel higiênico amassado, formando uma pasta que foi colocada em uma placa de acrílico (2,2 cm de diâmetro x 0,7 cm de altura).

Foram oferecidas 4 larvas de *A. fraterculus* de terceiro ínstar, em uma placa de acrílico contendo dieta artificial e envolta por tecido “voile”. As larvas foram expostas ao parasitismo por períodos de 1, 2, 4, 8 e 16 horas. A seguir, as larvas foram transferidas para frascos de acrílico (2,5 cm de diâmetro x 4,5 cm de altura), contendo vermiculita fina umedecida, para pupação. Cerca de 25 dias após, diariamente foram realizadas observações para registrar o número de moscas e parasitoides emergidos, e após 40 dias os pupários intactos foram dissecados para verificar a presença de parasitoides que não emergiram.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos (diferentes períodos de exposição) e dez repetições, constituídas por um casal de *A. pelleranoi*.

Experimento 3 - Definição do número ideal de larvas de *A. fraterculus* a ser oferecido para cada parasitoide

Parasitoides recém emergidos foram separados por sexo e individualizados em casais em copos plásticos (500 mL), com abertura fechada por tecido “voile” para permitir aeração. Os insetos foram alimentados com mel puro absorvido em papel higiênico amassado e oferecido em uma placa de acrílico (2,2 cm de diâmetro x 0,7 cm de altura). Os tratamentos foram constituídos de diferentes densidades de larvas, sendo uma, duas, quatro e oito larvas de *A. fraterculus* de terceiro ínstar por fêmea de *A. pelleranoi*.

As larvas foram expostas às fêmeas de *A. pelleranoi* no quinto dia de vida, durante 4 horas, em placas de acrílico (1,7 cm de diâmetro x 0,1 cm de altura) contendo dieta artificial. Após o período de parasitismo as larvas foram transferidas para frascos de acrílico (2,5 cm de diâmetro x 4,5 cm de altura), onde ocorreu a pupação e a emergência de moscas ou parasitoides. Para avaliar a porcentagem de parasitismo, além de se considerar a emergência dos parasitoides também foram considerados os pupários intactos e que possuíam parasitoides.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos (diferentes números de larvas) e 15 repetições, constituídas por um casal de *A. pelleranoi*.

Experimento 4 - Efeito do alimento na longevidade e parasitismo de adultos de *A. pelleranoi*

Para avaliar o efeito do alimento sobre a longevidade e parasitismo de adultos de *A. pelleranoi* foi utilizado mel puro e em solução aquosa na concentração de 30%. O mel foi absorvido em papel higiênico amassado e fornecido em placas de acrílico (2,2 cm de diâmetro x 0,7 cm de altura). Foram avaliados quatro tratamentos constituídos por: Tratamento 1 – testemunha A (papel higiênico amassado sem alimento); Tratamento 2 – testemunha B (papel higiênico contendo água destilada); Tratamento 3 – solução aquosa de mel na concentração de 30% (m/v) absorvido em papel higiênico; e Tratamento 4 – mel puro absorvido em papel higiênico.

Casais de *A. pelleranoi* recém emergidos foram individualizados em copos plásticos (500 mL) fechados por tecido “voile” a fim de permitir aeração, apoiados com a base do copo em uma tampa de caixa Gerbox®. No interior das gaiolas foram colocadas as placas contendo os tratamentos para testar o efeito do alimento. Diariamente, até a morte das fêmeas, foram

oferecidas 4 larvas de *A. fraterculus* de terceiro ínstar, em placa contendo dieta artificial e envolta por tecido “voile”. As larvas foram expostas ao parasitismo por um período de 4 horas, sendo, posteriormente, transferidas para frascos de acrílico (2,5 cm de diâmetro x 4,5 cm de altura), contendo vermiculita extrafina umedecida, para pupação. Nos pupários em que não ocorreu emergência, procedeu-se à dissecação dos mesmos para verificar se existiam parasitoides.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e 15 repetições constituídas por casais de *A. pelleranoi*.

Parâmetros avaliados e análise estatística

Em todos os experimentos foi determinado o número de descendentes (ND), o percentual de parasitismo (P), o percentual de emergência (%) e a razão sexual (rs). Além destes parâmetros biológicos, no Experimento 4 foi determinada a longevidade de machos e fêmeas.

A razão sexual (rs) foi determinada utilizando a equação: $rs = (\text{número de fêmeas})/(\text{número de fêmeas} + \text{número de machos})$. O número de descendentes foi obtido pela equação: $ND = \text{número de parasitoides emergidos} + \text{número de parasitoides não emergidos}$.

O percentual de parasitismo foi determinado pela seguinte equação: $P (\%) = (\text{número de descendentes})/(\text{número total de larvas expostas ao parasitismo}) \times 100$. Para a determinação do percentual de emergência foi utilizada a seguinte equação: $E (\%) = (\text{número de parasitoides emergidos})/(\text{número de descendentes}) \times 100$.

Os dados obtidos de percentual de parasitismo (P) e percentual de emergência (E) foram submetidos à análise de variância, sendo esta realizada pelo procedimento GLM do SAS (SAS Institute 9.2, 2002), e as médias foram comparadas pelo teste *t* a 5% de significância. Os dados referentes à variável número de descendentes (ND) foram analisados

via modelos lineares generalizados por meio do procedimento GENMOD do SAS (SAS Institute 9.2, 2002) e as médias comparadas pelo teste Qui-quadrado ($p \leq 0,05$). Para a variável razão sexual (rs), as proporções médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste Z ($P \leq 0,05$), protegido pelo teste Qui-quadrado ($p \leq 0,05$), o qual foi realizado levando-se em consideração as frequências observadas das fêmeas em relação à frequência observada da população inteira (machos + fêmeas) (R Development Core Team, 2011).

Para avaliar a variável longevidade foram construídas curvas de sobrevivência através do estimador de Kaplan-Meier, e posteriormente estas foram comparadas por meio do teste de log-rank com o auxílio do Programa R (R Development Core Team, 2011).

Resultados

Experimento 1 - Determinação do ínstar preferencial para o parasitismo

Fêmeas de *A. pelleranoi* preferiram parasitar larvas de *A. fraterculus* de terceiro ínstar em relação às demais (Tabela 1). Tanto no teste com livre escolha como no de confinamento o número de descendentes obtidos (emergidos e não emergidos) foi maior em larvas de terceiro ínstar diferindo significativamente do primeiro e segundo ínstar ($X^2 = 52,28$; $gl = 2$; $P = 0,0001$ e $X^2 = 52,54$; $gl = 2$; $P = 0,0001$, respectivamente) (Tabela 1).

Larvas de terceiro ínstar também apresentaram um maior percentual de parasitismo, diferindo significativamente dos valores observados em larvas de primeiro e segundo ínstar tanto no teste de livre escolha ($F = 99,55$; $gl = 2$; $P = 0,0001$) como no de confinamento ($F = 84,50$; $gl = 2$; $P = 0,0001$) (Tabela 1). O valor observado no percentual de parasitismo de *A. pelleranoi* em larvas de primeiro e segundo ínstar não diferiu significativamente.

Do número de descendentes obtidos, observou-se um maior percentual de emergência de *A. pelleranoi* em larvas de terceiro ínstar, do que em larvas de primeiro e

segundo ínstar no teste com livre escolha ($F = 43,16$; $gl = 2$; $P = 0,0001$) e também no de confinamento ($F = 17,48$; $gl = 2$; $P = 0,0001$), sendo que os valores registrados para o primeiro e o segundo ínstar não diferiram significativamente.

O ínstar larval de *A. fraterculus* afetou a razão sexual de *A. pelleranoi* apenas no teste com livre escolha ($X^2 = 7,0$; $gl = 2$; $P = 0,0301$), de maneira que a maior quantidade de fêmeas foi obtida em larvas de terceiro ínstar, seguido dos valores observados no segundo e no primeiro ínstar (Tabela 1). Para o teste de confinamento verificou-se que o ínstar larval não afetou a variável razão sexual ($X^2 = 3,0625$; $gl = 2$; $P = 0,2162$). Entretanto, em decorrência das diferenças observadas entre as proporções médias optou-se por compará-las duas a duas mediante um teste de comparação de proporções. Dessa forma, foi observado que as maiores quantidades de fêmeas foram obtidas em larvas de terceiro e segundo ínstar, respectivamente (Tabela 1).

Experimento 2 - Determinação do tempo ideal de exposição das larvas ao parasitoide

O tempo de exposição das larvas de *A. fraterculus* a *A. pelleranoi* influenciou os valores observados do número de descendentes, das porcentagens de parasitismo e emergência, e da razão sexual (Tabela 2). Para o número de descendentes obtidos observou-se que os tempos de exposição de 4, 12 e 16 horas foram superiores aos tempos de 1, 2 e 8 horas, embora o valor registrado para 8 horas não tenha diferido de 12 e 16 horas ($X^2 = 27,83$; $gl = 5$; $P = 0,0001$) (Tabela 2).

O percentual de parasitismo de *A. pelleranoi* foi influenciado pelo tempo de exposição das larvas ($F = 4,33$; $gl = 5$; $P = 0,0022$), sendo a maior média obtida com 4 horas de exposição. O menor parasitismo foi verificado nos tempos de 1, 2 e 8 horas, embora para 8 horas não tenham sido observadas diferenças significativas de 12 e 16 horas, que apresentaram porcentagens intermediárias de parasitismo (Tabela 2).

Para o percentual de emergência observaram-se diferenças significativas, sendo que 4 e 12 horas de exposição das larvas às fêmeas do parasitoide proporcionaram o maior percentual de emergência, embora o valor observado para 12 horas não tenha diferido de 8, 1 e 2 horas ($F = 3,24$; $gl = 5$; $P = 0,0124$) (Tabela 2).

Em relação à razão sexual, não foi observado efeito significativo do tempo de exposição ($X^2 = 8,9904$; $gl = 5$; $P = 0,1094$). No entanto, em decorrência das diferenças observadas entre as proporções médias optou-se por compará-las duas a duas mediante um teste de comparação de proporções. Dessa forma, foi observado que a maior e a menor razão sexual foram obtidas com os tempos de exposição de 4 e 2 horas, respectivamente (Tabela 2).

Experimento 3 - Definição do número ideal de larvas de *A. fraterculus* a ser oferecido para cada parasitoide

O número de larvas oferecido às fêmeas de *A. pelleranoi* influenciou no número de descendentes obtidos e na porcentagem de parasitismo (Tabela 3). Na proporção de um parasitoide para cada quatro e oito larvas de *A. fraterculus*, registrou-se a maior quantidade de descendentes, em relação às densidades de 1:1 e 1:2 ($X^2 = 49,01$; $gl = 3$; $P = 0,0001$) (Tabela 3). Em relação ao percentual de parasitismo, obtiveram-se os maiores valores nas proporções de um parasitoide para uma, duas e quatro larvas, diferindo significativamente do valor registrado na proporção de 1:8 ($F = 3,84$; $gl = 3$; $P = 0,0143$) (Tabela 3).

Para a variável percentual de emergência não foram verificadas diferenças significativas entre as densidades ($F = 1,40$; $gl = 3$; $P = 0,2532$), que foram superiores a 80% (Tabela 3). Da mesma forma, a razão sexual não foi afetada pelas diferentes densidades ($X^2 = 0,381159$; $gl = 3$; $P = 0,9441$) e os valores ficaram próximos de 0,5 (Tabela 3).

Experimento 4 - Efeito do alimento na longevidade e parasitismo de adultos de *A. pelleranoi*

Fêmeas de *A. pelleranoi* alimentadas com mel produziram uma maior quantidade de descendentes, proporcionaram um maior parasitismo e apresentaram uma maior longevidade (Tabela 4). O número de descendentes obtidos foi significativamente maior quando utilizado, para alimentação das fêmeas de *A. pelleranoi*, solução aquosa de mel na concentração de 30%, em relação ao tratamento que utilizou mel puro e as testemunhas ($X^2 = 243,08$; gl = 3; $P = 0,0001$) (Tabela 4).

Para a variável percentual de parasitismo foram observados os maiores valores quando as fêmeas foram mantidas com a solução aquosa de mel na concentração 30% e com o fornecimento de água, diferindo significativamente do tratamento com mel puro e a testemunha, onde foi fornecido apenas papel na placa de acrílico ($F = 7,93$; gl = 3; $P = 0,001$).

Para o percentual de emergência não foram observadas diferenças significativas ($F = 0,15$; gl = 3; $P = 0,9325$), variando de 77,1% a 82,3% (Tabela 4). No entanto, a razão sexual da população descendente foi influenciada pelos tratamentos ($X^2 = 40,8011$; gl = 3; $P = 0,00001$) (Tabela 4).

A longevidade, tanto dos machos ($X^2 = 40,04$; gl = 3; $P = 1,1 \times 10^{-10}$) quanto das fêmeas ($X^2 = 49,3$; gl = 3; $P = 8,97 \times 10^{-09}$) foi significativamente afetada pelos diferentes tratamentos, sendo maior para os insetos alimentados com solução aquosa de mel a 30% e mel puro (Figura 1).

Discussão

Os experimentos realizados neste trabalho demonstram que a utilização de larvas de *A. fraterculus* de terceiro ínstar, expostas ao parasitismo de *A. pelleranoi* por 4 horas, numa proporção de quatro larvas de mosca por parasitoide, sendo estes alimentados com solução

aquosa de mel a 30%, possibilitam obter os melhores resultados para a multiplicação de *A. pelleranoi*, em laboratório.

Os resultados obtidos nos testes de livre escolha e de confinamento demonstram que larvas de terceiro ínstar de *A. fraterculus* foram preferidas para o parasitismo em relação às larvas de primeiro e de segundo ínstars (Tabela 1). Este comportamento de parasitismo de *A. pelleranoi* também foi relatado por Ovruski et al. (2000) em larvas de *C. capitata*. Além disto, os autores mencionam que outras espécies de Eucoilinae (Figitidae) também preferem ovipositar em larvas de terceiro ínstar. Geralmente, parasitoides de larvas de mosca-das-frutas da família Figitidae e alguns da família Braconidae preferem ovipositar em larvas de terceiro ínstar, como ocorre com *D. longicaudata*, que também prefere parasitar larvas com 11 a 12 dias de idade (van Nieuwenhove & Ovruski 2011). Ao estudar o efeito de diferentes tamanhos de larvas de *A. ludens* sobre a capacidade reprodutiva de *D. longicaudata*, López et al. (2009) verificaram que o maior número de descendentes foi produzido por adultos multiplicados em larvas de tamanho médio e grande.

Esta preferência por larvas de terceiro ínstar também pode ser observada na maior porcentagem de parasitismo (acima de 95%) e emergência (acima de 68%) para ambos os testes com e sem chance de escolha (Tabela 1). Provavelmente, larvas de maior tamanho são mais fáceis de serem encontradas pelo parasitoide no interior do fruto (Ovruski 1994), sendo este comportamento observado também para os insetos criados em laboratório, em dieta artificial neste estudo. O maior percentual de emergência em larvas de terceiro ínstar, pode ser atribuído ao fato de que estas apresentaram melhores condições para o desenvolvimento dos parasitoides como, por exemplo, as condições nutricionais (López et al. 2009).

Outro fator que também sofreu alteração devido à escolha do ínstar para o parasitismo foi a razão sexual. Embora não tenham sido encontrados na literatura trabalhos que tenham avaliado a razão sexual de *A. pelleranoi* quando criado nos diferentes ínstars,

observa-se que trabalhos de biologia com esse parasitoide, em larvas de terceiro ínstar de *A. ludens*, propiciaram uma proporção sexual de 2,67 fêmeas para cada macho (Cancino et al. 2008). Entretanto, López et al. (2009) verificaram que o tamanho dos hospedeiros (larvas) não afetou a razão sexual da população de *D. longicaudata*, fato este que vai de encontro ao verificado no presente estudo. Além da influência de um único fator Godfray (1995), Sagarra et al. (2001) e van Nieuwenhove & Ovruski (2011) também relatam que a razão sexual pode ser modificada pela interação de fatores, como por exemplo a adequada idade do hospedeiro aliada à qualidade das larvas.

O tempo de 4 horas de exposição das larvas ao parasitismo foi o que proporcionou os melhores resultados quanto ao número de descendentes obtidos (emergidos e não emergidos), porcentagem de parasitismo e emergência, e razão sexual (Tabela 2). Aluja et al. (2008) ao multiplicarem *A. pelleranoi* em larvas de *A. ludens* verificaram um incremento de 9,2% no percentual de parasitismo quando o tempo de exposição das larvas aos parasitoides foi reduzido de 24 para 7 horas. Assim, aparentemente o tempo de exposição de 4 horas determinado no presente estudo demonstra ser um tempo ideal para que não ocorra redução no parasitismo, uma vez que este valor foi de 82,5%. Os valores observados por estes autores são superiores apenas aos encontrados para os períodos de 1 (20%) e 2 horas (17,5%), utilizados no presente trabalho (Tabela 2).

As diferenças entre os resultados do estudo de Aluja et al. (2008) e os do presente estudo podem ser explicadas pelo fato de que a metodologia empregada não foi a mesma. Assim, no estudo conduzido por tais autores foram utilizados 30 fêmeas e 15 machos por gaiola, enquanto que no presente trabalho utilizou-se apenas um casal de *A. pelleranoi* por gaiola. Além disso, outra importante diferença entre os trabalhos se refere às espécies hospedeiras utilizadas.

Em relação ao percentual de emergência os melhores resultados foram alcançados também com 4 e 12 horas de exposição das larvas ao parasitoide (55% e 42,5%, respectivamente) (Tabela 2). Estes valores são superiores aos encontrados por Cancino et al. (2008), que verificaram no período de 4 horas de exposição de larvas de *A. ludens* a *A. pelleranoi* um percentual de emergência de apenas 22,68%. Provavelmente, esta diferença está relacionada ao fato de serem utilizadas espécies hospedeiras diferentes para multiplicação do parasitoide.

No que diz respeito à razão sexual os maiores valores foram verificados para os períodos de 4 (0,83), 8 (0,50), 12 (0,65) e 16 (0,80) horas de exposição, embora a partir de 8 horas já seja observada uma menor razão sexual. Aluja et al. (2008), verificaram que, com a redução de 24 para 7 horas de exposição, a proporção de fêmeas de *A. pelleranoi* multiplicadas em larvas de *A. ludens* foi reduzida de 58,3% para 46,8%. Tais valores são bastante próximos aos encontrados no presente estudo para os períodos de 1 e 8 horas de exposição (Tabela 2). No entanto, deve-se ressaltar que as espécies hospedeiras utilizadas, bem como a metodologia aplicada nos trabalhos, foram diferentes.

O número de descendentes obtidos por fêmea de *A. pelleranoi* foi influenciado pelo número de larvas de *A. fraterculus*, sendo que a oferta de quatro e oito larvas de mosca para cada fêmea proporcionaram uma produção de 3,4 a 4,27 descendentes, respectivamente (Tabela 3). Entretanto observou-se que quando foram oferecidas às fêmeas oito larvas houve uma redução significativa na taxa de parasitismo (Tabela 3). Estudos conduzidos com *D. longicaudata* por García-Mendel et al. (2007) demonstraram que, com o aumento da densidade de 2 para 15 larvas de *A. ludens*, o percentual de parasitismo deste inimigo natural apresentou pouca variação (91,42% e 91,61%, respectivamente), diferentemente do observado neste estudo, onde a maior taxa de parasitismo foi observada quando foram oferecidas de uma a quatro larvas por fêmea (Tabela 3).

A porcentagem de emergência não foi influenciada pela quantidade de larvas oferecidas ao parasitoide, sendo superior a 80% (Tabela 3).

A razão sexual também não foi influenciada pelos diferentes tratamentos e ficou próxima de 0,5 (Tabela 3). Entretanto, García-Mendel et al. (2007) observaram uma maior quantidade de fêmeas de *D. longicaudata* criadas em larvas de *A. ludens* e que, ao modificar a densidade de larvas de 2 para 15 para cada parasitoide, a razão sexual foi reduzida de 0,89 para 0,71.

O fornecimento de alimento (solução aquosa de mel na concentração de 30%) para as fêmeas de *A. pelleranoi* aumentou a fecundidade, uma vez que foi obtido um maior número de descendentes, proporcionou um maior parasitismo e uma maior longevidade (Tabela 4). Fêmeas alimentadas com a solução aquosa de mel a 30% produziram 32 parasitoides ao longo de sua vida, sendo superior à utilização do mel puro e também dos dois tratamentos testemunha onde se avaliaram os parâmetros biológicos com e sem presença de água. Bautista et al. (2001), ao estudarem o efeito de diferentes alimentos sobre o parasitoide de ovos de mosca-das-frutas *Fopius arisanus* (Sonan, 1932) (Hymenoptera: Braconidae), verificaram que a maior progênie foi gerada por fêmeas alimentadas com mel puro.

Fêmeas que receberam solução aquosa de mel a 30% também apresentaram uma maior porcentagem de parasitismo (43,86%), embora não tenha diferido das que receberam somente água (39,90%) (Tabela 4). Aluja et al. (2008) verificaram que fêmeas alimentadas com solução aquosa de mel na concentração de 70% apresentaram um percentual de parasitismo de no máximo 35,6%. Estes dados corroboram as informações obtidas no presente estudo, pois as fêmeas alimentadas com mel concentrado parasitaram um percentual menor de larvas do que aquelas mantidas com solução aquosa de mel na concentração de 30% (Tabela 4). Tal fato pode estar relacionado com a viscosidade das soluções de mel, pois aquelas mais concentradas, ao serem misturadas com um substrato sólido, como é o caso do papel higiênico

utilizado no presente estudo, tornam-se menos fluidas e, portanto, dificultando a alimentação dos insetos.

Ao estudar o efeito de diferentes alimentos sobre a longevidade, metabolismo de carboidratos e a dinâmica ovariana de *A. pelleranoi*, Vásquez (2011) observou que os espécimes mantidos com dietas que continham mel em sua constituição sobreviveram por até 57 dias. Ademais, a autora verificou que os níveis de açúcares totais, frutose e glicogênio foram superiores nos insetos alimentados com dietas à base de mel, e em decorrência disto fêmeas que ao emergir possuíam cerca de 100 ovos maduros, no segundo dia após a emergência, já haviam produzido cerca de 170 novos ovos.

Estudos com *D. longicaudata* demonstraram que espécimes mantidos com diferentes fontes de alimento, como por exemplo, suco de diferentes espécies frutíferas e néctar de diversas espécies de flores, apresentaram desempenho inferior aos insetos alimentados com mel. Além disso, fêmeas mantidas com mel produziram maior número de ovos (Sivinski et al. 2006). Em relação à longevidade, pesquisas desenvolvidas com os parasitoides *D. longicaudata*, *Opius hirtus* Fischer, 1963 (Hymenoptera: Braconidae), *Doryctobracon crawfordi* (Viereck, 1911) (Hymenoptera: Braconidae) e *Utetes anastrephae* (Viereck, 1913) (Hymenoptera: Braconidae) demonstraram que os adultos de todas estas espécies sobreviveram por um período maior de tempo quando alimentados com mel (Stuhl et al. 2011).

Portanto, os resultados obtidos com os tratamentos à base de mel podem ser explicados pelo fato de que *A. pelleranoi* é uma espécie sinovigênica, e, portanto, requer carboidratos para a produção e maturação dos ovos, bem como para a manutenção de suas funções vitais (Flanders 1950). Além disso, os carboidratos são a principal fonte de energia para manutenção de parasitoides adultos que se alimentam de várias fontes de açúcar, além de

afetarem positivamente a maturação de ovos nos mesmos (Vattala et al. 2005, Jervis et al. 2008, Vásquez 2011).

Os resultados obtidos neste estudo fornecem informações importantes para o estabelecimento de uma técnica criação de *A. pelleranoi* em laboratório. Entretanto, outros fatores devem ser estudados como o tamanho ideal das gaiolas e a melhor forma de oferecimento das larvas de *A. fraterculus* ao parasitoide, para que a técnica de criação também possa ser empregada em produções maiores e, assim, verificar a efetividade de *A. pelleranoi* no controle de moscas-das-frutas.

Referências bibliográficas

Aluja M (1994) Bionomics and Management of *Anastrepha*. Annu Rev Entomol 39:155-178

Aluja M, Sivinski J, Ovruski S, Guillen L, Lopez M, Cancino J, Torres-Anaya A, Gallegos-Chan G , Ruiz L (2008) Colonization and domestication of seven species of native New World hymenopterous larval-prepupal and pupal fruit fly (Diptera: Tephritidae) parasitoids. Biocontrol Sci Technol 19:49-79

Anvisa (2008) Nota Técnica para divulgação dos resultados do PARA de 2008. In: Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos – PARA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/3989428047457d5189a7dd3fbc4c6735/nota+tecnica+-+resultados+para+2008.pdf?MOD=AJPERES>> Acesso em: 12 dez. 2011, 13:10:00.

Anvisa (2009), Relatório de atividades de 2009. In: Programa de análise de resíduos de agrotóxicos em alimentos (PARA). Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em:

<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/8ef32a80481aa03d85989570623c4ce6/RELATORIO_PARA_2009.pdf?MOD=AJPERES> Acesso em: 12 dez. 2011, 14:29:00.

Anvisa (2010), Relatório de atividades de 2010. In: Programa de análise de resíduos de agrotóxicos em alimentos (PARA). Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/b380fe004965d38ab6abf74ed75891ae/Relat%C3%B3rio+PARA+2010+-+Vers%C3%A3o+Final.pdf?MOD=AJPERES>> Acesso em: 12 dez. 2011, 16:24:00.

Bartlett KA (1941) The introduction and colonization in Puerto Rico of beneficial insects parasitic on west indian fruit flies. J Agric Univ PR 25:25-31

Bautista RC, Harris EJ, Vargas RI (2001) The fruit fly parasitoid *Fopius arisanus*: reproductive attributes of pre-released females and the use of added sugar as a potential food supplement in the field. Entomol Exp Appl 101:247-255

Beserra EB, Parra JRP (2004) Biologia e parasitismo de *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner e *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera, Trichogrammatidae) em ovos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera, Noctuidae). Rev Bras Entomol 48:119-126

Canal N, Zucchi R, Silva NM, Silveira Neto S (1995) Análise faunística dos parasitoides (Hymenoptera, Braconidae) de *Anastrepha* spp. (Diptera, Tephritidae) em Manaus e Iranduba, Estado do Amazonas. Acta Amazonica 25:235-246

Canal NA, Zucchi RA (2000) Parasitóides - Braconidae. In: Malavasi A, Zucchi RA (ed) Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado. Holos Editora, Ribeirão Preto

Cancino J, Ruiz L, Sivinski J, Galvez F, Aluja M (2008) Rearing of five hymenopterous larval-prepupal (Braconidae, Figitidae) and three pupal (Diapriidae, Chalcidoidea, Eurytomidae) native parasitoids of the genus *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) on irradiated *A. ludens* larvae and pupae. *Biocontrol Sci Technol* 19:193-209

Carvalho ES, Nascimento SS, Matrangolo WJR (2000) Controle biológico. In: Malavasi A, Zucchi RA (ed) Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado. Holos Editora, Ribeirão Preto

Duarte AL, Malavasi A (2000) Tratamentos quarentenários. In: Malavasi A, Zucchi RA (ed) Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado. Holos Editora, Ribeirão Preto

Flanders SE (1950) Regulation of ovulation and egg disposal in the parasitic Hymenoptera. *Can Entomol* 82:134-140

García-Medel D, Sivinski J, Díaz-Fleischer F, Ramirez-Romero R, Aluja M (2007) Foraging behavior by six fruit fly parasitoids (Hymenoptera: Braconidae) released as single- or multiple-species cohorts in field cages: Influence of fruit location and host density. *Biol Control* 43:12-22

Garcia FRM, Corseuil E (2004) Native hymenopteran parasitoids associated with fruit flies (Diptera: Tephritidae) in Santa Catarina state, Brazil. *Fla Entomol* 87:517-521

Godfray HCJ (1995) Parasitoids: Behavioral and Evolutionary Ecology. *Environ Entomol* 24:483-484

Guimarães JA, Zucchi RA (2004) Parasitism behavior of three species of Eucoilinae (Hymenoptera: Cynipoidea: Figitidae) fruit fly parasitoids (Diptera) in Brazil. *Neotrop Entomol* 33:217-224

Guimarães JA, Diaz NB, Zucchi RA (2000) Parasitóide - Figitidae (Eucoilinae). In: Malavasi A, Zucchi RA (ed) *Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado*. Holos Editora, Ribeirão Preto.

Guimarães JA, Zucchi RA, Diaz NB, Souza Filho MF, Uchôa FMA (1999) Espécies de Eucoilinae (Hymenoptera: Cynipoidea: Figitidae) parasitóides de larvas frugívoras (Diptera: Tephritidae e Lonchaeidae) no Brasil. *An Soc Entomol Bras* 28:263-273

Härter WR, Grützmacher AD, Nava DE, Gonçalves RS, Botton M (2010) Isca tóxica e disrupção sexual no controle da mosca-da-fruta sul-americana e da mariposa-oriental em pessegueiro. *Pesq Agropec Bras* 45:229-235

Jervis MA, Ellers J, Harvey JA (2008) Resource acquisition, allocation, and utilization in parasitoid reproductive strategies. *Annu Rev Entomol* 53:361-385

Kamiya AC Criação massal em dieta líquida e radioesterilização da mosca-sul-americana *Anastrepha* sp. 1 *aff. fraterculus* (Wied., 1830) (Diptera: Tephritidae). 2010. 71p. Centro de Energia Nuclear, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

Leonel FL, Zucchi RA, Wharton RA (1995) Distribution and tephritid hosts (Diptera) of braconid parasitoids (hymenoptera) in Brazil. *Int J Pest Manag* 41:208-213

López OP, Hénaut Y, Cancino J, Lambin M, Cruz-López L, Rojas JC (2009) Is host size an indicator of quality in the mass-reared parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae)? *Fla Entomol* 92:441-449

Nasca JA (1973) Parásitos de "moscas de los frutos" establecidos en algunas zonas de Tucumán. *Rev Agr del Noroeste Argentino* 10:31-43

Nava DE, Botton M (2010) Bioecologia e controle de *Anastrepha fraterculus* e *Ceratitidis capitata* em pessegueiro. Embrapa Clima Temperado, Pelotas

Nieuwenhove GA, Ovruski SM (2011) Influence of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) larval instars on the production of *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) progeny and their sex ratio. *Fla Entomol* 94:863-868

Norris RF, Caswell-Chen EP, Kogan M (2002) Pesticides. In: Norris RF, Caswell-Chen EP, Kogan M (ed) *Concepts in Integrated Pest Management*. Prentice Hall, New Jersey

Nunes AM Moscas frugívoras (Tephritoidea), seus parasitoides e estudos bioecológicos de *Anastrepha fraterculus* (Wiedmann, 1830) (Diptera: Tephritidae) e *Doryctobracon areolatus* (Szépligeti, 1911) (Hymenoptera: Braconidae). 2010. 95p. (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Nunes A, Müller F, Gonçalves R, Garcia M, Costa V, Nava D (2012) Moscas frugívoras e seus parasitoides nos municípios de Pelotas e Capão do Leão, Rio Grande do Sul, Brasil. Cien Rural 42:6-12

Ovruski S (1994) Comportamiento en la detección del huésped en *Aganaspis pelleranoi* (Brèthes) (Hymenoptera: Cynipoidea, Eucoilidae) parasitoide de larvas de *Ceratitis capitata* (Wied.) (Diptera: Tephritidae). Rev Soc Entomol Argentina 53:121-127

Ovruski S, Aluja M, Sivinski J, Wharton R (2000) Hymenopteran parasitoids on fruit-infesting Tephritidae (Diptera) in Latin America and the southern United States: diversity, distribution, taxonomic status and their use in fruit fly biol control. Integrated Pest Manag Rev 5:81-107

Ovruski SM, Colin C, Soria A, Oroño LE, Schliserman P (2003) Introducción y producción en laboratorio de *Diachasmimorpha tryoni* y *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) para el control biológico de *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) en la Argentina. Rev Soc Entomol Argent 62:49-59

Parra JRP, Botelho PSM, Corrêa-Ferreira BS, Bento JMS (2002) Controle Biológico: Terminologia. In: Parra JRP, Botelho PSM, Corrêa-Ferreira BS, Bento JMS (ed) Controle Biológico no Brasil: Parasitoides e Predadores. Editora Manole, Barueri

Purcell MF (1998) Contribution of biological control to integrated pest management of tephritid fruit flies in the tropics and subtropics. *Integrated Pest Manag Rev* 3:63-83

R Development Core Team (2011). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.

Raga A (2005) Incidência, monitoramento e controle de moscas-das-frutas na citricultura Paulista. *Laranja* 26:307-322

Sagarra LA, Vincent C, Stewart RK (2001) Body size as an indicator of parasitoid quality in male and female *Anagyrus kamali* (Hymenoptera: Encyrtidae). *Bull Entomol Res* 91:363-367

Salles LAB (1992) Metodologia de criação de *Anastrepha fraterculus* (Wiedmann, 1830) (Diptera: Tephritidae) em dieta artificial em laboratório. *An Soc Entomol Bras* 21:479-486

Salles LAB (1996) Parasitismo de *Anastrepha fraterculus* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) por Hymenoptera, na região de Pelotas, RS. *Pesq Agropec Bras* 31:769-744

Salles LAB (2000) Bioecologia e ciclo de vida de *Anastrepha fraterculus*, p.81-86. In Malavasi A, Zucchi RA (eds) Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado. Holos Editora, Ribeirão Preto

SAS Institute (2002) SAS System - SAS/STAT. computer program, version 9.2. By SAS Institute, Cary, NC.

Sivinski J, Aluja M , Holler T (2006) Food sources for adult *Diachasmimorpha longicaudata*, a parasitoid of tephritid fruit flies: effects on longevity and fecundity. Entomol Exp Appl 118:193-202

Souza SAS, Resende ALS, Strikis PC, Costa JR, Ricci MSF, Aguiar-Menezes EL (2005) Infestação natural de moscas frugívoras (Diptera: Tephritoidea) em café arábica, sob cultivo orgânico arborizado e a pleno sol, em Valença, RJ. Neotrop Entomol 34:639-648

Stuhl C, Cicero L, Sivinski J, Teal P, Lapointe S, Paranhos BJ, Aluja M (2011) Longevity of multiple species of tephritid (Diptera) fruit fly parasitoids (Hymenoptera: Braconidae: Opiinae) provided exotic and sympatric-fruit based diets. J Insect Physiol 57:1463-1470

Vásquez C Efecto de diferentes recursos alimenticios sobre longevidad, metabolismo de carbohidratos y dinámica ovárica en dos parasitoides de moscas de la fruta (Diptera: Tephritidae). 2011. 53p. (Magister)-Facultad de Agronomía, Escuela de Postgrados, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Vattala H, Wratten S, Phillips C, Wäckers F, Worner S (2005) Measuring parasitoid carbohydrate levels to improve biological control. *NZ Plant Protection* 58:135-139

Walder JMM (2002) Produção de moscas-das-frutas e seus inimigos naturais: associação de moscas estéreis e controle biológico. In: Parra JRP, Botelho PSM, Corrêa-Ferreira BS, Bento JMS (ed) *Controle Biológico no Brasil: Parasitóides e Predadores*. Editora Manole, Barueri

Wharton RA, Ovruski S, Gilstrap FE (1998) Neotropical Eucilidae (Cynipoidea) associated with fruit-infesting Tephritidae, with new records from Argentina, Bolivia and Costa Rica. *J Hymenopt Res* 7:102-115

Zucchi RA, Malavasi A, Nascimento AS, Walder JM (2004) Prejuízos das moscas-das-frutas na exportação de citros. *V Agr* 2:73-77

Tabela 1 Médias (\pm EP) do número de descendentes, percentuais de parasitismo e emergência e razão sexual de *Aganaspis pelleranoi* criado em larvas de *Anastrepha fraterculus* de primeiro, segundo e terceiro ínstar no teste de livre escolha e de confinamento. Temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h.

Teste	Parâmetro biológico	Tratamento		
		1° ínstar	2° ínstar	3° ínstar
Confinamento	Número de descendentes ⁽¹⁾	0,10 \pm 0,10 b	0,70 \pm 0,33 b	3,80 \pm 0,13 a
	Parasitismo (%) ⁽²⁾	2,50 \pm 2,50 b	17,50 \pm 8,37 b	95,00 \pm 10,0 a
	Emergência (%) ⁽²⁾	2,50 \pm 2,50 b	15,00 \pm 7,64 b	67,50 \pm 11,8 a
	Razão sexual ⁽³⁾	0,00 c	0,67 b	0,83 a
Livre escolha	Número de descendentes ⁽¹⁾	0,40 \pm 0,30 b	0,30 \pm 0,15 b	3,90 \pm 0,10 a
	Parasitismo (%) ⁽²⁾	10,0 \pm 7,64 b	7,50 \pm 3,82 b	97,50 \pm 2,50 a
	Emergência (%) ⁽²⁾	10,0 \pm 7,64 b	5,00 \pm 3,33 b	80,00 \pm 7,26 a
	Razão sexual ⁽³⁾	0,00 c	0,67 b	0,72 a

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem significativamente entre si pelo teste de Qui-quadrado ($P \leq 0,05$).

⁽²⁾ Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste "t" ($P \leq 0,05$).

⁽³⁾ Valores seguidos pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de comparação de proporções ($P \leq 0,05$).

EP - Erro padrão.

Tabela 2 Médias (\pm EP) do número de descendentes, percentuais de parasitismo e emergência e razão sexual de *Aganaspis pelleranoi* criados em larvas de *Anastrepha fraterculus* submetidas a diferentes tempos de exposição. Temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h.

Tempo de exposição (h)	Número de descendentes ⁽¹⁾	Parasitismo (%) ⁽²⁾	Emergência (%) ⁽²⁾	Razão sexual ⁽³⁾
1	0,8 \pm 0,46 cd	20,00 \pm 11,7 c	17,50 \pm 11,8 bc	0,43 bc
2	0,7 \pm 0,33 d	17,50 \pm 8,37 c	15,00 \pm 7,64 bc	0,14 c
4	3,3 \pm 0,47 a	82,50 \pm 11,8 a	55,00 \pm 11,10 a	0,83 a
8	1,8 \pm 0,55 bc	45,00 \pm 13,8 bc	25,00 \pm 10,50 bc	0,50 abc
12	2,2 \pm 0,44 ab	55,00 \pm 11,1 ab	42,50 \pm 9,17 ab	0,65 ab
16	2,3 \pm 0,53 ab	57,50 \pm 13,5 ab	10,00 \pm 7,64 c	0,80 ab

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Qui-quadrado ($P \leq 0,05$).

⁽²⁾ Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste "t" ($P \leq 0,05$).

⁽³⁾ Valores seguidos pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de comparação de proporções ($P \leq 0,05$).

EP - Erro padrão.

Tabela 3 Médias (\pm EP) do número de descendentes, percentuais de parasitismo e emergência e razão sexual de *Aganaspis pelleranoi*, quando oferecidos diferentes números de larvas de *Anastrepha fraterculus*. Temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h.

Número de larvas	Número de descendentes ⁽¹⁾	Parasitismo (%) ⁽²⁾	Emergência (%) ⁽²⁾	Razão sexual ⁽³⁾
1	0,80 \pm 0,11 c	80,00 \pm 10,7 a	80,00 \pm 10,7 a	0,5 a
2	1,60 \pm 0,16 b	80,00 \pm 8,16 a	83,33 \pm 9,34 a	0,54 a
4	3,40 \pm 0,19 a	85,00 \pm 4,76 a	94,44 \pm 3,87 a	0,53 a
8	4,27 \pm 0,27 a	53,33 \pm 3,33 b	98,33 \pm 1,67 a	0,46 a

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Qui-quadrado ($P \leq 0,05$).

⁽²⁾ Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste "t" ($P \leq 0,05$).

⁽³⁾ Valores seguidos pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de comparação de proporções ($P \leq 0,05$).

EP - Erro padrão.

Tabela 4 Médias (\pm EP) do número de descendentes, percentuais de parasitismo e emergência e razão sexual de *Aganaspis pelleranoi* com e sem a presença de alimentos. Temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h.

Tratamentos ⁽¹⁾	Número de descendentes ⁽²⁾	Parasitismo (%) ⁽³⁾	Emergência (%) ⁽³⁾	Razão sexual ⁽⁴⁾
A	8,26 \pm 1,41 d	22,2 b	82,31 \pm 6,64 a	0,41 c
B	14,73 \pm 2,24 c	39,90 a	77,05 \pm 6,53 a	0,59 ab
C	32,00 \pm 3,72 a	43,86 a	78,84 \pm 2,78 a	0,51 bc
D	20,40 \pm 3,25 b	21,98 b	80,33 \pm 6,57 a	0,62 a

⁽¹⁾ Tratamentos: A - testemunha (papel higiênico amassado); B - testemunha B (água destilada absorvida em papel higiênico); C - solução aquosa de mel na concentração de 30% (m/v) absorvido em papel higiênico; e, D - mel puro absorvido em papel higiênico.

⁽²⁾ Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Qui-quadrado ($P \leq 0,05$).

⁽³⁾ Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste "t" ($P \leq 0,05$).

⁽⁴⁾ Valores seguidos pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de comparação de proporções ($P \leq 0,05$).

EP - Erro padrão.

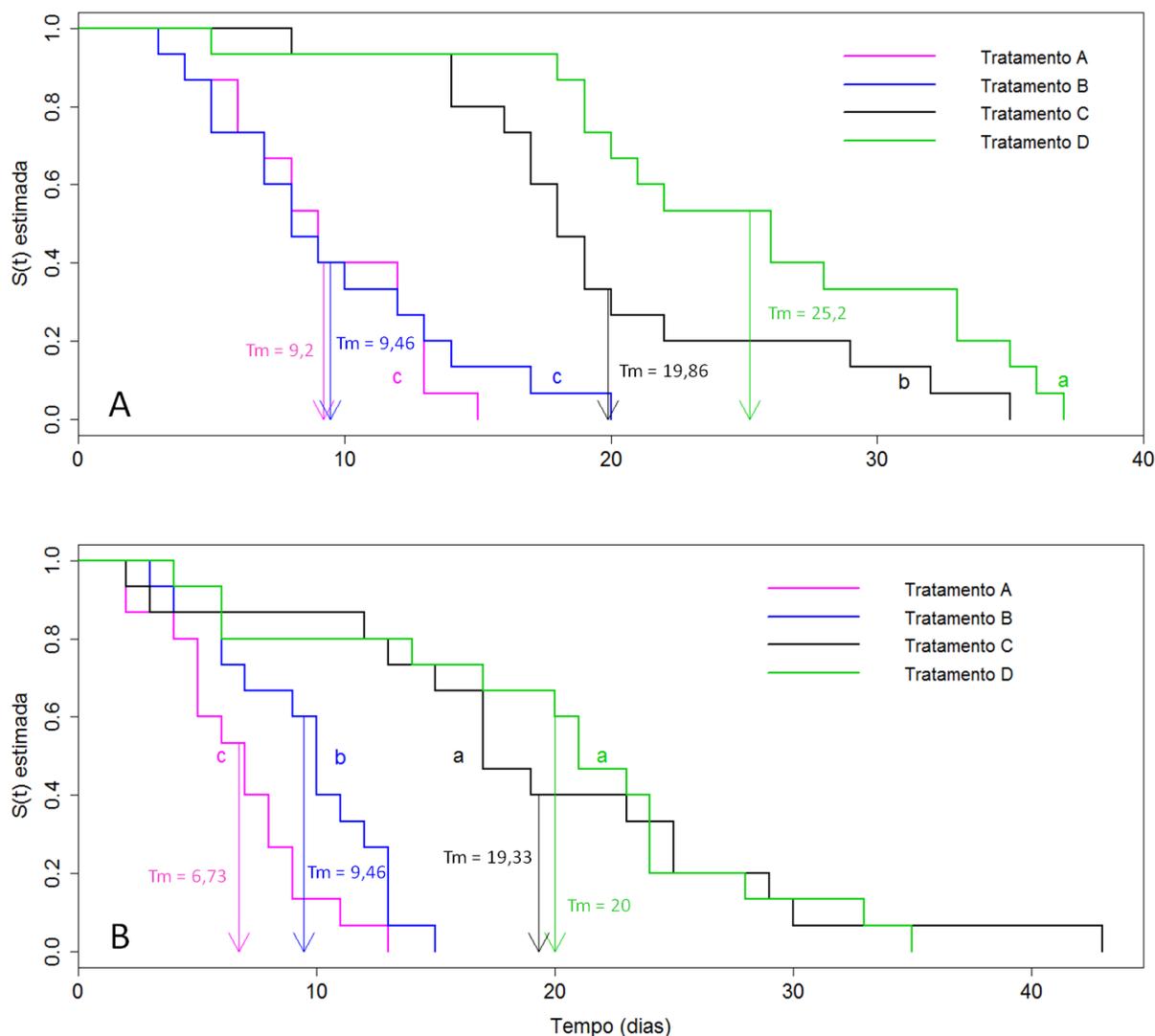


Figura 1 Curvas de sobrevivência de fêmeas (A) e machos (B) de *Aganaspis pelleranoi* mantidos com diferentes alimentos, [(Tratamento A – testemunha A (papel higiênico amassado)); (Tratamento B – testemunha B (água destilada absorvida em papel higiênico)); (Tratamento C – mel na concentração de 30% (m/v) absorvido em papel higiênico); e (Tratamento D – mel puro absorvido em papel higiênico)]. Temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h. Curvas identificadas com as mesmas letras não diferem significativamente entre si. Setas indicam o tempo médio de sobrevivência.

ARTIGO 2 - Revista: Neotropical Entomology

3 - Artigo 2

Biologia e tabela de vida de fertilidade de *Aganaspis pelleranoi* (Brèthes) em larvas de *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) e *Ceratitis capitata* (Wiedemann)

Rafael da Silva Gonçalves ¹, Dori Edson Nava ², Helter Carlos Pereira ¹, Heitor Lisboa ¹, Anderson Dionei Grützmacher ¹, Ricardo Alexandre Valgas ²

¹ Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Departamento de Fitossanidade, Caixa Postal 354, CEP 96010-900 Pelotas, RS, Brasil. E-mail: rafaeldasilvagoncalves@gmail.com, heltercp@hotmail.com, heitorlisboa@hotmail.com, anderson.grutzmacher@pq.cnpq.br,

² Embrapa Clima Temperado, BR 392, KM 78, Caixa Postal 403, CEP 96001-970 Pelotas, RS. Brasil. E-mail: nava.dori@cpact.embrapa.br, ricardo.valgas@cpact.embrapa.br

Resumo

Aganaspis pelleranoi (Brèthes) é um importante parasitoide de mosca-das-frutas, nativo da região Neotropical. O objetivo do trabalho foi estudar a biologia e elaborar a tabela de vida de fertilidade de *A. pelleranoi* em larvas de *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) e de *Ceratitis capitata* (Wiedemann). Foi estudado o desenvolvimento

do parasitoide em larvas das duas espécies de moscas-das-frutas e foram determinados os seguintes parâmetros biológicos: duração do período ovo-adulto, número de descendentes, razão sexual, peso de adultos, tamanho da tíbia posterior de adultos, longevidade de macho e fêmea, percentual de parasitismo e percentual de emergência. Com base nos parâmetros biológicos foi elaborada a tabela de vida de fertilidade. Parasitoides multiplicados em larvas de *A. fraterculus* produziram um maior número de descendentes, apresentaram uma menor duração do período ovo-adulto, maior razão sexual, maior longevidade e uma maior porcentagem de parasitismo e emergência do que os criados em larvas de *C. capitata*. Além disso, *A. pelleranoi* criados em *A. fraterculus* foram mais pesados e apresentaram uma tíbia maior do que os criados em *C. capitata*. Com base na tabela de vida de fertilidade determinou-se que o tempo necessário para duplicar a população (T_d) foi de cerca de 3,4 vezes menor para os insetos obtidos de larvas de *A. fraterculus*. Portanto, *A. pelleranoi* possui um melhor desenvolvimento em larvas de *A. fraterculus*.

Palavras - chave: Controle biológico, moscas-das-frutas, Figitidae, Tephritidae, parasitismo.

Biology and fertility life table of *Aganaspis pelleranoi* (Brèthes) in larvae of *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) and *Ceratitis capitata* (Wiedemann)

Abstract

Aganaspis pelleranoi (Brèthes) is an important parasitoid of fruit flies, native to the Neotropical region. The objective of this research was to study the biology and develop a fertility life table for *A. pelleranoi* in larvae of *Anastrepha fraterculus*

(Wiedemann) and *Ceratitis capitata* (Wiedemann). The development of the parasitoid in larvae of the two species of fruit flies was studied, and the following biological parameters were determined: duration of the egg-adult period, number of offspring, sex ratio, weight of adults, size of the posterior tibia of adults, longevity of the male and female, percentage of parasitism, and percentage of emergence. The fertility life table was developed based on these biological parameters. Parasitoids multiplied in larvae of *A. fraterculus* produced more offspring, and had a shorter egg-adult period, a higher sex ratio, greater longevity, and higher percentages of parasitism and emergence than those reared on larvae of *C. capitata*. In addition, *A. pelleranoi* reared on *A. fraterculus* were heavier and had a larger tibia than those reared on *C. capitata*. Based on the fertility life table, it was determined that the population doubling time (T_d) was about 3.4 times shorter for the insects obtained from larvae of *A. fraterculus*. Therefore, *A. pelleranoi* develops better on larvae of *A. fraterculus*.

Key-words: Biological control, fruit flies, Figitidae, Tephritidae, parasitism.

Introdução

As moscas-das-frutas são um dos principais entraves para a exportação das frutas brasileiras, uma vez que diversos países impõem restrições para a entrada de frutas de regiões que possuem ocorrência dessas pragas. As espécies *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann), *Anastrepha obliqua* (Macquart), *Anastrepha grandis* (Macquart), *Ceratitis capitata* (Wiedemann) e *Bactrocera carambolae* Drew e Hancock (Diptera: Tephritidae), presentes no Brasil, são listadas como de importância quarentenária para os países importadores (Malavasi & Nascimento 2003, Malavasi, A., comunicação pessoal).

O controle das moscas-das-frutas tem sido realizado com o uso de inseticidas organofosforados ou piretroides, aplicados em cobertura total ou na forma de isca-tóxica (Kovaleski & Ribeiro 2003, Raga 2005, Härter *et al* 2010, Nava & Botton 2010). Embora este seja o principal método de controle das moscas-das-frutas adotado para as principais frutíferas, há culturas que não possuem inseticidas registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), dificultando ainda mais o controle das moscas-das-frutas, sendo denominadas de culturas com Suporte Fitossanitário Insuficiente (Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Conjunta nº1 de 23 de fevereiro de 2010). Assim, diante da falta de inseticidas registrados para as culturas e dos problemas ocasionados pelo uso abusivo de agrotóxicos, os programas de Manejo Integrado de Pragas em fruticultura têm incentivado a utilização de diferentes táticas de controle. O controle biológico é um dos métodos mais promissores para o controle de insetos-praga em frutíferas, sendo que nas últimas décadas o seu uso para o manejo de tefritídeos praga teve notável ressurgimento em nível mundial (Ovruski *et al* 2003).

No Brasil existem diversas espécies de inimigos naturais de moscas-das-frutas, sendo que, entre estes, os himenópteros parasitoides apresentam relevante importância e estão presentes em diversos agroecossistemas. Vários estudos faunísticos demonstram que *Doryctobracon areolatus* (Szépligeti) (Hymenoptera: Braconidae) é a espécie mais frequente parasitando larvas de *Anastrepha* spp. e *C. capitata* (López *et al* 1999, Canal & Zucchi 2000, Nunes *et al* 2012). No entanto, *Aganaspis pelleranoi* (Brèthes) (Hymenoptera: Figitidae), um endoparasitoide, coinobionte, e de vida solitária, tem sido encontrado com frequência em pomares comerciais e áreas com frutíferas nativas de diversos países (Salles 1996, Garcia &

Corseuil 2004, Ovruski *et al* 2005, Ovruski *et al* 2006, Schliserman *et al* 2010, Nunes *et al* 2012). Este himenóptero de origem Neotropical, além de utilizar como hospedeiras as mesmas espécies de *D. areolatus*, anteriormente citadas, já foi encontrado também parasitando espécies da família Lonchaeidae no Brasil (Guimarães *et al* 1999). Levantamentos em frutíferas no oeste de Santa Catarina demonstraram que *A. pelleranoi* foi a espécie de maior ocorrência, representando 25,6% do total amostrado (Garcia & Corseuil 2004). Na cultura do café no Estado do Rio de Janeiro, 89,6% dos parasitoides de *C. capitata* encontrados pertenciam a *A. pelleranoi* (Souza *et al* 2005). No que diz respeito às taxas de parasitismo em nível de campo, Ovruski *et al* (2008) verificaram que o percentual de parasitismo de *A. pelleranoi* em goiabeira na Argentina chegou a 73%, enquanto Nunes *et al* (2012) registraram um percentual de parasitismo de 62% em pomares de pessegueiro no Rio Grande do Sul, Brasil.

Apesar de o Brasil ter desenvolvido um programa de controle biológico de *C. capitata* em 1937, com a importação do parasitoide *Tetrastichus giffardianus* (Silvestri) (Hymenoptera: Eulophidae) (Ovruski 1995, Berti Filho 2001) e de várias espécies de mosca-das-frutas em 1994, com a importação de *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) (Carvalho & Nascimento 2002, Paranhos *et al* 2007, Paranhos *et al* 2008), pouco se conhece do controle biológico natural e do potencial dos parasitoides nativos. No caso de *A. pelleranoi* alguns estudos de biologia foram realizados no México e na Argentina (Ovruski 1994, Aluja *et al* 2008, Cancino *et al* 2008), sendo que para o Brasil os trabalhos desenvolvidos com esse parasitoide estão voltados para o estudo de taxonomia (Canal & Zucchi 2000, Guimarães *et al* 2000), de comportamento (Ovruski & Aluja 2002, Guimarães

& Zucchi 2004), bem como de distribuição, ocorrência e relações tritróficas (Matrangolo *et al* 1998, Guimarães *et al* 1999, Alvarenga *et al* 2009).

Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi estudar a biologia e elaborar a tabela de vida de fertilidade de *A. pelleranoi* em larvas de *A. fraterculus* e *C. capitata* criadas em dieta artificial, visando obter informações para subsidiar estudos relacionados a programas de controle biológico de mosca-das-frutas.

Material e Métodos

As criações de *A. fraterculus*, *C. capitata* e *A. pelleranoi* e os experimentos de biologia foram realizados em salas climatizadas, com temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas.

Estabelecimento das criações de manutenção

Anastrepha fraterculus

Foram obtidos pupários de *A. fraterculus* no Laboratório de Irradiação de Alimentos e Radioentomologia do Centro de Energia Nuclear na Agricultura, da Universidade de São Paulo (CENA/USP). Os adultos foram mantidos em gaiolas plásticas (57 cm x 39 cm x 37 cm) e alimentados com dieta sólida à base de açúcar refinado, germe de trigo e levedura de cerveja (Bionis® YE MF) na proporção de 3:1:1, respectivamente, fornecidos em uma caixa tipo Gerbox (11,5 cm x 11,5 cm x 3,5 cm) (Nunes 2010). Durante a primeira semana de vida também foi fornecido açúcar refinado em uma placa de Petri (9 cm de diâmetro x 1,5 cm de altura). Além do alimento foi colocada no interior da gaiola água em um frasco de 250 mL, sendo disponibilizada por capilaridade por meio de uma tira de pano esponja vegetal (Spontex®).

Para a obtenção dos ovos foi instalado em uma das laterais da gaiola dos adultos um tecido “voile” vermelho siliconado, onde as fêmeas depositavam os ovos. O silicone foi passado sobre o tecido em uma fina camada de espessura uniforme (1 mm), com auxílio de uma lâmina. Para manter a umidade a fim de evitar a desidratação dos ovos, colocou-se uma bandeja plástica contendo uma camada de algodão e outra de pano esponja vegetal, ambas umedecidas, por sobre o substrato de postura. A atração das fêmeas para o tecido de oviposição foi realizada com a colocação de lâmpadas fluorescentes próximas ao mesmo, conforme preconizado por Walder (2002).

A cada 24 horas, os ovos foram removidos com jatos d'água, sendo, recolhidos em uma bandeja de plástico. Após, foram transferidos para Erlemeyer (500 mL), sendo então submetidos a um processo de aeração por um período de 24 horas, por meio de um aerador de aquário (Kamiya 2010). Após esse período, os ovos foram colocados na dieta artificial para o desenvolvimento larval sobre uma tira de papel filtro. Para cada 300 mL de dieta foram utilizados cerca de 0,7 mL de ovos (± 8.190 ovos). A dieta utilizada para o desenvolvimento das larvas e a metodologia de preparo foram aquelas descritas por Salles (1992), modificando-se apenas a quantidade de ágar adicionado à dieta, que era de 10 g e foi reduzida para 3,6 g (Nunes 2010). Para a pupação, os insetos foram retirados da dieta na fase de pré-pupa com o auxílio de uma peneira e água corrente, sendo, posteriormente, depositados em bandejas contendo vermiculita fina umedecida, onde permaneceram até a emergência.

Ceratitis capitata

Foram obtidos pupários de *C. capitata* no Laboratório de Irradiação de Alimentos e Radioentomologia do Centro de Energia Nuclear na Agricultura, da Universidade de São Paulo (CENA/USP). Os adultos foram mantidos em gaiolas plásticas (40 cm x 30 cm x 30 cm), contendo água e alimento, conforme utilizado para a criação de *A. fraterculus*.

Para a obtenção dos ovos foi instalado em uma das laterais da gaiola um tecido “voile” branco, onde as fêmeas introduziam o ovipositor e depositavam os ovos, que acabavam caindo em uma bandeja contendo uma lâmina de água destilada. A atração das fêmeas para o tecido de oviposição foi realizada com a colocação de lâmpadas fluorescentes próximas ao mesmo.

A coleta dos ovos e o processo de aeração foram os mesmos descritos para *A. fraterculus*. Para o desenvolvimento larval, cerca de 0,65 mL de ovos (\pm 15.000 ovos) foram colocados sobre papel filtro em um recipiente contendo 300 mL de dieta artificial. A dieta utilizada para o desenvolvimento larval, bem como o processo de coleta das larvas, foram os mesmos utilizados na criação de *A. fraterculus*.

Aganaspis pelleranoi

Para o estabelecimento da criação de manutenção de *A. pelleranoi* foram coletados frutos de araçá [*Psidium cattleianum* Sabine, 1821) (Myrtaceae)], infestados com *A. fraterculus* em pomares de frutíferas nativas da Embrapa Clima Temperado. Após, os frutos foram transportados para o laboratório e acondicionados em bandejas plásticas (19 cm x 13,5 cm x 3,5 cm) contendo uma camada de 3 cm de vermiculita fina, sendo as mesmas fechadas com tecido “voile”.

Por ocasião da pupação a vermiculita foi peneirada diariamente por um período de uma semana. Os pupários coletados foram transferidos para caixas tipo Gerbox® contendo vermiculita fina umedecida, onde permaneceram no interior de gaiolas de emergência (40 cm x 30 cm x 30 cm), e assim que houve emergência de *A. pelleranoi*, esses foram retirados e colocados em gaiolas específicas para sua criação (17,7 cm x 26,2 cm x 14,7 cm). No interior da gaiola foi colocado um frasco de 50 mL contendo água, fornecida por capilaridade por meio de uma tira de pano esponja vegetal (Spontex®). Os parasitoides foram alimentados com uma solução aquosa de mel na concentração de 30% absorvido em pano esponja vegetal (Spontex®) e disponibilizado em placa de Petri (3 cm de diâmetro x 1,5 cm de altura).

Larvas de terceiro ínstar de mosca-das-frutas foram disponibilizadas aos parasitoides em placa de acrílico (4 cm de diâmetro e 0,2 cm de altura) envolta em tecido “voile”, a qual foi depositada na parte inferior da gaiola dos parasitoides. As larvas foram expostas ao parasitismo por um período de 4 horas.

Parte dos adultos emergidos das coletas de campo foram armazenados em recipientes plásticos (5 mL) contendo álcool 70% e identificados pelo pesquisador Valmir Antônio Costa do Instituto Biológico da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, em Campinas, São Paulo.

Biologia de *Aganaspis pelleranoi*

A partir da criação dos parasitoides em larvas de *A. fraterculus* e *C. capitata* foram formados 25 casais de *A. pelleranoi* de até 24 horas, de cada hospedeiro. Os insetos foram separados por sexo, com base nas características morfológicas das antenas (os machos possuem a antena mais longa do que as fêmeas) (Guimarães

2002), e os casais foram individualizados em copos plásticos (300 mL), fechados com tecido “voile” para permitir aeração.

Os parasitoides foram alimentados com uma solução aquosa de mel na concentração de 30% e absorvido em papel higiênico, formando uma mistura em forma de pasta, fornecida em uma placa de acrílico (2,2 cm de diâmetro x 0,6 cm de altura). Após a formação dos casais foram oferecidas diariamente, 15 larvas de terceiro ínstar, até a morte das fêmeas. As larvas foram dispostas em placa de acrílico (1,7 cm de diâmetro x 0,1 cm de altura) com dieta artificial, sendo envolta em tecido “voile”. Após um período de 4 horas de exposição, as larvas foram coletadas em frascos de acrílico (2,5 cm de diâmetro x 4,5 cm de altura) contendo vermiculita ultrafina umedecida, onde permaneceram até a emergência de moscas e/ou parasitoides. Cerca de 20 dias após o parasitismo, avaliou-se diariamente o número de moscas e parasitoides emergidos. Posteriormente, os pupários que permaneceram intactos foram dissecados para se verificar a presença de moscas ou parasitoides, visando determinar a real taxa de parasitismo.

Foram determinados os seguintes parâmetros: peso e tamanho da tíbia posterior de adultos recém emergidos, duração do período ovo-adulto, razão sexual (rs), longevidade de macho e fêmea, número de descendentes (ND), percentual de parasitismo (P) e o percentual de emergência (E).

A razão sexual (rs) foi determinada utilizando a equação: $rs = (\text{número de fêmeas}) / (\text{número de fêmeas} + \text{número de machos})$. O número de descendentes foi obtido pela equação: $ND = \text{número de parasitoides emergidos} + \text{número de parasitoides não emergidos}$.

O percentual de parasitismo foi determinado pela seguinte equação: $P (\%) = (\text{número de descendentes}) / (\text{número total de larvas expostas ao parasitismo})$

x 100. Para a determinação do percentual de emergência foi utilizada a seguinte equação: $E (\%) = (\text{número de parasitoides emergidos}) / (\text{número de descendentes}) \times 100$.

Para medição do peso de adultos utilizou-se balança Ohaus Explorer® modelo SQ17 e a determinação do tamanho da tíbia foi realizada com o auxílio de um microscópio estereoscópico marca Zeiss® modelo Stemi SV11.

A partir da determinação dos parâmetros biológicos, elaborou-se a tabela de vida de fertilidade, estimando-se o intervalo entre gerações (T), o tempo de duplicação da população (T_d), a taxa líquida de reprodução (R_0), a taxa intrínseca de crescimento (r_m) e a taxa finita de aumento (λ).

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com dois tratamentos (hospedeiros) e 25 repetições (compostas por um casal de parasitoides).

Análise estatística

Os dados obtidos de percentual de parasitismo (P), percentual de emergência (E), peso de adultos, tamanho da tíbia e duração do período ovo-adulto foram submetidos à análise de variância, sendo esta realizada pelo procedimento GLM do SAS (SAS Institute 9.2, 2002), e as médias comparadas pelo teste *t* a 5% de significância. Os dados referentes à variável número de descendentes (ND) foram analisados via modelos lineares generalizados por meio do procedimento GENMOD do SAS (SAS Institute 9.2, 2002) e as médias comparadas pelo teste Qui-quadrado ($p \leq 0,05$). Para a variável razão sexual (rs), as proporções médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste Z ($P \leq 0,05$), protegido pelo teste Qui-quadrado ($p \leq 0,05$), o qual foi realizado levando-se em consideração as frequências

observadas das fêmeas em relação à frequência observada da população inteira (machos + fêmeas) utilizando-se o Programa R (R Development Core Team, 2011).

Para avaliar a variável longevidade foram construídas curvas de sobrevivência através do estimador de Kaplan-Meier, e posteriormente estas foram comparadas por meio do teste de log-rank com o auxílio do Programa R (R Development Core Team, 2011).

Os parâmetros da tabela de vida de fertilidade e seus respectivos erros-padrão foram estimados e as médias foram comparadas pelo teste *t* bilateral ($p \leq 0,05$), utilizando-se a programação “Lifetable.sas” (Maia *et al* 2000) no programa estatístico SAS (SAS Institute 9.2, 2002).

Resultados e Discussão

Fêmeas de *A. pelleranoi* oriundas de larvas de *A. fraterculus* produziram em média 96,1 descendentes durante sua vida, enquanto as fêmeas criadas sobre larvas de *C. capitata* geraram apenas 14,4 descendentes (Tabela 1). Estes valores são superiores ao determinado por Aluja *et al* (2008), que foi de 5,17, ao multiplicarem *A. pelleranoi* em larvas de *Anastrepha ludens* (Loew) (Diptera: Tephritidae).

O percentual de emergência foi superior para insetos oriundos de *A. fraterculus* (88,3%) em relação a *C. capitata* (67,3%) (Tabela 1), demonstrando que este último não é um hospedeiro adequado para multiplicação de *A. pelleranoi*. Cancino *et al* (2008) encontraram valor inferior (22,7%) a estes, ao multiplicarem *A. pelleranoi* em larvas de *A. ludens*. Valores inferiores aos da presente pesquisa também foram observados por Ovruski *et al* (2011) ao estudar o desenvolvimento de *D. longicaudata* em larvas de *A. fraterculus* e de *C. capitata*, sendo estes próximos

para os dois hospedeiros (36,6 % e 32,1%, respectivamente). Embora a diferença no percentual de emergência entre os dois hospedeiros seja pequena, os autores mencionam que o valor um pouco superior registrado para o parasitoide multiplicado na mosca-das-frutas-sul-americana está relacionado, provavelmente, ao tamanho do hospedeiro, pois estudos demonstram que *D. longicaudata* prefere hospedeiros maiores (Messing *et al* 1993, Eben *et al* 2000, López *et al* 2009), e possivelmente esta preferência ocorra também para *A. pelleranoi*.

Dos parasitoides emergidos, observou-se que a razão sexual foi significativamente superior para os insetos oriundos de larvas de *A. fraterculus* (0,40) em relação aos obtidos de larvas de *C. capitata* (0,19) (Tabela 1). Aluja *et al* (2008) encontraram variações entre gerações de 0,2 a 0,8 ao multiplicarem *A. pelleranoi* em larvas de *A. ludens*. No entanto, Cancino *et al* (2008), em um experimento de irradiação de pupas, encontraram para o tratamento testemunha (sem irradiação) uma proporção sexual de 2,67 fêmeas para cada macho. Pesquisas realizadas por Ovruski *et al* (2011) demonstram que em populações de *D. longicaudata* multiplicadas em larvas de *A. fraterculus* há uma maior quantidade de fêmeas (79,5%) em relação aos parasitoides multiplicados em larvas de *C. capitata* (55,0%). Estes resultados demonstram que a quantidade de fêmeas de parasitoide é maior em larvas de espécies de *Anastrepha* e, provavelmente, este fato esteja relacionado ao tamanho do hospedeiro, conforme constatado anteriormente. Em parasitoides solitários, há uma tendência de depositar ovos que geram machos em hospedeiros pequenos e ovos que geram fêmeas em hospedeiros maiores (Godfray 1995, Sagarra *et al* 2001).

No que diz respeito à longevidade, diferença significativa foi verificada entre as fêmeas criadas em larvas de *A. fraterculus* e *C. capitata* ($X^2 = 12,3$; $gl = 1$; $p =$

0,000445) (Fig 1A), porém para os machos tais diferenças não foram observadas ($X^2 = 0,6$; $gl = 1$; $p = 0,456$) (Fig 1B). Em relação ao tempo médio de sobrevivência, tanto fêmeas quanto machos de *A. pelleranoi*, oriundos de larvas de *A. fraterculus*, foram mais longevos ($30,24 \pm 0,07$ e $32,2 \pm 0,09$ dias, respectivamente) do que parasitoides multiplicados sobre larvas de *C. capitata* ($21,88 \pm 0,08$ e $26,76 \pm 0,06$ dias, respectivamente) (Fig 1). Estudos desenvolvidos por Cancino *et al* (2008) demonstraram um efeito significativo de diferentes doses de irradiação sobre a longevidade de *A. pelleranoi*. Neste mesmo trabalho os autores verificaram que os insetos advindos de pupários, não irradiados ou submetidos a baixas doses (5Gy) de irradiação, foram os mais longevos.

López *et al* (2009) verificaram que fêmeas de *D. longicaudata* multiplicadas em larvas de *A. ludens* de diferentes tamanhos tiveram sua longevidade influenciada pelo tamanho do hospedeiro somente quando foram mantidas em jejum. Estes autores observaram que fêmeas oriundas de larvas de *A. ludens* médias (2,43 mm) e grandes (2,84 mm) sobreviveram por mais tempo que aquelas advindas de larvas pequenas (2,2 mm). No entanto, a maior longevidade das fêmeas alimentadas foi verificada para aquelas provenientes de larvas de tamanho médio (20,13 dias), já para os machos a maior longevidade (16,41 dias) foi encontrada para insetos procedentes de larvas grandes.

Várias pesquisas demonstram que há uma forte relação entre o tamanho do hospedeiro e a sobrevivência dos parasitoides (Tillman & Cate 1993, Sagarra *et al* 2001). Esta relação é explicada pelo fato de que parasitoides que se desenvolveram em hospedeiros grandes possuem maior quantidade de reservas e, portanto, detêm reservas de energia maiores (Rivero & West 2002, Ellers & Jervis 2003). Esta teoria pode ser observada também para *A. pelleranoi*, pois os pupários de *A. fraterculus*

apresentaram peso superior (0,01212 a) aos de *C. capitata* (0,00737 b), e geraram machos e fêmeas com comprimento médio de tíbia significativamente maior (Tabela 2). Diferenças significativas também foram verificadas em relação ao peso dos adultos, sendo que machos e fêmeas de *A. pelleranoi* originados de *A. fraterculus* apresentaram peso médio superior ao dos indivíduos multiplicados sobre *C. capitata* (Tabela 2).

A partir da análise da tabela de vida de fertilidade determinou-se que a duração média de uma geração (T) de *A. pelleranoi* criado em larvas de *A. fraterculus* é cerca de dois dias menor do que a duração dos parasitoides criados em larvas de *C. capitata* (Tabela 3). Os valores de tempo de duplicação da população (T_d), taxa líquida de reprodução (R_o), razão infinitesimal de aumento (r_m) e razão finita de aumento (λ) foram maiores quando o parasitoide foi criado em larvas de *A. fraterculus*, diferindo significativamente dos criados em larvas de *C. capitata*. Embora não existam trabalhos de tabela de vida de fertilidade de *A. pelleranoi* em larvas *A. fraterculus* e *C. capitata*, alguns dos parâmetros são próximos aos observados por Aluja *et al.* (2008). Os autores determinaram para *A. pelleranoi* criado em larvas de *A. ludens* uma R_o de 2,84, sendo, portanto, próxima do observado nesse estudo (2,60) para os parasitoides multiplicados sobre *C. capitata*. Os mesmos autores observaram que os valores de r_m e λ foram de 0,13 e 1,15, respectivamente, sendo portanto diferentes dos obtidos para *A. pelleranoi* tanto em larvas de *A. fraterculus* como *C. capitata* (Tabela 3). A taxa máxima de aumento das populações de *A. pelleranoi* criadas sobre larvas de *A. fraterculus* e *C. capitata* ocorreu no 8º e no 22º dia, respectivamente (Fig 2).

Diversos estudos realizados com populações de *A. pelleranoi* demonstram que esse parasitoide é encontrado frequentemente em larvas de *C. capitata* (Ovruski

1995, Wharton *et al* 1998, Ovruski *et al* 2004, Ovruski *et al* 2005, Nunes *et al* 2012). No entanto, as diferenças observadas no presente trabalho provavelmente se devem ao fato de *A. fraterculus* ser um hospedeiro de melhor qualidade para o desenvolvimento de *A. pelleranoi*, visto que larvas de maior tamanho são capazes de fornecer maior quantidade de alimento para seus hóspedes e conseqüentemente há um aumento do potencial reprodutivo e da longevidade. Outro fator que provavelmente explica o melhor desempenho de *A. pelleranoi* quando multiplicado em larvas de *A. fraterculus* é o fato de estas espécies estarem em processo de coevolução por longos períodos, visto que ambas são nativas da região Neotropical. Ao contrário da mosca-das-frutas-sul-americana, *C. capitata* é uma espécie exótica para o Brasil, e foi introduzida no país em 1901 (Ihering, 1901). Dessa forma, as relações ecológicas entre esta espécie e *A. pelleranoi* ainda são bastante recentes quando comparadas às existentes com *A. fraterculus*.

Os resultados evidenciaram que *A. pelleranoi* apresentou melhor desempenho quando multiplicado em larvas de *A. fraterculus*, e, portanto, esta é a espécie mais indicada para a multiplicação do parasitoide em laboratório.

Referências bibliográficas

- Aluja M, Sivinski J, Ovruski S, Guillen L, Lopez M, Cancino J, Torres-Anaya A, Gallegos-Chan G, Ruiz L (2008) Colonization and domestication of seven species of native New World hymenopterous larval-prepupal and pupal fruit fly (Diptera: Tephritidae) parasitoids. *Biocontrol Sci Technol* 19: 49-79.
- Alvarenga CD, Matrangolo CAR, Lopes GN, Silva MA, Lopes EN, Alves DA, Nascimento AS, Zucchi RA (2009) Moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) e seus

parasitoides em plantas hospedeiras de três municípios do norte do estado de Minas Gerais. Arq Inst Biol 76: 195-204.

Berti Filho E. (2001) Controle biológico de insetos. Piracicaba, CGP-Esalq/USP, 80p. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Conjunta nº1 de 23 de fevereiro de 2010. Estabelecimento das diretrizes e exigências para o registro dos agrotóxicos, seus componentes e afins para culturas com suporte fitossanitário insuficiente, bem como o limite máximo de resíduos permitido. Diário Oficial da União, n. 36, 24 de fevereiro de 2010, Seção 1, p.19-21.

Canal NA, Zucchi RA (2000) Parasitóides - Braconidae, p.119-126. In Malavasi A, Zucchi RA (eds) Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado. Ribeirão Preto, Holos, 327p.

Cancino J, Ruiz L, Sivinski J, Galvez F, Aluja M (2008) Rearing of five hymenopterous larval-prepupal (Braconidae, Figitidae) and three pupal (Diapriidae, Chalcidoidea, Eurytomidae) native parasitoids of the genus *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) on irradiated *A. ludens* larvae and pupae. Biocontrol Sci Technol 19: 193-209.

Carvalho RS, Nascimento AS (2002) Criação e utilização de *Diachasmimorpha longicaudata* para controle biológico de moscas-das-frutas (Tephritidae), p.165-179. In Parra JRP, Botelho PSM, Corrêa-Ferreira BS, Bento JMS (eds) Controle Biológico no Brasil: Parasitóides e Predadores. Barueri, Editora Manole, 327p.

Eben A, Benrey B, Sivinski J, Aluja M (2000) Host species and host plant effects on preference and performance of *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae). Environ Entomol 29: 87-94.

Ellers J, Jervis M (2003) Body size and the timing of egg production in parasitoid wasps. Oikos 102: 164-172.

Garcia FRM, Corseuil E (2004) Native hymenopteran parasitoids associated with fruit flies (Diptera: Tephritidae) in Santa Catarina state, Brazil. Fla Entomol 87: 517-521.

Godfray HCJ (1995) Parasitoids: behavioral and evolutionary ecology. Environ Entomol 24: 483-484.

Guimarães JA, Zucchi RA, Diaz NB, Souza Filho MF, Uchôa FMA (1999) Espécies de Eucoilinae (Hymenoptera: Cynipoidea: Figitidae) parasitóides de larvas frugívoras (Diptera: Tephritidae e Lonchaeidae) no Brasil. An Soc Entomol Bras 28: 263-273.

Guimarães JA, Diaz NB, Zucchi RA (2000) Parasitóide - Figitidae (Eucoilinae), p.127-141. In Malavasi A, Zucchi RA (eds) Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado. Ribeirão Preto, Holos, 327p.

Guimarães JA. Taxonomia e comportamento do parasitismo de Eucoilinae (Hymenoptera: Cynipoidea: Figitidae) parasitóides de larvas frugívoras (Diptera). 2002. 130f. (Doutorado) - Departamento de Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

Guimarães JA, Zucchi RA (2004) Parasitism behavior of three species of Eucoilinae (Hymenoptera: Cynipoidea: Figitidae) fruit fly parasitoids (Diptera) in Brazil. Neotrop Entomol 33: 217-224.

Härter WR, Grützmacher AD, Nava DE, Gonçalves RS, Botton M (2010) Isca tóxica e interrupção sexual no controle da mosca-da-fruta sul-americana e da mariposa-oriental em pessegueiro. Pesq Agropec Bras 45: 229-235.

Ihering, H. von (1901) Laranjas bichadas. Rev Agr 6: 179-181.

Kamiya AC. Criação massal em dieta líquida e radioesterilização da mosca-sul-americana *Anastrepha* sp. 1 *aff. fraterculus* (Wied., 1830) (Diptera: Tephritidae). 2010. 71f. Centro de Energia Nuclear, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

Kovaleski A, Ribeiro LG (2003) Manejo de pragas na produção integrada de maçãs, In Protas JFS, Sanhueza RMV (eds) Produção integrada de frutas: o caso da maçã no Brasil. Bento Gonçalves, Embrapa Uva e Vinho, 192p.

López M, Aluja M, Sivinski J (1999) Hymenopterous larval–pupal and pupal parasitoids of anastrepha flies (Diptera: Tephritidae) in Mexico. Biol Control 15: 119-129.

López OP, Hénaut Y, Cancino J, Lambin M, Cruz-López L, Rojas JC (2009) Is host size an indicator of quality in the mass-reared parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae)? Fla Entomol 92: 441-449.

Maia AHN, Luiz AJB, Campanhola C (2000) Statistical inference on associated fertility life parameters using jackknife technique: computational aspects. J Econ Entomol 93: 511-518.

Malavasi A, Nascimento AS. Programa Biofábrica Moscamed Brasil. In: 8º Simpósio de Controle Biológico. 2003, Águas de São Pedro. Sociedade Entomológica do Brasil, p.52p.

Matrangolo WJR, Nascimento AS, Carvalho RS, Melo ED, Jesus M (1998) Parasitóides de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) associados a fruteiras tropicais. An Soc Entomol Bras 27: 593-603.

Messing RH, Klungness LM, Purcell M, Wong TTY (1993) Quality control parameters of mass-reared opiine parasitoids used in augmentative biological control of tephritid fruit flies in Hawaii. Biol Control 3: 140-147.

Nava DE, Botton M (2010) Bioecologia e controle de *Anastrepha fraterculus* e *Ceratitis capitata* em pessegueiro. Pelotas, RS, Embrapa Clima Temperado, 29p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 315).

Nunes AM. Moscas frugívoras (Tephritoidea), seus parasitoides e estudos bioecológicos de *Anastrepha fraterculus* (Wiedmann, 1830) (Diptera: Tephritidae) e *Doryctobracon areolatus* (Szépligeti, 1911) (Hymenoptera: Braconidae). 2010. 95p. (Doutorado)-Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Nunes AM, Müller FA, Gonçalves RS, Garcia MS, Costa VA, Nava DE (2012) Moscas frugívoras e seus parasitoides nos municípios de Pelotas e Capão do Leão, Rio Grande do Sul, Brasil. Cien Rural 42: 6-12.

Ovruski SM (1994) Immature stages of *Aganaspis pelleranoi* (Brèthes) (Hymenoptera: Cynipoidea: Eucoilidae), a parasitoid of *Ceratitits capitata* (Wied.) and *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae). J Hym Res 3: 233-239.

Ovruski S (1995) Pupal and larval-pupal parasitoids (Hymenoptera) obtained from *Anastrepha* spp. and *Ceratitits capitata* (Dipt.: Tephritidae) pupae collected in four localities of Tucuman province, Argentina. BioControl 40: 367-370.

Ovruski SM, Aluja M (2002) Mating behavior of *Aganaspis pelleranoi* (Brèthes) (Hymenoptera: Figitidae, Eucoilinae), a fruit fly (Diptera: Tephritidae) larval parasitoid. J Insect Behav 15: 139-151.

Ovruski SM, Colin C, Soria A, Oroño LE, Schliserman P (2003) Introducción y producción en laboratorio de *Diachasmimorpha tryoni* y *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) para el control biológico de *Ceratitits capitata* (Diptera: Tephritidae) en la Argentina. Rev Soc Entomol Argent 62: 49-59.

Ovruski SM, Schliserman P, Aluja M (2004) Indigenous parasitoids (Hymenoptera) attacking *Anastrepha fraterculus* and *Ceratitits capitata* (Diptera: Tephritidae) in native and exotic host plants in northwestern Argentina. Biol Control 29: 43-57.

Ovruski SM, Wharton RA, Schliserman P, Aluja M (2005) Abundance of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) and its associated native parasitoids (Hymenoptera) in "Feral" guavas growing in the Endangered Northernmost Yungas Forests of Argentina with an update on the taxonomic status of opiine parasitoids previously reported in this country. *Environ Entomol* 34: 807-818.

Ovruski Sm, Oroño LE, Núñez-campero S, Schliserman P, Albornoz-medina L, Bezdjian LP, Van nieuwenhove GA, Martin CB. A review of hymenopterous parasitoid guilds attacking *Anastrepha* spp. and *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) in Argentina. In: 7th International Symposium on Fruit Flies of Economic Importance. 2006, Salvador. p.113-125.

Ovruski SM, Schliserman P, Oroño LE, Nuñez-Campero SR, Albornoz-Medina P, Bezdjian LP, Van Nieuwenhove GA (2008) Natural occurrence of hymenopterous parasitoids associated with *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) in myrtaceae species in Entre Rios, northeastern Argentina. *Fla Entomol* 91: 220-227.

Ovruski SM, Bezdjian LP, Van Nieuwenhove GA, Albornoz-Medina P, Schliserman P (2011) Host preference by *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymneoptera: Braconidae) reared on larvae of *Anastrepha fraterculus* and *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Fla Entomol* 94: 195-200.

Paranhos BAJ, Walder JM, Alvarenga CD (2007) Parasitismo de larvas da mosca-do-mediterrâneo por *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) em diferentes cultivares de goiaba. *Neotrop Entomol* 36: 243-246.

Paranhos BAJ, Costa MDLZ, Ovruski SM, Alves RM, Blummer L, Walder JMM (2008) Offspring in response to parental female densities in the fruit fly parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae: Opiinae). *Fla Entomol* 91: 628-635.

R Development Core Team (2011). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.

Raga A (2005) Incidência, monitoramento e controle de moscas-das-frutas na citricultura Paulista. *Laranja* 26: 307-322.

Rivero A, West SA (2002) The physiological costs of being small in a parasitic wasp. *Evol Ecol Res* 4: 407-420.

Sagarra LA, Vincent C, Stewart RK (2001) Body size as an indicator of parasitoid quality in male and female *Anagyrus kamali* (Hymenoptera: Encyrtidae). *Bull Entomol Res* 91: 363-367.

Salles LAB (1992) Metodologia de criação de *Anastrepha fraterculus* (Wiedmann, 1830) (Diptera: Tephritidae) em dieta artificial em laboratório. *An Soc Entomol Bras* 21: 479-486.

Salles LAB (1996) Parasitismo de *Anastrepha fraterculus* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) por Hymenoptera, na região de Pelotas, RS. *Pesq Agropec Bras* 31: 769-744.

SAS Institute (2002) SAS System - SAS/STAT. computer program, version 9.2. By SAS Institute, Cary, NC.

Schliserman P, Ovruski SM, de Coll OR, Wharton R (2010) Diversity and abundance of hymenopterous parasitoids associated with *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) in native and exotic host plants in Misiones, northeastern Argentina. *Fla Entomol* 93: 175-182.

Souza SAS, Resende ALS, Strikis PC, Costa JR, Ricci MSF, Aguiar-Menezes EL (2005) Infestação natural de moscas frugívoras (Diptera: Tephritoidea) em café

arábica, sob cultivo orgânico arborizado e a pleno sol, em Valença, RJ. *Neotrop Entomol* 34: 639-648.

Tillman PG, Cate JR (1993) Effect of host size on adult size and sex ratio of *Bracon mellitor* (Hymenoptera: Braconidae). *Environ Entomol* 22: 1161-1165.

Walder JMM (2002) Produção de moscas-das-frutas e seus inimigos naturais: associação de moscas estéreis e controle biológico, p.181-190. In Parra JRP, Botelho PSM, Corrêa-Ferreira BS, Bento JMS (eds) *Controle Biológico no Brasil: Parasitóides e Predadores*. Barueri, Editora Manole, 327p.

Wharton RA, Ovruski S, Gilstrap FE (1998) Neotropical Eucoilidae (Cynipoidea) associated with fruit-infesting Tephritidae, with new records from Argentina, Bolivia and Costa Rica. *J Hym Res* 7: 102-115.

Tabela 1 Número de descendentes (Médias \pm EP), razão sexual (Médias), percentual de parasitismo (Médias \pm EP) e percentual de emergência (Médias \pm EP) de *Aganaspis pelleranoi* criado sobre os hospedeiros *Anastrepha fraterculus* e *Ceratitis capitata*. Temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h.

Parâmetro biológico	Hospedeiro		gl	F / X ²	p
	<i>Anastrepha fraterculus</i>	<i>Ceratitis capitata</i>			
Número de descendentes ⁽¹⁾	96,1 \pm 3,05 a	14,4 \pm 1,14 b	1	16,8829	< 0,0001
Razão sexual ⁽²⁾	0,402 a	0,187 b	1	71,5077	---
Parasitismo (%) ⁽³⁾	22,86 \pm 3,05 a	5,16 \pm 1,14 b	1	29,4577	< 0,001
Emergência (%) ⁽³⁾	88,30 \pm 5,45 a	67,30 \pm 3,94 b	1	9,73	0,0031

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Qui-quadrado ($P \leq 0,05$).

⁽²⁾ Valores seguidos pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de comparação de proporções ($P \leq 0,05$).

⁽³⁾ Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste "t" ($p \leq 0,05$).

gl - graus de liberdade.

F/ X² - valor de F calculado / valor de X² calculado.

p - p valor.

EP - Erro padrão.

Tabela 2 Valores médios (\pm EP) do comprimento da tíbia e do peso de adultos de *Aganaspis pelleranoi* criados em larvas de *Anastrepha fraterculus* e *Ceratitis capitata*. Temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h.

Hospedeiro	Comprimento da tíbia (mm)		Peso de adultos (g)	
	Macho	Fêmea	Macho	Fêmea
<i>Anastrepha fraterculus</i>	1,04113 \pm 0,0068760 a	1,04302 \pm 0,0047623 a	0,00088 \pm 0,0000383 a	0,00100 \pm 0,0000386 a
<i>Ceratitis capitata</i>	0,86642 \pm 0,0066864 b	0,90038 \pm 0,0090694 b	0,00053 \pm 0,0000259 b	0,00070 \pm 0,0000477 b
gl	1	1	1	1
F	331,85	193,90	57,98	24,86
p	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste "t" ($p \leq 0,05$).

gl - graus de liberdade.

F - valor de F calculado.

p - probabilidade.

EP - Erro padrão.

Tabela 3 Valores médios (\pm EP) de duração (T), tempo de duplicação da população (T_d), taxa líquida de reprodução (R_o), razão infinitesimal de aumento (rm) e razão finita de aumento (λ) de *Aganaspis pelleranoi* criado em *Anastrepha fraterculus* e *Ceratitis capitata*. Temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h.

Hospedeiro	T (dias)	T_d (dias)	R_o	rm	λ
<i>Anastrepha fraterculus</i>	$38,98 \pm 0,35$ b	$8,25 \pm 0,35$ b	$26,0 \pm 3,61$ a	$0,0838 \pm 0,0036$ a	$1,0875 \pm 0,0038$ a
<i>Ceratitis capitata</i>	$40,78 \pm 6,15$ a	$27,61 \pm 6,15$ a	$2,60 \pm 0,48$ b	$0,0240 \pm 0,0046$ b	$1,0243 \pm 0,0047$ b

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste "t" bilateral de Student ($p \leq 0,05$).

EP - Erro padrão.

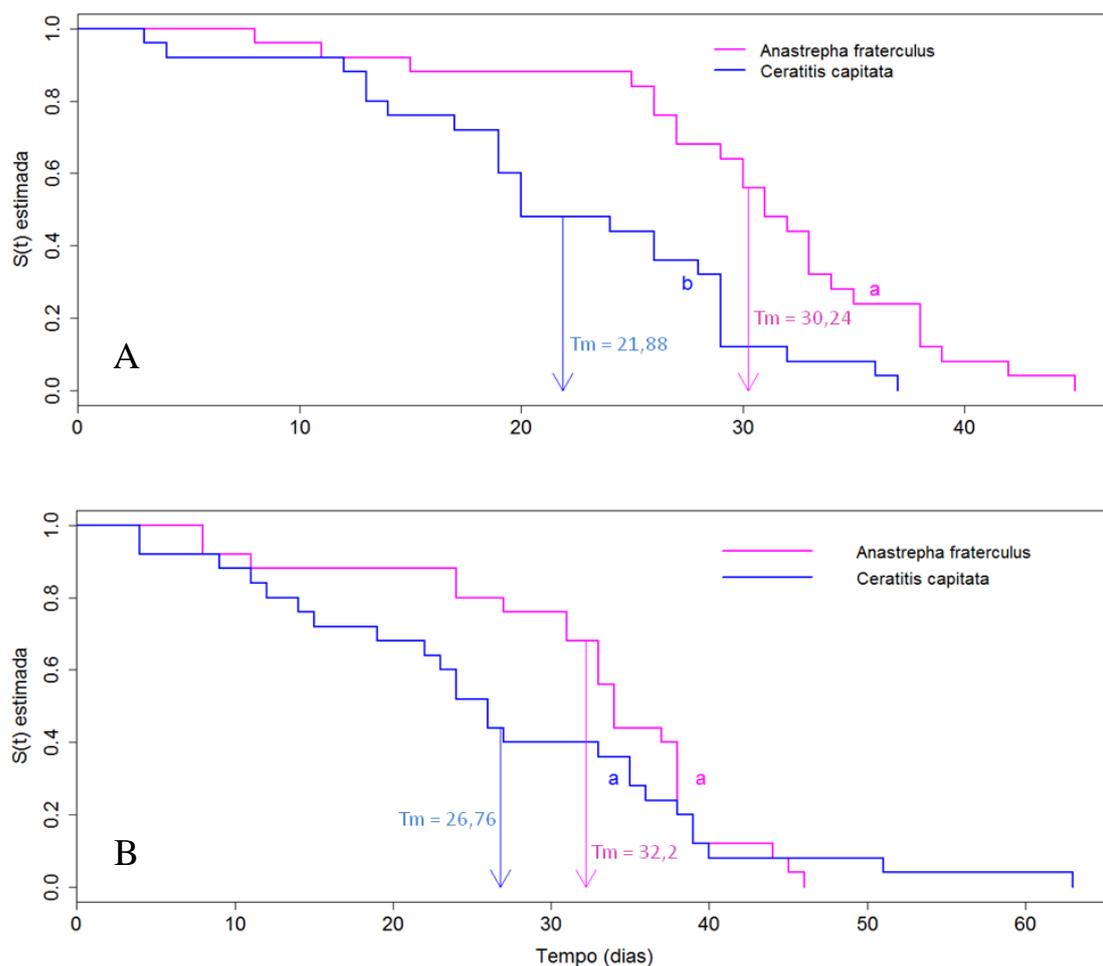


Fig 1 Curvas de sobrevivência de fêmeas (A) e machos (B) de *Aganaspis pelleranoi* criados em larvas de *Anastrepha fraterculus* e *Ceratitis capitata*. Temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h. Curvas identificadas com as mesmas letras não diferem significativamente entre si. Setas indicam o tempo médio de sobrevivência.

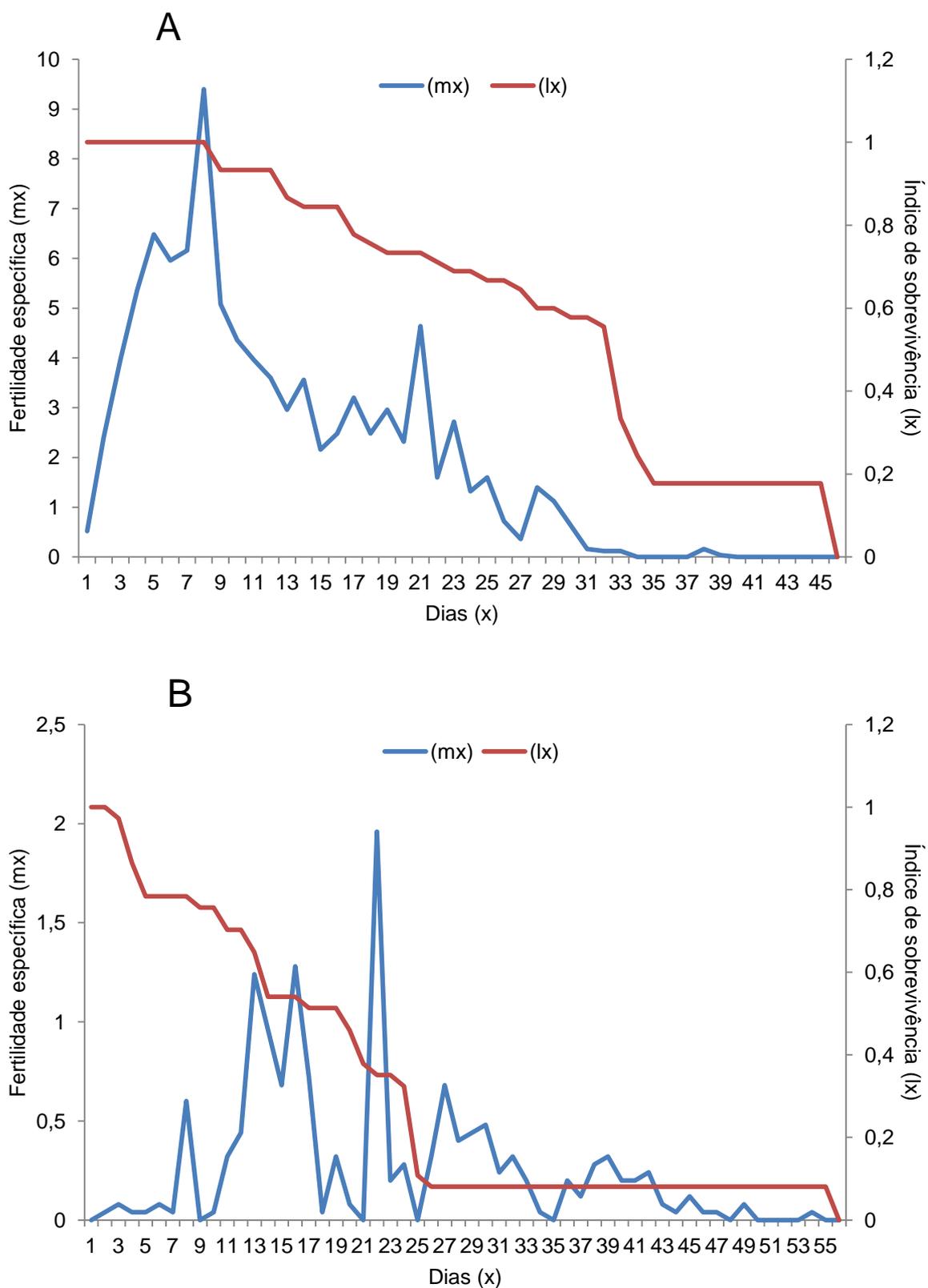


Fig 2 Relação entre fertilidade específica (mx) e taxa de sobrevivência (lx) de *Aganaspis pelleranoi* criados em larvas de *Anastrepha fraterculus*(A) e *Ceratitis capitata*(B). Temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h.

ARTIGO 3 - Revista: Annals of the Entomological Society of America

4 - Artigo 3

Efeito da temperatura na biologia e exigências térmicas de *Aganaspis pelleranoi* (Brèthes, 1924) (Hymenoptera: Figitidae) em larvas de *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tephritidae) em laboratório

Rafael da Silva Gonçalves¹, Dori Edson Nava², Felipe Andreazza¹, Heitor Lisbôa¹, Anderson Dionei Grützmacher¹, Ricardo Alexandre Valgas²

¹ Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Departamento de Fitossanidade, Caixa Postal 354, CEP 96010-900 Pelotas, RS, Brasil. E-mail: rafaeldasilvagoncalves@gmail.com, heltercp@hotmail.com, heitorlisboa@hotmail.com, anderson.grutzmacher@pq.cnpq.br,

² Embrapa Clima Temperado, BR 392, KM 78, Caixa Postal 403, CEP 96001-970 Pelotas, RS, Brasil. E-mail: nava.dori@cpact.embrapa.br, ricardo.valgas@cpact.embrapa.br

Resumo

Aganaspis pelleranoi (Brèthes, 1924) (Hymenoptera: Figitidae) é um endoparasitoide coinobionte de larvas de moscas-das-frutas, sendo um candidato para o estabelecimento do controle biológico aplicado, visto que em condições de campo pode apresentar um parasitismo variável de até 62%. O objetivo do trabalho foi determinar o efeito de diferentes temperaturas constantes em parâmetros biológicos da fase adulta e no desenvolvimento do período ovo-adulto de *A. pelleranoi*, em larvas de *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tephritidae), bem como determinar suas exigências térmicas. O estudo foi realizado

em câmaras climatizadas a 18, 20, 22, 25, 28 e 30 °C \pm 1 °C, umidade relativa de 70 \pm 10% e fotofase de 12 horas. Fêmeas mantidas nas diferentes temperaturas produziram uma maior quantidade de parasitoides nas temperaturas de 18 e 20 °C, sendo que o parasitismo variou de 21,7 a 34,4% na faixa térmica estudada. A longevidade de machos e de fêmeas foi inversamente proporcional à temperatura, variando de 49,1 a 3,73 dias para fêmeas e de 32,1 a 3,8 dias para machos, na faixa térmica de 18 a 30 °C, respectivamente. A duração do ciclo biológico (ovo-adulto) foi influenciada pela temperatura e variou de 69,1 dias a 18 °C para 30 dias a 25 °C. Nas temperaturas de 28 e 30 °C não houve desenvolvimento do período pré-imaginal de *A. pelleranoi*. O limiar térmico inferior de desenvolvimento (T_b) e a constante térmica (K) foram de 11,69 °C e 391,70 graus-dia. Demonstra-se neste trabalho que *A. pelleranoi* tem uma preferência por temperaturas mais amenas.

Palavras-chave: controle biológico, *Anastrepha fraterculus*, larvas, temperatura base

Effect of temperature on the biology and thermal requirements of *Aganaspis pelleranoi* (Brèthes, 1924) (Hymenoptera: Figitidae) in larvae of *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tephritidae) in the laboratory

Abstract

Aganaspis pelleranoi (Brèthes, 1924) (Hymenoptera: Figitidae) is an endoparasitoid koinobiont of fruit-fly larvae, and is a candidate for the establishment of biological control, as under field conditions it may have a variable parasitism rate of up to 89.6%. The objective of this study was to determine the effect of different

constant temperatures on biological parameters of the adult stage and the development of the egg-adult period of *A. pelleranoi* in larvae of *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tephritidae), and to determine its thermal requirements. The study was conducted in environmental chambers at 18, 20, 22, 25, 28 and 30 °C \pm 1 °C, relative humidity of 70 \pm 10% and a 12-hour photophase. Females maintained at the different temperatures produced more parasitoids at temperatures of 18 and 20 °C, and parasitism ranged from 21.7 to 34.4% in the temperature range studied. The longevity of males and females was inversely proportional to temperature, ranging from 49.1 to 3.73 days for females and from 32.1 to 3.8 days for males, in the temperature range of 18 to 30 °C, respectively. The duration of the biological cycle (egg to adult) was influenced by temperature, and ranged from 69.1 days at 18 °C to 30 days at 25 °C. At the temperatures of 28 and 30 °C there was no development of pre-imaginal *A. pelleranoi*. The lowest temperature limit (Tb) and thermal constant (K) were 11.69 °C and 391.70 degree-days respectively. This study showed that *A. pelleranoi* has a preference for warmer temperatures.

Key-words: biological control, *Anastrepha fraterculus*, larvae, base temperature.

Introdução

Anastrepha fraterculus (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tephritidae) é considerada uma das mais importantes pragas da fruticultura brasileira e dos países do sul do continente americano como Uruguai e Argentina (Malavasi et al. 2000). Nos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina é considerada predominante, representando cerca de 95% das espécies de *Anastrepha* coletadas

em armadilhas nos pomares (Salles e Kovaleski 1990). Estudos conduzidos no Estado de Santa Catarina demonstraram que das, 20 espécies coletadas em quatro municípios, *A. fraterculus* foi a espécie constante, mais frequente, muito abundante e dominante (Garcia et al. 2003).

Os danos diretos causados por este inseto decorrem do ataque das larvas que, após a eclosão abrem galerias na polpa dos frutos acarretando o apodrecimento destes (Nondillo et al. 2007, Nava e Botton 2010). Além deste, ao introduzir o ovipositor nos frutos, ocorrem ferimentos que servem como porta de entrada para importantes patógenos, como é o caso do fungo *Monilinia fructicola* (Winter) Honey (1928) em pessegueiro (Nava e Botton 2010). Além dos danos diretos já citados, outro problema causado por esta espécie diz respeito aos danos indiretos, os quais decorrem das barreiras quarentenárias impostas pelos países importadores (Duarte e Malavasi 2000, Facholi e Uchôa 2006).

O controle de *A. fraterculus* tem sido realizado com inseticidas organofosforados e piretroides, aplicados em cobertura total ou na forma de isca tóxica (Raga 2005, Härter et al. 2010, Nava e Botton 2010). No entanto, a utilização destes inseticidas acarreta redução da biodiversidade, possibilita o surgimento de pragas secundárias, além de contaminar solos, lençol freático, trabalhadores e alimentos (Norris et al. 2002). Em decorrência dos diversos problemas causados pelo uso de agrotóxicos, tem-se verificado, no mundo inteiro, mudanças no comportamento dos consumidores, os quais têm procurado alimentos saudáveis e que tenham sido produzidos de forma ambientalmente segura (Carvalho et al. 2000).

Neste sentido, uma opção é a utilização do controle biológico com parasitoides nativos (Ovruski et al. 2003) como, por exemplo, o endoparasitoide coinobionte *Aganaspis pelleranoi* (Brèthes, 1924) (Hymenoptera: Figitidae). Este

parasitoide de origem Neotropical encontra-se distribuído desde o México até a Argentina (Sivinski e Aluja 2003). No Brasil, estudos faunísticos demonstram que *A. pelleranoi* está presente em todas as regiões (Guimarães et al. 2000) e que apresenta um parasitismo que varia de 26% a 62%, dependendo do hospedeiro e da cultura (Garcia e Corseuil 2004, Souza et al. 2005, Nunes et al. 2012).

De acordo com Ovruski et al. (2000) *A. pelleranoi* possui considerável potencial para ser utilizado em liberações inundativas. No entanto, há diversas e complexas variáveis meteorológicas que atuam sobre os parasitoides, as quais podem afetar seu desenvolvimento e reprodução (Chapman 1998). Dentre estas, merece destaque a temperatura que pode influenciar diversos aspectos biológicos dos insetos, como por exemplo, a fecundidade, duração do ciclo, longevidade, viabilidade de diferentes estágios de desenvolvimento, bem como a razão sexual (Silveira Neto et al. 1976, Harrison et al. 1985). Os insetos possuem uma faixa de temperatura ótima para o seu desenvolvimento e por meio da determinação da duração do desenvolvimento do ciclo biológico (ovo-adulto) pode-se determinar suas exigências térmicas (Sharpe e DeMichele 1977). Por meio do conhecimento das exigências térmicas dos parasitoides torna-se possível controlar a produção dos mesmos em laboratório (Parra 1997) e também utilizar estes modelos para realizar estudos de zoneamento ecológico (Cividanes 2000).

Neste sentido, o objetivo do presente trabalho foi determinar o efeito de diferentes temperaturas constantes no desenvolvimento do período ovo-adulto, bem como sobre parâmetros biológicos da fase adulta de *A. pelleranoi* criado em larvas de *A. fraterculus* e determinar suas exigências térmicas.

Material e Métodos

Estabelecimento das criações de manutenção

As criações de manutenção de *A. fraterculus* e *A. pelleranoi* foram mantidas em salas climatizadas, com temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas.

Anastrepha fraterculus

Foram obtidos pupários de *A. fraterculus* no Laboratório de Irradiação de Alimentos e Radioentomologia do Centro de Energia Nuclear na Agricultura, da Universidade de São Paulo (CENA/USP). Os adultos foram mantidos em gaiolas plásticas (57 cm x 39 cm x 37 cm) e alimentados com dieta sólida à base de açúcar refinado, germe de trigo e levedura de cerveja (Bionis® YE MF) na proporção de 3:1:1, respectivamente, fornecidos em uma caixa tipo Gerbox (11,5 x 11,5 x 3,5 cm) (Nunes 2010). Durante a primeira semana de vida também foi fornecido açúcar refinado em uma placa de Petri (9 cm de diâmetro x 1,5 cm de altura). Além do alimento foi colocada no interior da gaiola água em um frasco de 250 ml, sendo disponibilizada por capilaridade por meio de uma tira de pano esponja vegetal (Spontex®).

Para a obtenção dos ovos foi instalado em uma das laterais da gaiola dos adultos um tecido “voile” vermelho siliconado, onde as fêmeas depositavam os ovos. O silicone foi passado sobre o tecido em uma fina camada de espessura uniforme (1 mm), com auxílio de um cartão. Para manter a umidade a fim de evitar a desidratação dos ovos, colocou-se uma bandeja plástica contendo uma camada de algodão e outra de pano esponja vegetal, ambas umedecidas, por sobre o substrato de postura. A atração das fêmeas para o tecido de oviposição foi realizada com a

colocação de lâmpadas fluorescentes próximas ao mesmo, conforme preconizado por Walder (2002).

A cada 24 horas, os ovos foram coletados com auxílio de jatos d'água, sendo recolhidos em uma bandeja de plástico. Após, foram transferidos para Erlenmeyer (500 ml), sendo então submetidos a um processo de aeração por um período de 24 horas (Kamiya 2010). O processo foi realizado com o auxílio de um aerador de aquário a temperatura de 25 °C. Após esse período, os ovos foram colocados na dieta artificial para o desenvolvimento larval sobre papel filtro. Para cada 300 mL de dieta foram utilizados cerca de 0,7 mL de ovos (\pm 8.190 ovos). A dieta utilizada para o desenvolvimento das larvas e a metodologia de preparo foram aquelas descritas por Salles (1992), modificando-se apenas a quantidade de ágar adicionado à dieta, que era de 10 g e foi reduzida para 3,6 g (Nunes 2010). Para a pupação, as larvas foram retiradas da dieta na fase de pré-pupa com o auxílio de uma peneira e água corrente, sendo, posteriormente, depositadas em bandejas contendo vermiculita fina umedecida, onde ocorreu a pupação, permanecendo até a emergência.

Aganaspis pelleranoi

Para o estabelecimento da criação de manutenção de *A. pelleranoi* foram coletados frutos de araçá (*Psidium cattleianum* Sabine, 1821) (Myrtaceae), infestados com *A. fraterculus* em pomares de frutíferas nativas da Embrapa Clima Temperado. Após, os frutos foram transportados para o laboratório e acondicionados em bandejas plásticas (19 cm x 13,5cm x 3,5 cm) contendo uma camada de 3 cm de vermiculita fina, sendo as mesmas fechadas com tecido "voile".

Por ocasião da pupação a vermiculita foi peneirada diariamente por um período de uma semana. Os pupários coletados foram transferidos para caixas tipo Gerbox® contendo vermiculita fina umedecida, onde permaneceram até a emergência. As caixas contendo os pupários foram transferidas para o interior das gaiolas de criação de moscas-das-frutas (40 cm x 30 cm x 30 cm), e assim que houve emergência de *A. pelleranoi* os parasitoides foram retirados e colocados em gaiolas específicas para sua criação (17,7 cm x 26,2 cm x 14,7 cm). No interior da gaiola foi colocado um frasco de 50 mL contendo água, fornecida por capilaridade por meio de uma tira de pano esponja vegetal (Spontex®). Os parasitoides foram alimentados com mel em uma concentração de 30% absorvido em pano esponja vegetal (Spontex®) e disponibilizado em placa de Petri (3 cm de diâmetro x 1,5 cm de altura).

Larvas de terceiro ínstar de mosca-das-frutas foram disponibilizadas aos parasitoides dispostas em placa envolta em tecido “voile”, a qual foi depositada no piso da gaiola dos parasitoides. As larvas foram expostas ao parasitismo por um período de 4 horas.

Parte dos adultos emergidos das coletas de campo foram armazenados em recipientes plásticos (5 ml) contendo álcool 70% e identificados pelo pesquisador Valmir Antônio Costa do Instituto Biológico da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, em Campinas, São Paulo.

Efeito da temperatura sobre adultos de *A. pelleranoi*

Casais de *A. pelleranoi* de até 24 horas foram individualizados em copos plásticos (500 mL) fechados, na porção compreendida pelo fundo do mesmo, por tecido “voile” a fim de permitir aeração, sendo que a porção contrária foi colocada

sobre uma tampa de caixa Gerbox®. Os insetos foram mantidos em câmaras climatizadas a 18, 20, 22, 25, 28 e 30 °C \pm 1 °C, umidade relativa de 70 \pm 10% e fotofase de 12 horas.

Os insetos foram alimentados com uma solução aquosa de mel na concentração de 30% absorvida em papel higiênico amassado e oferecida em uma placa de acrílico (2,2 cm de diâmetro x 0,7 cm de altura). Diariamente, até a morte das fêmeas foram oferecidas quatro larvas de *A. fraterculus* de terceiro ínstar, em placa de acrílico (1,7 cm de diâmetro x 0,1 cm de altura) contendo dieta artificial e envolta por tecido “voile”. As larvas foram expostas ao parasitismo por 4 horas, sendo, posteriormente, transferidas para frascos de acrílico (2,5 cm de diâmetro x 4,5 cm de altura), contendo vermiculita extrafina umedecida para pupação e mantidas em uma câmara climatizada a 25°C \pm 1°C, umidade relativa de 70 \pm 10% e fotofase de 12 horas. Após cerca de 40 dias, diariamente foi avaliado o número de moscas e parasitoides emergidos e os pupários intactos foram dissecados para se verificar a presença de parasitismo.

Foi avaliado o número de descendentes (ND), ritmo diário de parasitismo, percentual de parasitismo (P), percentual de emergência (E), razão sexual (rs) e longevidade de machos e fêmeas.

A razão sexual (rs) foi determinada utilizando a equação: $rs = (\text{número de fêmeas}) / (\text{número de fêmeas} + \text{número de machos})$. O número de descendentes foi obtido pela equação: $ND = \text{número de parasitoides emergidos} + \text{número de parasitoides não emergidos}$.

O percentual de parasitismo foi determinado pela seguinte equação: $P (\%) = (\text{número de descendentes}) / (\text{número total de larvas expostas ao parasitismo}) \times 100$. Para a determinação do percentual de emergência foi utilizada a seguinte

equação: $E (\%) = (\text{número de parasitoides emergidos}) / (\text{número de descendentes}) \times 100$.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos (temperaturas) com 15 repetições cada, constituídas por um casal de parasitoide.

Efeito da temperatura sobre as fases imaturas de *A. pelleranoi* e determinação das exigências térmicas

Larvas de *A. fraterculus* de terceiro ínstar (levando-se em consideração as informações obtidas por Salles (2000) a 25 °C) foram expostas ao parasitismo de *A. pelleranoi*, envoltas em tecido “voile”. Após 4 horas de exposição, as larvas foram transferidas para frascos de plástico (2,5 cm de diâmetro x 4,5 cm de altura), contendo vermiculita extrafina umedecida, para pupação. Em seguida, as larvas de *A. fraterculus* foram mantidas em câmaras climatizadas nas temperaturas de 18, 20, 22, 25, 28 e 30 °C \pm 1 °C, umidade relativa de 70 \pm 10% e fotofase de 12 horas. Diariamente foram realizadas observações a fim de se registrar a data de emergência dos parasitoides (machos e fêmeas) para se determinar a duração do período ovo-adulto.

A partir da duração média dos períodos de desenvolvimento ovo-adulto de *A. pelleranoi* nas diferentes temperaturas, determinou-se o limiar térmico inferior de desenvolvimento (T_b) e a constante térmica (K), pelo método da hipérbole, utilizando-se o software MOBAE (Modelos Bioestatísticos Aplicados à Entomologia) (Haddad et al. 1999).

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos (temperaturas), sendo utilizadas 50 repetições por tratamento, constituídas por uma larva de *A. fraterculus*.

Análise Estatística

Os dados obtidos de percentual de parasitismo (P) e percentual de emergência (E) foram submetidos à análise de variância, sendo esta realizada pelo procedimento GLM do SAS (SAS Institute 9.2, 2002), e as médias foram comparadas pelo teste *t* a 5% de significância. Os dados referentes à variável número de descendentes (ND) foram analisados via modelos lineares generalizados por meio do procedimento GENMOD do SAS (SAS Institute 9.2, 2002), e as médias comparadas pelo teste Qui-quadrado ($p \leq 0,05$). Para a variável razão sexual (rs), as proporções médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste Z ($P \leq 0,05$), protegido pelo teste Qui-quadrado ($p \leq 0,05$). Este teste foi realizado levando-se em consideração as frequências observadas das fêmeas em relação à frequência observada da população inteira (machos + fêmeas) utilizando-se o Programa R (R Development Core Team, 2011).

Para avaliar a variável longevidade foram construídas curvas de sobrevivência através do estimador de Kaplan-Meier, e posteriormente estas foram comparadas por meio do teste de log-rank com o auxílio do Programa R (R Development Core Team, 2011).

Os dados de duração foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de *t* ($P \leq 0,05$).

Resultados e Discussão

O número de descendentes obtidos, considerando-se os emergidos e não emergidos, foi inversamente proporcional à temperatura estudada ($X^2 = 743,09$; $gl = 5$; $P = 0,0001$) (Tabela 1). Na faixa térmica de 18 °C a 30 °C, o número de descendentes obtidos variou de 41,26 a 5,46, respectivamente, sendo que os maiores valores foram verificados nas temperaturas de 18 °C (41,26) e 20 °C (37,46), diferindo significativamente das demais (Tabela 1). Diversos estudos demonstram que a temperatura pode afetar o sistema imunológico de espécies hospedeiras, tornando-o mais eficiente na defesa contra o parasitismo à medida que a temperatura aumenta, dentro de uma determinada faixa térmica (Rahman et al. 2007, Mironidis e Savopoulou-Soultani 2009).

Embora tenha sido observada influência da temperatura no número de descendentes, a mesma não afetou o parasitismo total ($F = 1,0075$; $gl = 5$; $P = 0,4185$), que variou de 20,77 % a 34,74 % (Tabela 1). O parasitismo diário nas temperaturas de 18 °C a 25 °C não ultrapassou a quantidade diária de duas larvas por fêmea durante toda a sua vida, embora nas temperaturas de 28 °C e 30°C estes valores tenham sido de seis e nove larvas por fêmea aos 9 e 7 dias de idade, respectivamente (Figura 1). Oscilações no ritmo diário de parasitismo foram observadas em todas as temperaturas. No entanto, as maiores variações foram verificadas nas temperaturas de 28 °C e 30 °C, provavelmente devido ao fato de que nestas temperaturas a longevidade é menor e o parasitismo é mais concentrado. De maneira geral, em todas as temperaturas, houve uma tendência de redução do ritmo diário de parasitismo ao longo da vida das fêmeas.

O parasitismo acumulado de *A. pelleranoi* nas temperaturas de 28 °C e 30 °C atingiu o índice de 80% no sétimo e nono dia, respectivamente (Figura 1). Nas

demais temperaturas o tempo para que este índice fosse atingido variou de 19 a 38 dias, sendo maior nas menores temperaturas. Para outras espécies de parasitoides de moscas-das-frutas, como *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead, 1905) (Hymenoptera: Braconidae), mantidos à temperatura de 26 °C, o parasitismo acumulado de 70% ocorreu entre o 7º e o 18º dia de idade (López et al. 2009).

Em relação à razão sexual, verificou-se que a mesma foi afetada pelas diferentes temperaturas estudadas ($X^2=160,6074$; $gl = 5$; $P = 0$) (Tabela 1). Na faixa térmica de 18 °C a 28 °C observou-se que a razão sexual variou de 0,35 a 0,26, respectivamente, entretanto a 30°C foi observada uma razão sexual de 0,74. De acordo com pesquisas realizadas por Mohamed et al. (2006) temperaturas extremas podem afetar de maneira diferenciada a mortalidade de machos e fêmeas da população descendente, e as fêmeas possivelmente sejam mais tolerantes a altas temperaturas. Entretanto, os resultados do presente estudo não são suficientes para apoiar esta hipótese, pois na temperatura de 28 °C foi verificada uma redução na proporção de fêmeas (Tabela 1).

A longevidade de machos ($X^2=141$; $gl = 5$; $P = 0$) e fêmeas ($X^2=141$; $gl = 5$; $P = 0$) foi afetada pelas temperaturas estudadas, sendo verificada uma relação inversamente proporcional entre estes fatores (Figura 2). Fêmeas de *A. pelleranoi* foram mais longevas do que os machos, com exceção da temperatura de 25 °C. O tempo médio de sobrevivência das fêmeas variou de 49,13 dias a 18 °C para 3,73 dias a 30 °C, enquanto para os machos esta variação foi de 32,13 a 18 °C para 3,80 dias a 30 °C.

Estudos conduzidos com *A. pelleranoi* multiplicado em larvas de *Anastrepha ludens* (Loew, 1873) (Diptera: Tephritidae) demonstraram que a longevidade média a 25 °C foi de 24 dias (Aluja et al. 2008), enquanto Cancino et al. (2008) obtiveram

uma longevidade média de 29 dias. Embora as espécies hospedeiras sejam diferentes e a longevidade relatada pelos autores seja uma média de valores observados de machos e fêmeas, os dados são diferentes dos determinados no presente estudo.

A duração do período de desenvolvimento de ovo-adulto de *A. pelleranoi* na faixa térmica de 18 °C a 25 °C foi inversamente proporcional à temperatura, variando de 69,1 a 30,0, respectivamente (Figura 3). Não foi observado desenvolvimento nas temperaturas de 28 °C e 30°C, indicando que altas temperaturas são prejudiciais ao desenvolvimento de *A. pelleranoi*. Efeito negativo de altas temperaturas também foi observado para fêmeas de *D. longicaudata* e para machos e fêmeas de *Diachasmimorpha kraussi* (Fullaway, 1951) (Hymenoptera: Braconidae) (Sime et al. 2006). Os autores observaram que para a primeira espécie 28 °C foi o limite máximo tolerável, enquanto para a segunda tal limite foi 30 °C.

Com base na duração média do período de desenvolvimento ovo-adulto de *A. pelleranoi* nas temperaturas de 18, 20, 22 e 25 °C determinou-se que o limite térmico inferior de desenvolvimento (T_b) foi de 11,69 °C e a constante térmica (K) de 391,70 graus-dias (Figura 4). Embora não haja dados de exigências térmicas de *A. pelleranoi* observa-se que o valor estimado é superior ao relatado para outras espécies de parasitoides de mosca-das-frutas. Hurtrel et al. (2001), ao estudar o desenvolvimento de *Diachasmimorpha tryoni* (Cameron, 1911) (Hymenoptera: Braconidae) em diferentes temperaturas, determinaram valores de T_b e K de 9,19 °C e 322,6 graus-dia, respectivamente.

Os dados obtidos no presente estudo demonstram que adultos de *A. pelleranoi* são mais tolerantes a temperaturas altas (28 °C e 30 °C) do que as fases

imaturas (período pré-imaginal) para as quais não ocorreu desenvolvimento nestas temperaturas.

Referências bibliográficas

- Aluja, M., J. Sivinski, S. Ovruski, L. Guillen, M. Lopez, J. Cancino, A. Torres-Anaya, G. Gallegos-Chan, e L. Ruiz. 2008.** Colonization and domestication of seven species of native New World hymenopterous larval-prepupal and pupal fruit fly (Diptera: Tephritidae) parasitoids. *Biocontrol Sci Technol* 19: 49-79.
- Carvalho, E. S., S. S. Nascimento, e W. J. R. Matrangolo. 2000.** Controle biológico. *In* A. Malavasi e R. A. Zucchi (eds.), *Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado*. Holos, Ribeirão Preto.
- Cancino, J., L. Ruiz, J. Sivinski, F. Galvez, e M. Aluja. 2008.** Rearing of five hymenopterous larval-prepupal (Braconidae, Figitidae) and three pupal (Diapriidae, Chalcidoidea, Eurytomidae) native parasitoids of the genus *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) on irradiated *A. ludens* larvae and pupae. *Biocontrol Sci Technol* 19: 193-209.
- Chapman, R. 1998.** *The insects - Structure and function*, 4 ed, Cambridge University Press, New York.
- Cividanes, F. 2000.** *Uso de graus-dia em entomologia*, 1 ed, vol. 1. Funep, Jaboticabal.
- Denis, D., J.-S. Pierre, J. van Baaren, e J. J. M. van Alphen. 2011.** How temperature and habitat quality affect parasitoid lifetime reproductive success - A simulation study. *Ecol Model* 222: 1604-1613.
- Duarte, A. L., e A. Malavasi. 2000.** Tratamentos quarentenários, pp. 187-192. *In* A. Malavasi e R. A. Zucchi (eds.), *Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado*. Holos, Ribeirão Preto.
- Facholi, M., e M. Uchôa. 2006.** Comportamento sexual de *Anastrepha sororcula* Zucchi (Diptera, Tephritidae) em laboratório. *Rev Bras Entomol* 50: 406-412.
- Garcia, F. R. M., J. V. Campos, e E. Corseuil. 2003.** Análise faunística de espécies de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) na região Oeste de Santa Catarina. *Neotrop Entomol* 32: 421-426
- Garcia, F. R. M., e E. Corseuil. 2004.** Native hymenopteran parasitoids associated with fruit flies (Diptera: Tephritidae) in Santa Catarina state, Brazil. *Fla Entomol* 87: 517-521.

- Guimarães, J. A., N. B. Diaz, e R. A. Zucchi. 2000.** Parasitóide - Figitidae (Eucoilinae), pp. 127-141. *In* A. Malavasi e R. A. Zucchi (eds.), Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado, vol. 327. Holos, Ribeirão Preto.
- Haddad, M. L., J. R. P. Parra, e R. C. B. Moraes 1999.** Métodos para estimar os limites térmico inferior e superior de desenvolvimento de insetos computer program, FEALQ, Piracicaba.
- Harrison, W. W., E. G. King, e J. D. Ouzts. 1985.** Development of *Trichogramma exiguum* and *T. pretiosum* at five temperature regimes. *Environ Entomol* 14: 118-121.
- Härter, W. R., A. D. Grützmacher, D. E. Nava, R. S. Gonçalves, e M. Botton. 2010.** Isca tóxica e disrupção sexual no controle da mosca-da-fruta sul-americana e da mariposa-oriental em pessegueiro. *Pesq Agrop Bras* 45: 229-235.
- Hurtrel, B., S. Quilici, J. Nénon, e J. Lelannic. 2001.** Preimaginal developmental biology of *Diachasmimorpha tryoni* (Cameron), a parasitoid of the mediterranean fruit fly. *Insect Sci Appl* 21: 81-88.
- Institute, S. 2002.** SAS System - SAS/STAT computer program, version 9.2. SAS Institute, Cary.
- Kamiya, A. C. 2010.** Criação massal em dieta líquida e radioesterilização da mosca-sul-americana *Anastrepha* sp. 1 *aff. fraterculus* (Wied., 1830) (Diptera: Tephritidae). Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- López, O. P., Y. Hénaut, J. Cancino, M. Lambin, L. Cruz-López, e J. C. Rojas. 2009.** Is host size an indicator of quality in the mass-reared parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae)? *Fla Entomol* 92: 441-449.
- Malavasi, A., R. A. Zucchi, e R. L. Sugayama. 2000.** Biogeografia, pp. 93-98. *In* A. Malavasi e R. A. Zucchi (eds.), Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado. Holos, Ribeirão Preto.
- Mironidis, G. K., e M. Savopoulou-Soultani. 2009.** Development, survival and growth rate of the *Hyposoter didymator* - *Helicoverpa armigera* parasitoid - host system: Effect of host instar at parasitism. *Biol Control* 49: 58-67.
- Mohamed, S. A., W. A. Overholt, R. A. Wharton, e S. A. Lux. 2006.** Effect of temperature on developmental time and longevity of *Psytalia cosyrae* (Hymenoptera: Braconidae). *Biocontrol Sci Technol* 16: 717-726.
- Nava, D. E., e M. Botton. 2010.** Bioecologia e controle de *Anastrepha fraterculus* e *Ceratitis capitata* em pessegueiro. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. 29p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 315).

- Nondillo, A., O. Zanardi, A. P. Afonso, A. J. Benedetti, e M. Botton. 2007.** Efeito de inseticidas neonicotinóides sobre a mosca-das-frutas Sul-americana *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tephritidae) na cultura da videira. *BioAssay* 2: 1-9.
- Norris, R. F., E. P. Caswell-Chen, e M. Kogan. 2002.** Pesticides, pp. 242-313. *In* R. F. Norris, E. P. Caswell-Chen e M. Kogan (eds.), *Concepts in Integrated Pest Management*. Prentice Hall, New Jersey.
- Nunes, A. M. 2010.** Moscas frugívoras (Tephritoidea), seus parasitoides e estudos bioecológicos de *Anastrepha fraterculus* (Wiedmann, 1830) (Diptera: Tephritidae) e *Doryctobracon areolatus* (Szépligeti, 1911) (Hymenoptera: Braconidae). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.
- Nunes, A., F. Müller, R. Gonçalves, M. Garcia, V. Costa, e D. Nava. 2012.** Moscas frugívoras e seus parasitoides nos municípios de Pelotas e Capão do Leão, Rio Grande do Sul, Brasil. *Cienc Rural* 42: 6-12.
- Ovruski, S., M. Aluja, J. Sivinski, e R. Wharton. 2000.** Hymenopteran parasitoids on fruit-infesting Tephritidae (Diptera) in Latin America and the southern United States: diversity, distribution, taxonomic status and their use in fruit fly biological control. *Integrated Pest Manag Reviews* 5: 81-107.
- Ovruski, S. M., C. Colin, A. Soria, L. E. Oroño, e P. Schliserman. 2003.** Introducción y producción en laboratorio de *Diachasmimorpha tryoni* y *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) para el control biológico de *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) en la Argentina. *Rev Soc Entomol Argent* 62: 49-59.
- Parra, J. R. P. 1997.** Técnicas de criação de *Anasgata kuehniella*, hospedeiro alternativo para produção de *Trichogramma*, pp. 121-150. *In* J. R. P. Parra e R. A. Zucchi (eds.), *Trichogramma e o controle biológico aplicado*. FEALQ, Piracicaba.
- R Development Core Team (2011).** R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.
- Raga, A. 2005.** Incidência, monitoramento e controle de moscas-das-frutas na citricultura Paulista. *Laranja* 26: 307-322.
- Rahman, M. M., H. L. S. Roberts, e O. Schmidt. 2007.** Factors affecting growth in the koinobiont endoparasitoid *Venturia canescens* in the flour moth *Ephesia kuehniella*. *J Insect Physiol* 53: 463-467.
- Salles, L. A. B. 1992.** Metodologia de criação de *Anastrepha fraterculus* (Wiedmann, 1830) (Diptera: Tephritidae) em dieta artificial em laboratório. *An Soc Entomol Bras* 21: 479-486.

- Salles, L. A. B. 2000.** Bioecologia e ciclo de vida de *Anastrepha fraterculus*, pp. 81-86. In A. Malavasi e R. A. Zucchi (eds.), Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado, vol. 327. Holos Editora, Ribeirão Preto.
- Salles, L. A. B., e A. Kovaleski. 1990.** Moscas-das-frutas em macieira e pessegueiro no Rio Grande do Sul. Hortisul 1: 5-9.
- SAS Institute (2002)** SAS System - SAS/STAT. computer program, version 9.2. By SAS Institute, Cary, NC.
- Sharpe, P. J. H., e D. W. DeMichele. 1977.** Reaction kinetics of poikilotherm development. J Theor Biol 64: 649-670.
- Silveira Neto, S., O. Nakano, D. Barbin, e N. A. Villa Nova. 1976.** Manual de Ecologia dos Insetos. Editora Agronômica Ceres, Piracicaba.
- Sime, K. R., K. M. Daane, H. Nadel, C. S. Funk, R. H. Messing, J. W. Andrews, M. W. Johnson, e C. H. Pickett. 2006.** *Diachasmimorpha longicaudata* and *D. kraussii* (Hymenoptera: Braconidae), potential parasitoids of the olive fruit fly. Biocontrol Sci Technol 16: 169-179.
- Sivinski, J., e M. Aluja. 2003.** The evolution of ovipositor length in the parasitic hymenoptera and the search for predictability in biological control. Fla Entomol 86: 143-150.
- Souza, S. A. S., A. L. S. Resende, P. C. Strikis, J. R. Costa, M. S. F. Ricci, e E. L. Aguiar-Menezes. 2005.** Infestação natural de moscas frugívoras (Diptera: Tephritoidea) em café arábica, sob cultivo orgânico arborizado e a pleno sol, em Valença, RJ. Neotrop Entomol 34: 639-648.
- Walder, J. M. M. 2002.** Produção de moscas-das-frutas e seus inimigos naturais: associação de moscas estéreis e controle biológico, pp. 181-190. In J. R. P. Parra, P. S. M. Botelho, B. S. Corrêa-Ferreira e J. M. S. Bento (eds.), Controle Biológico no Brasil: Parasitóides e Predadores. Editora Manole, Barueri.

Tabela 1 Valores (\pm EP) do número de descendentes (emergidos e não emergidos), percentual de parasitismo e razão sexual de *Aganaspis pelleranoi* mantidos em diferentes temperaturas. Umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h.

Temperatura (°C)	Número de descendentes ⁽¹⁾	Parasitismo(%) ⁽²⁾	Razão sexual ⁽³⁾
18	41,26 \pm 5,6 a	20,77 \pm 2,52 a	0,35 c
20	37,46 \pm 4,06 ab	25,57 \pm 3,67 a	0,44 b
22	29,73 \pm 6,94 c	34,74 \pm 7,90 a	0,35 c
25	26,73 \pm 6,26 c	23,83 \pm 3,99 a	0,49 b
28	9,86 \pm 1,99 d	21,70 \pm 3,23 a	0,26 c
30	5,46 \pm 1,80 e	22,62 \pm 6,86 a	0,74 a

⁽¹⁾ Valores seguidos pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo de Qui-quadrado ($p \leq 0,05$).

⁽²⁾ Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste "t" ($p \leq 0,05$).

⁽³⁾ Valores seguidos pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de comparação de proporções ($p \leq 0,05$).

EP - Erro padrão.

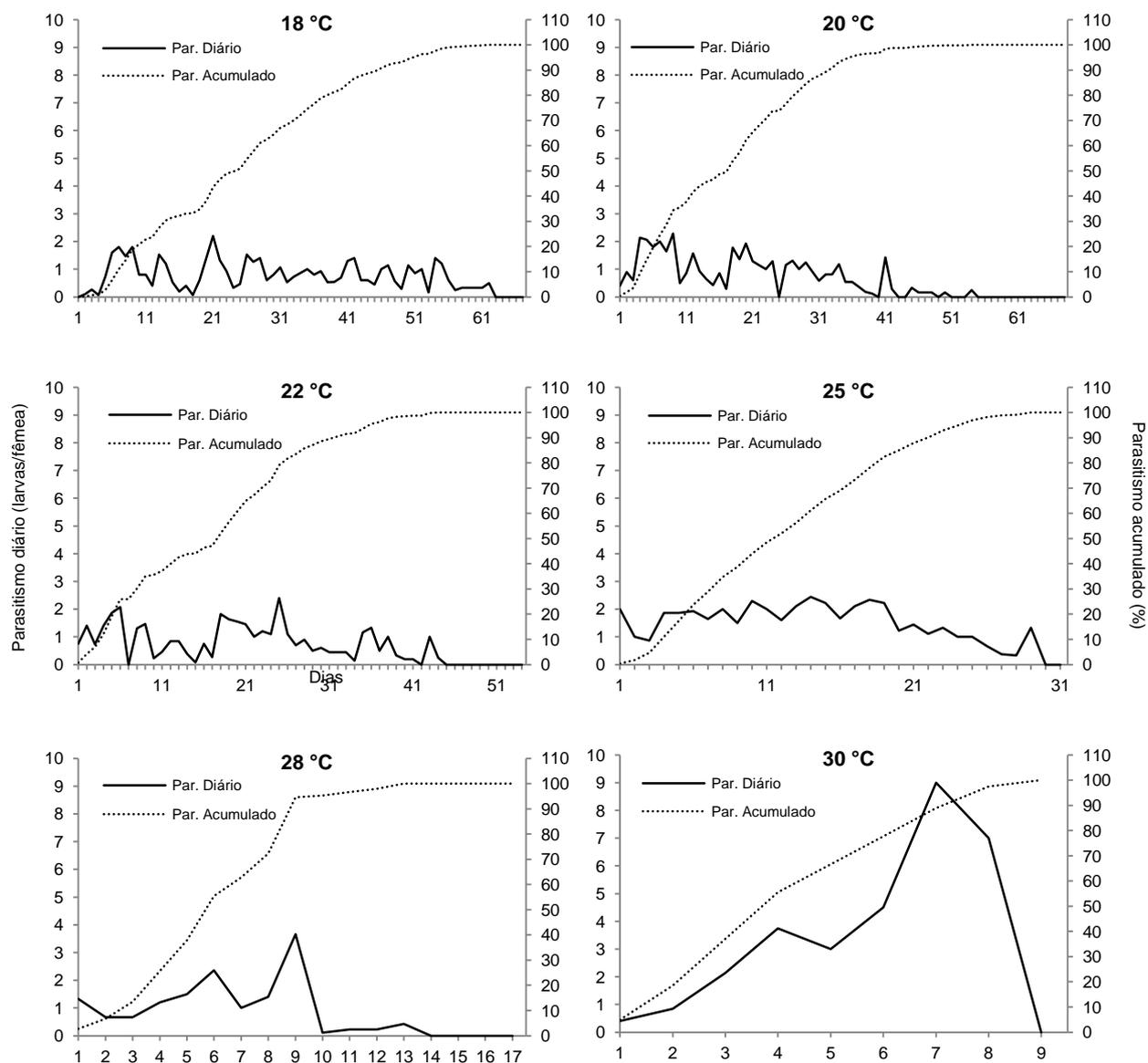


Figura 1 Parasitismo diário e acumulado de *Aganaspis pelleranoi* em larvas de *Anastrepha fraterculus* em diferentes temperaturas. Umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h.

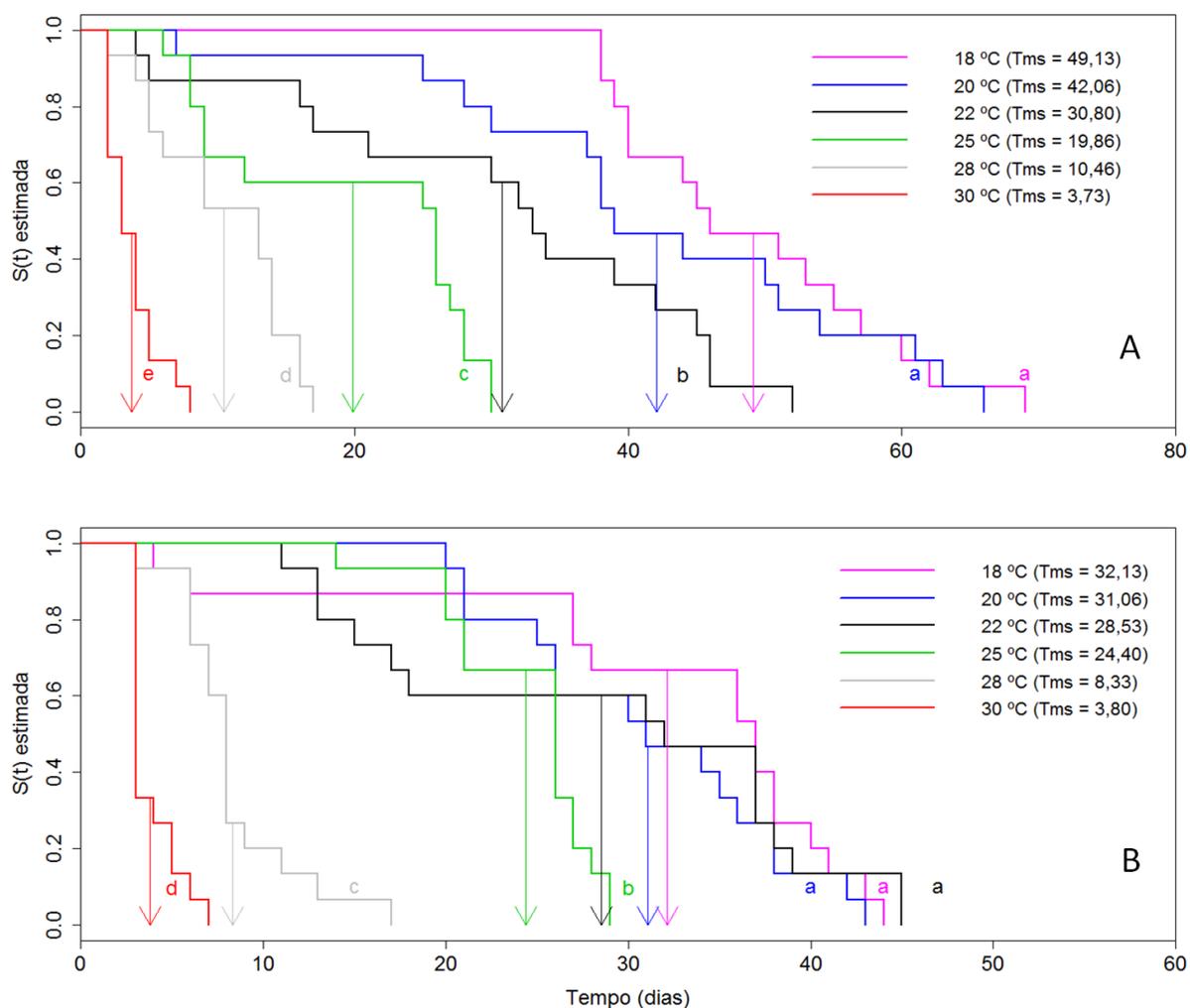


Figura 2 Curvas de sobrevivência de fêmeas (A) e machos (B) de *Aganaspis pelleranoi* mantidos em diferentes temperaturas. Curvas identificadas com as mesmas letras não diferem significativamente entre si. Setas indicam o tempo médio de sobrevivência (Tms).

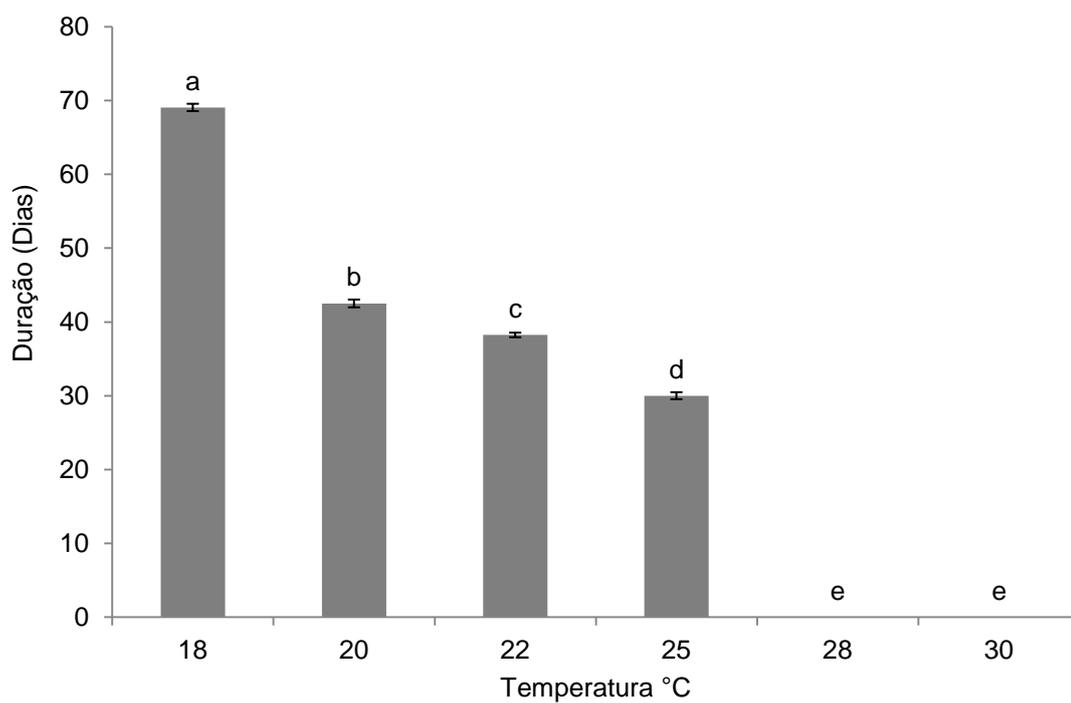


Figura 3 Duração do período de desenvolvimento ovo-adulto de *Aganaspis pelleranoi* em larvas de *Anastrepha fraterculus*, em diferentes temperaturas. Umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h. Colunas seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente entre si, pelo teste de t ($p \leq 0,05$).

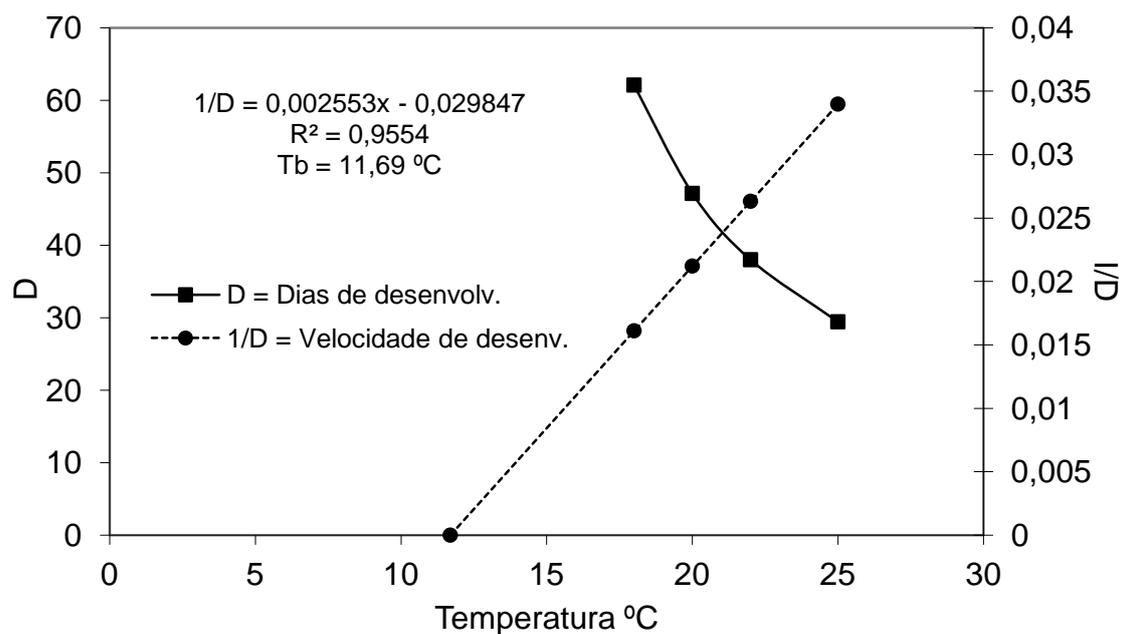


Figura 4 Curva de velocidade de desenvolvimento do período ovo-adulto de *Aganaspis pelleranoi*, criado em larvas de *Anastrepha fraterculus*, em diferentes temperaturas. Umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h.

5 - Conclusões

- Larvas de terceiro ínstar de *A. fraterculus* são preferidas para o parasitismo;
- O tempo de 4 horas de exposição das larvas de *A. fraterculus* à *Aganaspis pelleranoi* proporciona a produção de um maior número de parasitoides, maior percentual de parasitismo e emergência e maior proporção de fêmeas na população descendente;
- A quantidade de 4 larvas de *A. fraterculus* por fêmea de *A. pelleranoi*, oferecidas por um período de 4 horas proporciona a maior produção de parasitoides;
- O fornecimento de uma solução aquosa de mel na concentração de 30% para os parasitoides é essencial para que produzam uma maior quantidade de descendentes e sejam mais longevos;
- Larvas de *A. fraterculus* possibilitam um melhor desenvolvimento das fases imaturas e adulta de *A. pelleranoi* em relação a *Ceratitis capitata*;
- *Aganaspis pelleranoi* mantido nas temperaturas de 18 e 20 °C produz uma maior quantidade de parasitoides e apresentam uma maior longevidade, em relação às demais temperaturas (22, 25, 28 e 30 °C);
- O menor desenvolvimento do período pré-imaginal de *A. pelleranoi* ocorre na temperatura de 25 °C;
- Temperaturas de 28 °C e 30 °C não permitem o desenvolvimento do período pré-imaginal de *A. pelleranoi*;

- O limiar térmico inferior de desenvolvimento (T_b) e a constante térmica (K) de *A. pelleranoi* são de 11,69 °C e 391,70 graus-dia.

6 - Referências

- AGRIANUAL, Anuário da agricultura brasileira:** Disponível em: <www.freshwap.net/681/dl/Agrianual+2010+Brasil> Acesso em: 20 out. 2010.
- ALUJA, M.; SIVINSKI, J.; OVRUSKI, S.; GUILLEN, L.; LOPEZ, M.; CANCINO, J.; TORRES-ANAYA, A.; GALLEGOS-CHAN, G.; RUIZ, L. Colonization and domestication of seven species of native New World hymenopterous larval-prepupal and pupal fruit fly (Diptera: Tephritidae) parasitoids. **Biocontrol Science and Technology**, v.19, n.1, p.49-79, 2008.
- ARIOLI, C. J.; BOTTON, M.; CARVALHO, G. A. Controle químico da *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae) na cultura do pessegueiro. **Ciência Rural**, v.34, p.1695-1700, 2004.
- BARTLETT, K. A. The introduction and colonization in Puerto Rico of beneficial insects parasitic on west indian fruit flies. **Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico**, v.25, n.1, p.25-31, 1941.
- CANAL, N. A.; ZUCCHI, R. A. Parasitóides - Braconidae. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. (Ed.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos, 2000. p.119-126.
- CANCINO, J.; RUIZ, L.; SIVINSKI, J.; GALVEZ, F.; ALUJA, M. Rearing of five hymenopterous larval-prepupal (Braconidae, Figitidae) and three pupal (Diapriidae, Chalcidoidea, Eurytomidae) native parasitoids of the genus *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) on irradiated *A. ludens* larvae and pupae. **Biocontrol Science and Technology**, v.19, n.1, p.193-209, 2008.
- CARVALHO, E. S.; NASCIMENTO, S. S.; MATRANGOLO, W. J. R. Controle biológico. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. (Ed.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos, 2000. p. 113-117.
- CARVALHO, R. D. S.; NASCIMENTO, A. S. D. Criação e utilização de *Diachasmimorpha longicaudata* para controle biológico de moscas-das-frutas (Tephritidae). In: PARRA, J. R. P., et al. (Ed.). **Controle Biológico no Brasil: Parasitóides e Predadores**. Barueri: Editora Manole, 2002. p.165-179.

DUARTE, A. L.; MALAVASI, A. Tratamentos quarentenários. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. (Ed.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos, 2000. p.187-192.

FACHOLI, M.; UCHÔA, M. Comportamento sexual de *Anastrepha sororcula* Zucchi (Diptera, Tephritidae) em laboratório. **Revista Brasileira de Entomologia**, v.50, p.406-412, 2006.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C.; BERTI FILHO, G.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002.

GARCIA, F. R. M.; CAMPOS, J. V.; CORSEUIL, E. Análise faunística de espécies de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) na região Oeste de Santa Catarina. **Neotropical Entomology**, v.32, n.3, p.421-426, 2003.

GARCIA, F. R. M.; CORSEUIL, E. Native hymenopteran parasitoids associated with fruit flies (Diptera: Tephritidae) in Santa Catarina state, Brazil. **Florida Entomologist**, v.87, n.4, p.517-521, 2004.

GUIMARÃES, J. A.; DIAZ, N. B.; ZUCCHI, R. A. Parasitóide - Figitidae (Eucoilinae). In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. (Ed.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos, 2000. p.127-141.

GUIMARÃES, J. A.; ZUCCHI, R. A.; DIAZ, N. B.; SOUZA FILHO, M. F. D.; UCHÔA F., M. A. Espécies de Eucoilinae (Hymenoptera: Cynipoidea: Figitidae) parasitóides de larvas frugívoras (Diptera: Tephritidae e Lonchaeidae) no Brasil. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.28, p.263-273, 1999.

IBRAF. **Estrutura da produção Brasileira**: IBRAF, 2010.

MALAVASI, A.; NASCIMENTO, A. S. **Programa Biofábrica Moscamed Brasil: 8º Simpósio de Controle Biológico**. Águas de São Pedro: Sociedade Entomológica do Brasil, 2003. 52pp.

MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos, 2000. 327p.

MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A.; SUGAYAMA, R. L. Biogeografia. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. (Ed.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos, 2000. p.93-98.

MONTES, S. M. N. M.; RAGA, A.; BOLIANI, A. C.; SANTOS, P. C. D. Dinâmica populacional e incidência de moscas-das-frutas e parasitoides em cultivares de pessegueiros (*Prunus persicae* L. Batsch) no município de Presidente Prudente - SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, n.2, p.402-411, 2011.

MONTOYA, P.; LIEDO, P.; BENREY, B.; CANCINO, J.; BARRERA, J. F.; SIVINSKI, J.; ALUJA, M. Biological Control of *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) in Mango Orchards through Augmentative Releases of *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae). **Biological Control**, v.18, n.3, p.216-224, 2000.

NASCA, J. A. Parásitos de "moscas de los frutos" establecidos en algunas zonas de Tucumán. **Revista Agrícola del Noroeste Argentino**, v.10, n.1, p.31-43, 1973.

NAVA, D. **Controle biológico de insetos-praga em frutíferas de clima temperado: uma opção viável, mas desafiadora**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 208).

NAVA, D.; MELO, M.; NUNES, A. M.; GARCIA, M. S.; BOTTON, M. **Mosca em surto**: Cultivar - Hortaliças e Frutas. Pelotas: Cultivar, 2008. 26-29p.

NAVA, D. E.; BOTTON, M. **Bioecologia e controle de *Anastrepha fraterculus* e *Ceratitis capitata* em pessegueiro**. Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado, 2010. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 315).

NAVA, D. E.; SILVA, E. S.; GUIMARÃES, J. A.; DIEZ-RODRIGUEZ, G. I.; GARCIA, M. S.; BATISTA FILHO, A.; LEITE, L. G.; RAGA, A.; SATO, M. E. Controle biológico de pragas das frutíferas. In: PINTO, A. S., et al. (Ed.). **Controle biológico de pragas na prática**. Barueri: Prol Editora, 2006. p.113-129.

NORRIS, R. F.; CASWELL-CHEN, E. P.; KOGAN, M. Pesticides. In: NORRIS, R. F.; CASWELL-CHEN, E. P.; KOGAN, M. (Ed.). **Concepts in Integrated Pest Management**. New Jersey: Prentice Hall, 2002. p.242-313.

NUNES, A.; MÜLLER, F.; GONÇALVES, R.; GARCIA, M.; COSTA, V.; NAVA, D. Moscas frugívoras e seus parasitoides nos municípios de Pelotas e Capão do Leão, Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, v.42, n.1, p.6-12, 2012.

OLIVEIRA, C. Fruticultura Brasileira em Análise. Disponível em: <http://www.portaldoagronegocio.com.br/conteudo.php?id=24830>. Acesso em: 10 out. 2011.

OLIVEIRA, J. J. D.; ROCHA, A. C. P.; ALMEIDA, E. S.; NOGUEIRA, C. H. F.; ARAUJO, E. L. Espécies e flutuação populacional de moscas-das-frutas em um pomar comercial de mangueira, no litoral do estado do Ceará. **Revista Caatinga**, v.22, n.1, p.222-228, 2009.

OVRUSKI, S.; ALUJA, M.; SIVINSKI, J.; WHARTON, R. Hymenopteran parasitoids on fruit-infesting Tephritidae (Diptera) in Latin America and the southern United States: diversity, distribution, taxonomic status and their use in fruit fly biological control. **Integrated Pest Management Reviews**, v.5, n.2, p.81-107, 2000.

OVRUSKI, S. M.; COLIN, C.; SORIA, A.; OROÑO, L. E.; SCHLISERMAN, P. Introducción y producción en laboratorio de *Diachasmimorpha tryoni* y *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) para el control biológico

de *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) en la Argentina. **Revista de la Sociedad Entomológica Argentina**, v.62, p.49-59, 2003.

OVRUSKI, S. M.; OROÑO, L. E.; NUÑES-CAMPERO, S.; SCHLISERMAN, P.; ALBORNOZ-MEDINA, L.; BEZDJIAN, L. P.; VAN NIEUWENHOVE, G. A.; MARTIN, C. B. **A review of hymenopterous parasitoid guilds attacking *Anastrepha* spp. and *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) in Argentina: 7th International Symposium on Fruit Flies of Economic Importance**. Salvador: 2006. 113-125p.

OVRUSKI, S. M.; SCHLISERMAN, P.; OROÑO, L. E.; NUÑEZ-CAMPERO, S. R.; ALBORNOZ-MEDINA, P.; BEZDJIAN, L. P.; VAN NIEUWENHOVE, G. A. Natural occurrence of hymenopterous parasitoids associated with *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) in Myrtaceae species in Entre Rios, Northeastern Argentina. **Florida Entomologist**, v.91, n.2, p.220-227, 2008.

PARANHOS, B. A. J.; WALDER, J. M.; ALVARENGA, C. D. Parasitismo de larvas da mosca-do-mediterrâneo por *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) em diferentes cultivares de goiaba. **Neotropical Entomology**, v.36, p.243-246, 2007.

PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. Controle Biológico: Terminologia. In: PARRA, J. R. P., et al. (Ed.). **Controle Biológico no Brasil: Parasitoides e Predadores**. Barueri: Editora Manole, 2002. p.1-16.

PEÑA, J. E. Pests of mango in Florida. In: *Acct Horticulture*. 1. 1993, Miami. p.395-406.

RAGA, A.; SOUZA FILHO, M. F. D.; PRESTES, D. A. O.; AZEVEDO FILHO, J. A. D.; SATO, M. E. Susceptibility of guava genotypes to natural infestation by *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) in the municipality of Monte Alegre do Sul, state of São Paulo, Brazil. **Neotropical Entomology**, v.35, p.121-125, 2006.

RICALDE, M. P. **Monitoramento e caracterização bioecológica e molecular de populações de *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae)**. 2010. 90f. (Mestrado)-Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

SALLES, L. A. B.; KOVALESKI, A. Moscas-das-frutas em macieira e pessegueiro no Rio Grande do Sul. **Hortisul**, v.1, p.5-9, 1990.

SIVINSKI, J. M.; CALKINS, C. O.; BARANOWSKI, R.; HARRIS, D.; BRAMBILA, J.; DIAZ, J.; BURNS, R. E.; HOLLER, T.; DODSON, G. Suppression of a Caribbean Fruit Fly (*Anastrepha suspensa* (Loew) Diptera: Tephritidae) population through augmented releases of the parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae). **Biological Control**, v.6, n.2, p.177-185, 1996.

SOUZA, S. A. S.; RESENDE, A. L. S.; STRIKIS, P. C.; COSTA, J. R.; RICCI, M. S. F.; AGUIAR-MENEZES, E. L. Infestação natural de moscas frugívoras (Diptera:

Tephritoidea) em café arábica, sob cultivo orgânico arborizado e a pleno sol, em Valença, RJ. **Neotropical Entomology**, v.34, p.639-648, 2005.

WHARTON, R. A.; OVRUSKI, S.; GILSTRAP, F. E. Neotropical Eucilidae (Cynipoidea) associated with fruit-infesting Tephritidae, with new records from Argentina, Bolivia and Costa Rica. **Journal of Hymenoptera Research**, v.7, n.1, p.102-115, 1998.

ZART, M.; BOTTON, M.; FERNANDES, O. A. Injúrias causadas por mosca-das-frutas sul-americana em cultivares de videira. **Bragantia**, v.70, n.1, p.64-71, 2011.

ZUCCHI, R. A. Diversidad, distribución y hospederos del género *Anastrepha* en Brasil. In: HERNÁNDEZ-ORTIZ, V. (Ed.). **Moscas de la fruta en Latinoamérica (Diptera: Tephritidae): Diversidad, biología y manejo**. Distrito Federal, México: S y G, 2007. p.77-100.

ZUCCHI, R. A. Mosca-do-mediterrâneo *Ceratitis capitata* (Diptera:Tephritidae). In: VILELA, E. F.; ZUCCHI, R. A.; CANTOR, F. (Ed.). **Histórico e impacto das pragas introduzidas no Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, 2001. p.15-22.

ZUCCHI, R. A. Taxonomia. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. (Ed.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos, 2000. p.13-24