

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade



Dissertação

**Bioecologia do parasitoide de ovos *Fopius arisanus* (Sonan, 1932)
(Hymoptera: Braconidae) em moscas-das-frutas**

Mártin Zanchett Groth

Pelotas, 2016

Mártin Zanchett Groth

**Bioecologia do parasitoide de ovos *Fopius arisanus* (Sonan, 1932)
(Hymoptera: Braconidae) em 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. Alci Enimar Loeck

Co-orientador: Dr. Sandro Daniel Nornberg

Co-orientador: Dr. Dori Edson Nava

Pelotas, 2016

Banca examinadora:

Dr. Alci Enimar Loeck (Orientador)

Dr^a. Adrise Medeiros Nunes

Dr. Daniel Bernardi

Dr. Mauro Silveira Garcia

Aos meus pais Elvio José Groth e Neli Zanchett Groth pelo exemplo de vida e amor
incondicional.

Ao meu irmão Maruan Zanchett Groth pelo incentivo e exemplo de profissional.

Aos meus avós Valentin Zanchett e Alda Zanchett pelo amor e exemplo de vida.

À minha namorada Sabrina Dal Vitt pelo amor, paciência, dedicação, incentivo
cumplicidade e sabedoria.

DEDICO E OFEREÇO

Agradecimentos

A Deus pelo dom da vida, proteção diária e bençãos concedidas ao longo da trajetória;

A minha família em especial aos meus pais Elvio José Groth e Neli Zanchett Groth e meu irmão pelo incentivo, paciência, confiança depositada e amor;

A minha namorada Sabrina Dal Vitt pelo amor, confiança, dedicação e palavras de muito carinho ao longo desse período;

À família da minha namorada, principalmente ao seu Pai Juarez Paulo Dal Vitt e sua mãe Adriane Echer Dal Vitt pelos conselhos, exemplo, dedicação e confiança;

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, conhecimentos compartilhados e principalmente, pelo exemplo de profissional;

Ao Prof. Dr. Alci Enimar Loeck e ao Dr. Sandro Daniel Nornberg do Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade da FAEM-UFPEl, pela 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 Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos;

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

Aos amigos, Adrise Medeiros Nunes, Sônia Poncio, Gabriela Inés Díez-Rodríguez, Francisco Canez Netto, Fernanda Appel Muller, Karina Jobim e Heitor Lisboa pelos momentos de descontração e pela dedicação e apoio em todos os momentos, bem como pela amizade construída;

Aos grandes amigos Raul da Cunha Borges Filho e Daniel Bernardi pela amizade, companheirismo, alegria e incentivo;

As minhas professoras Márcia Aparecida Smaniotto e Margarida Flores Roza-Gomes pelo incentivo dedicado durando os cinco anos de graduação;

A todos os professores do curso de Agronomia da Universidade do Oeste de Santa Catarina – UNOESC, pela amizade, ensinamentos e orientação;

Ao Centro Educacional Estadual Profissionalizante Manoel Moreia Pena “Colégio Agrícola” pelo ensinamento prestado, pelas amizades realizadas, pelo conhecimento compartilhado e pelos momentos “únicos” de descontração “Uma vez agricolino, sempre agricolino”;

Aos colegas e amigos do Paraguay, em especial ao amigo Walterson Junior Siewert Lang;

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

Resumo

GROTH, Martín, Z. **Bioecologia do parasitoide de ovos *Fopius arisanus* (Sonan, 1932) (Hymenoptera: Braconidae) em moscas-das-frutas.** 2016. 72f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Fopius arisanus (Sonan, 1932) (Hymenoptera: Braconidae) é um endoparasitoide solitário que oviposita principalmente em ovos de moscas-das-frutas, sendo um candidato para o estabelecimento do controle biológico aplicado de tefritídeos, especialmente *Bactrocera carambolae* (Drew & Hancock, 1994) (Diptera: Tephritidae). O objetivo deste trabalho foi conhecer a aptidão de *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) e *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) para o desenvolvimento de *F. arisanus*, bem como, estudar o efeito da temperatura sobre o seu desenvolvimento e determinar as exigências térmicas em condições de laboratório em ovos de *Ceratitis capitata*. Na primeira etapa, foi estudada a biologia de *F. arisanus* em ovos de *A. fraterculus* e *C. capitata*, determinando-se o número de descendentes, razão sexual, peso 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 *C. capitata* produziram um maior número de descendentes (213), sendo superior a *A. fraterculus* (53 descendentes). Os valores de razão sexual, parasitismo e emergência foram maiores em parasitoides multiplicados em *C. capitata* (0,63, 42% e 83,3%, respectivamente), quando comparados a *A. fraterculus* (0,49, 16% e 62,8%, respectivamente). A longevidade para fêmeas e machos de *C. capitata* foi de 25,2 e 50,7 dias, respectivamente e para *A. fraterculus* de 29,4 e 41,7 dias, respectivamente. Com base na tabela de vida de fertilidade, o tempo necessário para duplicar a população (T_d) foi cerca de 3,5 vezes menor para os insetos obtidos de ovos de *C. capitata* em relação a ovos de *A. fraterculus*, assim como, foi observado uma maior taxa líquida de reprodução (R_0), razão infinitesimal de aumento (r_m) e razão finita de aumento (λ). Portanto, *A. fraterculus* propicia o desenvolvimento de *F. arisanus*, mas este é menor do que os parasitoides multiplicados em ovos de *C. capitata*. Na segunda etapa, foi realizada a biologia dos imaturos em ovos de *C. capitata* e em diferentes temperaturas, determinando as

exigências térmicas. O estudo foi realizado em câmaras climatizadas nas temperaturas de 15, 18, 20, 22, 25, 28, 30 e 32 ± 1°C, umidade relativa do ar de 70 ± 10% e fotofase de 12 horas. Não foi observado desenvolvimento de *F. arisanus* nas temperaturas de 32°C. O número médio de descendentes de *F. arisanus* foi maior nas temperaturas de 22 e 25°C (21 e 22 parasitoides, respectivamente), bem como para porcentagem de emergência, obtendo melhor resultado em 22°C (85%) e 25°C (83%). Para a razão sexual, melhores resultados foram obtidos nas temperaturas de 15°C (0,78) e 18°C (0,73). Os parasitoides mais pesados foram obtidos nas temperaturas de 20, 22 e 25°C, tanto para machos, como para as fêmeas. O período de desenvolvimento foi inversamente proporcional às temperaturas, variando de 47 dias a 15°C para 21 dias a 30°C, bem como o número de gerações (2,69 gerações/ano) a 15°C e (6,43 gerações/ano) 30°C. O limiar térmico inferior de desenvolvimento ou temperatura base (T_b) para *F. arisanus* em ovos de *C. capitata* foi de 10,3°C e a constante térmica (K) de 488,34 graus-dias. Conclui-se que o parasitoide *F. arisanus* apresenta o melhor desenvolvimento biológico em *C. capitata* com um melhor desenvolvimento nas temperaturas de 20 a 25°C e que as exigências térmicas são próximas as dos demais parasitoides de moscas-das-frutas. A partir dos resultados obtidos nos dois trabalhos, a produção em laboratório de *F. arisanus* utilizando como hospedeiro *C. capitata* é altamente viável. Visando sua liberação a campo, regiões com temperaturas médias anuais entre 20 e 25°C apresentam bom potencial para seu desenvolvimento.

Palavras-chave: *Ceratitidis capitata*, *Anastrepha fraterculus*, controle biológico, exigências térmicas, biologia.

Abstract

GROTH, Martín, Z. **Bioecology parasitoid of *Fopius arisanus* eggs (Sonan, 1932) (Hymenoptera: Braconidae) in the fruit flies** 2016. 72f. Dissertation (master degree). Post-Graduation Program in Phytosanitary. Federal University of Pelotas, Pelotas.

Fopius arisanus (Sonan, 1932) (Hymenoptera: Braconidae) is a lonely endoparasitoid that oviposits mainly on egg flies the fruit, being a candidate for the establishment of biological control applied tephritids, especially *Bactrocera carambolae* (Drew & Hancock, 1994) (Diptera: Tephritidae). The objective of this study was to determine the suitability of *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) and *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) for the development of *F. arisanus* as well, to study the effect of temperature on the development and determine the thermal requirements in laboratory conditions in *Ceratitis capitata* eggs. In the first stage, it studied the *F. arisanus* biology in eggs of *A. fraterculus* and *C. capitata*, determining the number of off spring sex ratio, adult weight, male and female longevity, percentage of parasitism and percentage of emergency. Based on biological parameters was developed fertility life table. Parasitoids multiplied in *C. capitata* produced a greater number of descendants (213), exceeding *A. fraterculus* (53 children). The sex ratio values, and parasitic emergence were higher in parasitoids multiplied *C. capitata* (0,63, 42% and 83,3%, respectively) when compared to *A. fraterculus* (0,49, 16% and 62,8%, respectively). The longevity and female *C. capitata* males was 25,2 and 50,7 days, respectively and *A. fraterculus* 29,4 and 41,7 days, respectively. Based on the fertility life table, the time needed to double the population (TD) was approximately 3,5 times lower for insects obtained from *C. capitata* eggs to *A. fraterculus* eggs, as well as higher net reproduction rate was observed (R_0), intrinsic rate of increase (r_m) and finite rate of increase (λ). Therefore, *A. fraterculus* enables the development of *F. arisanus*, but this is lower than the parasitoid multiplied *C. capitata* eggs. In the second step, the biology of immature was performed on *C. capitata* eggs and at different temperatures, determining the thermal requirements. The study was conducted in climatic chambers at temperatures of 15, 18, 20, 22, 25, 28, 30 and $32 \pm 1^\circ\text{C}$, relative humidity of $70 \pm 10\%$ and photoperiod of 12 hours. No development was observed in *F. arisanus* 32°C temperatures. The average number of descendants *F. arisanus* was higher at temperatures of 22 to 25°C (21 and 22 parasitoids, respectively) and

for the emergence percentage, obtaining better results in 22°C (85%) and 25°C (83%). For the sex ratio, the best results were obtained at temperatures of 15 ° C (0,78) and 18°C (0,73). The heavier parasitoids were obtained at temperatures of 20, 22 and 25°C, both for males as females. The development time was inversely proportional to temperature, ranging from 47 days at 15°C for 21 days at 30°C as well as the number of generations (generations 2,69 / year) 15°C (6,43 generations / year) 30°C the lower thermal threshold of development or base temperature (Tb) for *F. arisanus* in eggs of *C. capitata* was 10,3°C and thermal constant (K) of 488,34 degree days. We conclude that the parasitoid *F. arisanus* has the best biological development in *C. capitata* with a better development in temperatures 20-25°C and the thermal requirements are close to those of the other parasitoid flies of the fruit. From the results obtained in the two studies, production in laboratory *F. arisanus* using as host *C. capitata* is highly feasible. Seeking their release to field regions with annual average temperatures between 20 and 25°C have good potential for developmen

Key-words: *Ceratitidis capitata*, *Anastrepha fraterculus*, biological control, thermal requirements, temperature.

Lista de Figuras

Artigo 1

- Figura 1** Valores médios (\pm EP) do peso de adultos de *Fopius arisanus* criados em ovos de *Anastrepha fraterculus* e *Ceratitis capitata*. Temperatura de $25\pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa do ar de $70\pm 10\%$ e fotofase de 12h..... 42
- Figura 2** Curvas de sobrevivência de fêmeas (A) e machos (B) de *Fopius arisanus* criados em *Ceratitis capitata* e *Anastrepha fraterculus*. Temperatura de $25\pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa do ar 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..... 43
- Figura 3** Relação entre fertilidade específica (mx) e taxa de sobrevivência (lx) de *Fopius arisanus* criados em ovos de *Ceratitis capitata* (A) e *Anastrepha fraterculus* (B). Temperatura de $25\pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa do ar de $70\pm 10\%$ e fotofase de 12h..... 44

Artigo 2

- Figura 1** Duração do período ovo-adulto de *Fopius arisanus* em *Ceratitis capitata* em diferentes temperaturas. Umidade relativa do ar de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h..... 66
- Figura 2** Curva de velocidade de desenvolvimento (dias) do período ovo-adulto de *Fopius arisanus*, criado em *Ceratitis capitata* em diferentes temperaturas. Umidade relativa do ar de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h..... 67

Lista de Tabelas

Artigo 1

- Tabela 1** Valores médios (\pm EP) do número de descendentes, razão sexual, percentual de parasitismo e percentual de emergência de *Fopius arisanus* criado sobre os hospedeiros *Anastrepha fraterculus* e *Ceratitis capitata*. Temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade relativa do ar de $70\pm 10\%$ e fotofase de 12h..... 40
- Tabela 2** Valores médios (\pm EP) de duração (T), tempo de duplicação da população (Td), taxa líquida de reprodução (Ro), razão infinitesimal de aumento (rm) e razão finita de aumento (λ) de *Fopius arisanus* criado em *Ceratitis capitata* e *Anastrepha fraterculus*. Temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade relativa do ar de $70\pm 10\%$ e fotofase de 12h..... 41

Artigo 2

- Tabela 1** Valores médios (\pm EP) do número de descendentes (emergidos e não emergidos), razão sexual e emergência de *Fopius arisanus* multiplicado em *Ceratitis capitata* e mantidos em diferentes temperaturas. Umidade relativa do ar de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h..... 63
- Tabela 2** Valores médios (\pm EP) do peso de adultos de *Fopius arisanus* criados em ovos de *Ceratitis capitata* em diferentes temperaturas. Umidade relativa do ar de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h..... 64
- Tabela 3** Número provável de gerações anuais de *Fopius arisanus* com base no limiar térmico inferior de desenvolvimento (10,3)..... 65

Sumário

| | |
|---|----|
| 1 - Introdução Geral | 16 |
| 2 - Artigo 1 - <i>Anastrepha fraterculus</i> (Diptera: Tephritidae) é um Bom Hospedeiro para o Desenvolvimento e Reprodução do Parasitoide de Ovos <i>Fopius arisanus</i> (Hymenoptera: Braconidae) | 21 |
| Resumo | 21 |
| Abstract | 22 |
| Introdução | 23 |
| Material e Métodos | 25 |
| Estabelecimento da criação de manutenção | 25 |
| Biologia e tabela de vida de fertilidade de <i>F. arisanus</i> | 27 |
| Análise estatística | 29 |
| Resultados e Discussão | 30 |
| Agradecimentos | 34 |
| Referências citadas | 35 |
| 3 - Artigo 2 - Biologia e exigências térmicas de <i>Fopius arisanus</i> (Sonan, 1932) (Hym.: Braconidae) em ovos de <i>Ceratitis capitata</i> (Wiedemann, 1830)..... | 46 |
| Resumo | 46 |
| Abstract | 47 |
| Introdução | 48 |
| Material e Métodos | 50 |
| Estabelecimento da criação de manutenção | 50 |
| Desenvolvimento de <i>F. arisanus</i> em diferentes temperaturas..... | 51 |
| Exigências térmicas | 53 |

| | |
|------------------------------|----|
| Análise estatística | 53 |
| Resultados e Discussão | 54 |
| Agradecimentos | 57 |
| Referências citadas | 58 |
| | |
| 4 – Conclusões gerais | 68 |
| | |
| 5 – Referências gerais | 70 |

1 – Introdução Geral

A fruticultura é um dos segmentos mais importantes da agricultura brasileira, respondendo por 3,2 bilhões da balança comercial do agronegócio. O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas, produzindo anualmente cerca de 43 milhões de toneladas em uma área aproximada de 2,2 milhões de hectares e gerando em torno de 5,6 milhões de empregos diretos (BRAZILIAN FRUIT, 2014).

Porém, a fruticultura brasileira, bem como a mundial vem enfrentando sérios problemas fitossanitários e dentre esses, as moscas-das-frutas ocupam um lugar de destaque (CARVALHO, 2006; NAVA e BOTTON, 2010). As moscas-das-frutas causam danos diretos aos frutos pela punctura realizada pela fêmea para a oviposição e pela alimentação da polpa pelas larvas, provocando a perda total dos frutos (RAGA, 2005). A família Tephritidae possui mais de 4000 espécies distribuídas em 500 gêneros, com cerca de 250 espécies de importância agrícola econômica, sendo que destes 48 pertencem aos gêneros *Bactrocera*, *Ceratitis*, *Anastrepha*, *Dirioxa* e *Toxotrypana* (WHITE e ELSON-HARRIS, 1992). No entanto no Brasil, o gênero *Anastrepha* é considerado o mais importante com mais de 94 espécies descritas, sendo a espécie *A. fraterculus* (Wiedemann) a mais importante. Além deste, o gênero *Ceratitis*, representado pela mosca-do-mediterrâneo *Ceratitis*

capitata (Wiedemann) é o segundo principal, devido a importância desta espécie, principalmente nas regiões Sudeste e Nordeste do Brasil (ZUCCHI, 2000).

Ceratitis capitata encontra-se mundialmente distribuída, estabelecendo-se em aproximadamente 95 países, incluindo vários do continente Americano (LIQUIDO et al., 1991). Esta espécie de mosca-das-frutas desenvolve-se em mais de 200 espécies de plantas hospedeiras, abrangendo um grande número de frutíferas de importância econômica (ZUCCHI, 2015). Por este motivo, *C. capitata* é considerada a mais prejudicial, cosmopolita e invasora dentre todos os tefritídeos, causando mais danos à agricultura do que qualquer outra espécie (MALAVASI et al., 2000). No Brasil, *C. capitata* ocorre principalmente em hospedeiros exóticos, atacando mais de 58 espécies, dos quais 20 são nativos, demonstrando com isso, sua grande capacidade de adaptação (ZUCCHI, 2001).

No entanto, *A. fraterculus* é a mosca-das-frutas de maior importância econômica na América do Sul e está distribuída nas latitudes Norte e Sul, ocupando ambientes demográficos bastante distintos, que abrangem países como Argentina, Uruguai e os estados das regiões Sul, Sudeste, Nordeste e Centro-Oeste do Brasil (MALAVASI et al., 2000). É considerada uma praga primária no território nacional, onde medidas de controle são necessárias para evitar perdas econômicas (MALAVASI et al., 2000; NAVA e BOTTON, 2010). Das espécies de moscas-das-frutas de ocorrência na região Sul do Brasil *A. fraterculus* é considerada dominante nos estados do Rio Grande do Sul (SALLES, 1998; KOVALESKI e RIBEIRO, 2002), Santa Catarina (GARCIA e LARA, 2006; HICKEL, 2008) e Paraná (HUSCH et al., 2012).

O controle de moscas-das-frutas, tradicionalmente vem sendo realizado através de iscas tóxicas compostas por proteínas hidrolisadas associadas a um

inseticida (NAVA e BOTTON, 2010; HARTER et al., 2015) podendo ser organofosforado ou piretroides, ou também na forma de cobertura em área total (NAVA e BOTTON, 2010). No entanto, medidas para reduzir as pulverizações convencionais vêm sendo praticadas pelos produtores, perante as exigências do mercado consumidor. Mediante este contexto, os Programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP) tem incentivado o uso de medidas alternativas para o controle de moscas-das-frutas (ALVARENGA et al., 2006). Dentro destas alternativas, destaca-se o controle biológico com utilização de parasitoides (OVRUSKI et al., 2000).

Os himenópteros parasitoides pertencentes à família Braconidae são os mais importantes e explorados em âmbito mundial (WHARTON, 1996; OVRUSKI et al., 2006). Insetos pertencentes a esta família são capazes de parasitar ovos, larvas e pupas de tefritídeos (OVRUSKI et al., 2006). Dentre as espécies de parasitoides pertencentes à Braconidae, destaca-se o parasitoide de ovos *Fopius arisanus* (Sonan, 1932) (Hymenoptera: Braconidae) (ROUSSE et al., 2005). Considerado um endoparasitoide de vida solitária que possui origem na região Indo-Pacífico e está sendo amplamente utilizado em programas de controle biológico de moscas-das-frutas, principalmente para *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae) no Havaí (HARRIS et al., 2007).

No Brasil, esta espécie foi introduzida em 2012 para o controle de *Bactrocera carambolae* (Drew & Hancock, 1994) (Diptera: Tephritidae) na região Norte do país (MAPA, 2015). Vários estudos demonstraram que *F. arisanus* possui potencial de controle e redução populacional de *C. capitata* (VARGAS et al., 2002; BOKONON-GANTA et al., 2007; VARGAS et al., 2007; MANOUKIS et al., 2011). Entretanto, são poucos os estudos realizados com espécies de *Anastrepha* e teme-se que a liberação a campo de *F. arisanus*, acarrete em um desequilíbrio na

população dos parasitoides nativos de larvas de *Anastrepha*. Assim, o objetivo do trabalho foi: a) conhecer a aptidão de *A. fraterculus* para o desenvolvimento de *F. arisanus*; b) estudar o efeito da temperatura sobre o desenvolvimento de *F. arisanus* e determinar as exigências térmicas em condições de laboratório em ovos de *C. capitata*.

ARTIGO 2 – Revista: Journal of Insect Science

2 – Artigo 1

***Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) é um Bom Hospedeiro para o Desenvolvimento e Reprodução do Parasitoide de Ovos *Fopius arisanus* (Hymenoptera: Braconidae)**

Martin Z. Groth¹, Alci E. Loeck¹, Sandro D. Nörnberg¹, Dori E. Nava²

¹ Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Departamento de Fitossanidade, Caixa Postal 354, CEP 96010-900 Pelotas, RS, Brasil. E-mail: martinzg07@hotmail.com, alcienimar@yahoo.com.br, sandro_ufpel@hotmail.com.

² Embrapa Clima Temperado, BR 392, Km 78, Caixa Postal 403, CEP 96010-970 Pelotas, RS, Brasil. E-mail: dori.edson-nava@embrapa.br.

RESUMO *Fopius arisanus* (Sonan) é um parasitoide de ovos de moscas-das-frutas e que vem sendo utilizado para o controle de *Bactrocera carambolae* e *Ceratitis capitata* (Wiedemann) no Havaí. O objetivo do trabalho foi determinar se *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) é um bom hospedeiro para o desenvolvimento de *F. arisanus* em relação a *C. capitata*. Foram utilizados como hospedeiros ovos de *C. capitata* e de *A. fraterculus* e determinados o número

de descendentes, razão sexual, peso 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 provenientes de ovos de *C. capitata* produziram um maior número de descendentes, menor duração do período ovo-adulto, maior razão sexual e maiores porcentagens de parasitismo e emergência quando comparado com parasitoides provenientes de *A. fraterculus*. Embora, os parasitoides multiplicados em ovos de *A. fraterculus* foram mais pesados em relação aos que se desenvolveram em *C. capitata*. Com base na tabela de vida de fertilidade foi verificado que o tempo necessário para duplicar a população (Td) foi cerca de 3,5 vezes menor para os insetos obtidos de ovos de *C. capitata*, demonstrando que *F. arisanus* possui um melhor desenvolvimento neste hospedeiro, embora *A. fraterculus* também propicie o seu desenvolvimento.

Palavras-chave: Controle biológico, mascas-das-frutas, parasitismo, biologia.

***Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) is a Good Host for the Development and
Reproduction of Parasitoid Eggs *Fopius arisanus* (Hymenoptera: Braconidae)**

ABSTRACT *Fopius arisanus* (Sonan) is a parasitoid egg of flies and the fruit that has been used to control *Bactrocera carambolae* and *Ceratitidis capitata* (Wiedemann) in Hawaii. The objective was to determine whether *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) is a good host for the development of *F. arisanus* to *C. capitata*. Were used as host eggs of *C. capitata* and *A. fraterculus* and determined the duration of the egg-adult period, number of offspring sex ratio, adult weight, male and female longevity, percentage of parasitism and emergency percentage. Based on biological parameters was developed fertility life table. Parasitoids from eggs of *C. capitata* produced a greater number of descendants, shorter duration of egg-adult period, the higher sex ratio and increased parasitism and emergency percentages compared to parasitoids

from *A. fraterculus*. Although the parasitoids multiplied on eggs of *A. fraterculus* they were heavier than those who developed *C. capitata*. Based on the fertility life table was found that the time needed to double the population (TD) was approximately 3.5 times lower for insects obtained from *C. capitata* eggs, demonstrating that has a better development *F. arisanus* in this host even though *A. fraterculus* also fosters their development.

Key Words: Biological control, fruit flies, parasitism, biology.

Introdução

A ocorrência de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) representa um sério problema fitossanitário para a fruticultura mundial, já que causam perdas econômicas relacionadas aos danos ocasionados nos frutos e também às restrições quarentenárias impostas pelos países importadores (Aluja e Mangan 2008). No Brasil, as espécies *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann), *Anastrepha obliqua* (Macquart), *Anastrepha grandis* (Macquart), *Ceratitis capitata* (Wiedemann) e *Bactrocera carambolae* (Drew e Hancock) são listadas como de importância quarentenária por diversos países importadores (Malavasi e Nascimento 2003, Uchôa, 2012).

Dentre estas espécies de moscas-das-frutas *B. carambolae* também é considerada praga quarentenária presente no Brasil. Embora esteja restrita em alguns Estados da região Norte do país, teme-se que a mesma migre para as regiões produtoras de frutas, como o Vale do São Francisco, Brasil, onde se encontra a maior região produtora de frutas destinadas a exportação. Visando estabelecer um conjunto de medidas para evitar a dispersão de *B. carambolae*, em 2012, foi importado do Havaí o parasitoide *Fopius arisanus* (Sonan, 1932) (Hymenoptera: Braconidae) para a liberação nas áreas de ocorrência desta praga (Paranhos et al. 2013).

Fopius arisanus é um endoparasitoide solitário que oviposita preferencialmente em ovos, mas também pode utilizar larvas de primeiro instar (Manoukis et al. 2011). Os adultos emergem dos pupários com aproximadamente 18-22 dias (a 25°C) após o parasitismo e podem sobreviver em média 57 dias (Zenil et al. 2004). *F. arisanus* é originário do continente Asiático, sendo considerado um dos principais parasitoides de moscas-das-frutas do gênero *Bactrocera*. Introduzido no Havaí em 1940 para o controle de *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae), este parasitoide também apresentou bom desenvolvimento em ovos e larvas de *C. capitata*, a ponto de ser utilizado para o controle deste tefritídeo (Bokonon-Ganta et al. 2007, Manoukis et al. 2011).

Harris et al. (2007) estudando a reprodução de *F. arisanus* em frutos de mamão papaya (*Carica papaya* L.) (Caricaceae) infestado por *C. capitata* e *B. dorsalis*, determinaram que o parasitoide multiplicado em *B. dorsalis* apresentou 28% mais descendentes quando comparado com *C. capitata*. Apesar do menor número de descendentes, *C. capitata* pode ser considerado um bom hospedeiro (Harris et al. 2007). Em espécies do gênero *Anastrepha*, o desenvolvimento de *F. arisanus* não está bem caracterizado, mas estudos indicam o seu desenvolvimento em larvas de *A. suspensa*, *A. ludens* e *A. serpentina* (Lawrence et al. 2000, Bautista et al. 2004; Zenil et al. 2004).

A maior vantagem competitiva de *F. arisanus* em relação aos parasitoides nativos de moscas-das-frutas a exemplo dos gêneros *Doryctobracon* (Szépligeti), *Utetes* (Foerster) e *Opius* (Wesmael) está relacionado ao fato de parasitarem ovos ou larvas de primeiro instar da praga (Van Den Bosch e Haramoto 1953, Bess et al. 1961), demonstrando que este parasitoide apresenta um grande potencial como agente de controle biológico durante a fase de ovo (Wharton e Gilstrap 1983).

Com a introdução de *F. arisanus* no Brasil para o controle de *B. carambolae*, nos estados do Pará, Amapá e de Roraima (MAPA, 2015), torna-se necessário conhecer o

comportamento de parasitismo em *A. fraterculus*, pois, apesar de ser considerada a principal espécie praga de mosca-das-frutas no Brasil, à liberação de *F. arisanus* poderá ter impacto sobre a população de parasitoides larvais nativos de *A. fraterculus* e demais espécies deste gênero, prejudicando o controle biológico natural. Deste modo, o objetivo do trabalho foi determinar se *A. fraterculus* é um bom hospedeiro para o desenvolvimento de *F. arisanus*, quando comparado com *C. capitata* e, assim obter informações para subsidiar programas de controle biológico de mosca-das-frutas no Brasil.

Material e Métodos

Estabelecimento da criação de manutenção. Os insetos utilizados nos experimentos foram obtidos das criações estabelecidas no Laboratório de Entomologia da Embrapa Clima Temperado em salas climatizadas, com temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa do ar de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas. A escolha de *C. capitata* para ser utilizada para comparação com *A. fraterculus* se deve ao fato de que *B. carambolae* é uma praga quarentenária, restrita a região Norte do Brasil e *C. capitata* é considerado um bom hospedeiro para o desenvolvimento de *F. arisanus* (Harris et al. 2007).

Anastrepha fraterculus foi mantida em laboratório utilizando as adaptações estabelecidas em vários trabalhos a partir da técnica desenvolvida por Salles (1992). Adultos de *A. fraterculus* foram mantidos em gaiolas plásticas (57 cm comprimento x 39 cm largura x 37 cm altura), sendo fornecido água e alimentos com dieta a base de açúcar refinado, germe de trigo e levedura de cerveja (Bionis[®] YE NS + 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 et al. 2013).

Para confecção das gaiolas de criação e obtenção dos ovos foi seguido a metodologia proposta por Gonçalves et al. (2013). Após a coleta, os ovos foram transferidos para

recipientes de vidro tipo *Erlemeyer* (500 mL) e submetidos ao processo de aeração por meio de um aerador de aquário durante um período de 24 horas. Em seguida, com auxílio de uma micropipeta de 30µL depositou-se os ovos sobre uma tira de papel filtro (0,8 cm de largura x 8 cm de comprimento) que foi colocada sobre 300 mL de dieta artificial em recipiente plástico (24 cm comprimento x 15 cm largura x 6 cm altura) com capacidade de 1,2 L para ocorrer o desenvolvimento larval, seguindo a metodologia proposta por Salles (1992) e Nunes et al. (2013). Para cada 300 mL de dieta artificial foram inoculados 0,8 mL de solução (água + ovos), totalizando aproximadamente 9.200 ovos/recipiente. As larvas foram mantidas na dieta artificial por um período de aproximadamente 12 dias.

Para a criação de *C. capitata*, adultos foram mantidos em gaiolas plásticas (48 cm comprimento x 30 cm largura x 30 cm altura), contendo água e alimento, conforme descrito para a criação de *A. fraterculus*. A metodologia para a obtenção dos ovos, processo de aeração e inoculação foi a mesma proposta por Gonçalves et al. (2013) e Kamiya (2010). Foram inoculados aproximadamente 9.200 ovos/recipiente (0,5 mL de água + solução) em 300 mL de dieta artificial. A dieta utilizada para o desenvolvimento larval, bem como o processo de coleta das larvas e o condicionamento das pré-pupas e pupas em vermiculita foram os mesmos propostos por Salles (1992) e Nunes et al. (2013).

A criação de *F. arisanus* foi estabelecida a partir de ovos de *C. capitata*. Foram ofertados aproximadamente 2,5 mil ovos (0,2 mL) de *C. capitata* de 24 horas de idade em um pedaço de papel filtro (4 cm), sobreposto em um pedaço de pano esponja (Spontex[®]) no interior de uma placa de acrílico (4 cm de diâmetro e 0,2 cm de altura), utilizando um micropipetador LabMate[®] (Monocanal volume variável de 50 a 250 µl). Posteriormente, os ovos foram expostos ao parasitismo de *F. arisanus* no interior de uma gaiola plástica de criação (23 cm largura x 27 cm comprimento x 24 cm altura) contendo, aproximadamente 400 fêmeas e 100 machos (proporção sexual de 4:1, respectivamente). Após 6 horas de

parasitismo, os ovos de *C. capitata* foram retirados das gaiolas e colocados sobre uma camada de dieta artificial (300 mL) dentro de um recipiente plástico (15 cm largura x 24 cm comprimento x 6 cm altura) com capacidade de 1,2 L litros. Decorridos 9 dias, as larvas foram retiradas da dieta e lavadas em água corrente com auxílio de uma peneira (malha 0,22 mm), sendo em seguida acondicionadas em potes plásticos (17 cm largura x 27,6 cm comprimento x 7 cm altura) durante um período de 9 dias sobre uma camada de vermiculita extrafina (3 cm). Posteriormente, a vermiculita foi peneirada com auxílio de uma peneira galvanizada (malha 0,29 mm) e os pupários obtidos foram armazenados em potes plásticos (13,5 cm comprimento x 12,5 cm largura 6,5 cm profundidade) até a emergência dos parasitoides. Mediante o surgimento dos primeiros adultos as tampas dos potes foram removidas e colocado na parte superior uma tela com abertura de 0,25 mm para permitir somente a passagem dos parasitoides. Os parasitoides foram acondicionados em gaiolas de criações conforme descrito anteriormente, contendo água destilada fornecida via capilaridade por meio de uma tira de pano esponja vegetal sendo trocado a cada 72 horas. O alimento oferecido foi uma pasta a base de mel e papel picado, sendo utilizado durante toda a longevidade dos adultos na gaiola.

Para a multiplicação de *F. arisanus* em *A. fraterculus*, foi utilizado o mesmo procedimento de parasitismo utilizado para *C. capitata*, entretanto, as larvas foram retiradas da dieta artificial com 12 dias de idade e as pupas da vermiculita com 11 dias.

Biologia e tabela de vida de fertilidade de *F. arisanus*. Vinte casais de *F. arisanus* de até 24 horas de idade, foram individualizados em copos plásticos (300 mL), fechados na parte superior com tecido *voile* para evitar a fuga dos parasitoides e permitir aeração. Os parasitoides foram separados por sexo, com base na presença do ovipositor. Para alimentação dos adultos foi adicionada uma gotícula de mel sobre uma placa (0,4 x 0,4 mm) de papel

Parafilm[®] e água oferecida em um frasco (15 mL) por capilaridade por algodão hidrófilo. O alimento e a água foram substituídos semanalmente. Pano esponja de 4 cm de diâmetro forrado com papel filtro (4 cm diâmetro) foram dispostos no interior de uma placa de acrílico (4 cm diâmetro x 0,2 cm profundidade), sendo ofertado diariamente sobre o papel filtro 30 ovos de cada espécie de moscas-das-frutas. Após um período de 24 horas de exposição dos ovos de *C. capitata* ou *A. fraterculus* às fêmeas de *F. arisanus*, os ovos foram retirados e colocados dentro de um pote plástico (100 mL) sobre uma camada de dieta artificial (50 mL), utilizada para o desenvolvimento larval de *C. capitata* ou *A. fraterculus*, conforme descrito para as criações de manutenção. Após nove e 12 dias de desenvolvimento, respectivamente, as larvas de *C. capitata* e *A. fraterculus* foram retiradas da dieta, com auxílio de uma peneira (malha 0,22 mm) e água corrente e acondicionadas em frascos de acrílico (2,5 cm de diâmetro x 4,5 cm de altura) contendo vermiculita extrafina umedecida para ocorrer a pupação. Diariamente, os pupários foram avaliados para determinar a emergência de parasitoides e os pupários que permaneceram intactos foram dissecados para se verificar a presença de moscas ou parasitoides, visando determinar a real taxa de parasitismo. Posteriormente, foram determinados a duração do período ovo-adulto, a razão sexual, o peso dos adultos, a longevidade de macho e fêmea, o número de descendentes e os percentuais de parasitismo e emergência para cada hospedeiro.

A razão sexual 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: $ND = \text{número de parasitoides emergidos} + \text{número de parasitoides não emergidos (presentes no interior)}$. O percentual de parasitismo foi determinado pela seguinte equação: $P (\%) = (\text{número de descendentes}) / (\text{número total de pupas obtidas}) \times 100$. Para o percentual de emergência foi utilizada a seguinte equação: $E (\%) = (\text{número de parasitoides emergidos}) /$

(número de descendentes) x 100. Para o peso de adultos utilizou-se balança Ohaus Explorer[®] modelo SQ17 com cinco casas decimais.

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 (Td), a taxa líquida de reprodução (R_o), a taxa intrínseca de crescimento (r_m) e a taxa finita de aumento (λ).

Análise estatística. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizados, com dois tratamentos (hospedeiros *C. capitata* ou *A. fraterculus*) com 20 repetições (casal de parasitoides). Os dados obtidos dos percentuais de parasitismo e emergência de adultos, peso de adultos e duração do período ovo-adulto (dias) foram submetidos à análise de variância, sendo esta realizada pelo procedimento GLM do SAS[®] (SAS Institute 2000) e as médias comparadas pelo teste *t* a 5% de significância. Os dados referentes à variável número de descendentes foram analisados via modelos lineares generalizados por meio do procedimento GENMOD do SAS[®] (SAS Institute 2000) e as médias comparadas pelo teste Qui-quadrado ($p \leq 0,05$). Para a razão sexual, 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). A longevidade de adultos de *F. arisanus* foi analisada mediante as curvas de sobrevivência através do estimador de Kaplan-Meier e, posteriormente, 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 foram estimados pelo método Jackknife usando a programação Life table. SAS (Maia et al. 2000) e as médias comparados pelo teste *t* bilateral

($P \leq 0.05$) pelo software SAS[®] (SAS Institute 2000). As diferenças entre os tratamentos foram determinados a um nível de significância de $\alpha = 0,05$ SAS[®] (SAS Institute 2000).

Resultados e Discussão

Fêmeas de *F. arisanus* quando colocadas em contato com ovos de *C. capitata* produziram em média 123 descendentes durante sua vida, diferindo significativamente do número de descendentes oriundos de ovos de *A. fraterculus* que geraram em média 53 descendentes ($F= 210,09$; $g.l= 1$; $P= 0,0001$) (Tabela 1). O resultado obtido para *C. capitata* se assemelha ao encontrado por Bokonon-Ganta et al. (2007), que obtiveram 131 descendentes para *Fopius ceratitivorius* (Wharton) (Hymenoptera: Braconidae) multiplicado em *C. capitata* e com Ramadan (2004), que observaram em média 139 descendentes de *Fopius vandenboschi* (Fullaway) (Hymenoptera: Braconidae) em *C. capitata*. Entretanto, difere do resultado de Harris et al. (2007) onde obtiveram 85 descendentes de *F. arisanus* em *C. capitata*.

O percentual de emergência dos parasitoides multiplicados em *C. capitata* foi de 83,3% sendo significativamente superior ao obtido com *A. fraterculus* (62,8%) ($F= 29,58$; $g.l= 1$; $P= 0,0001$) (Tabela 1). Entretanto, pode-se observar que em *A. fraterculus*, os resultados foram superiores a 50%, porém, *F. arisanus* multiplicado em *C. capitata* demonstrou ser mais adequado para o seu desenvolvimento. Embora valores inferiores (17%) tenham sido encontrados para *F. arisanus* multiplicados em *Bactrocera curcubitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae) (Bautista et al. 2004), assim como em observado para *A. ludens* (Loew) e *A. serpentina* (Wiedemann) (Zenil et al. 2004). Apesar da mínima diferença de emergência entre *C. capitata* e *A. serpentina*, este fato pode estar relacionado à preferência de parasitismo de *F. arisanus* a ovos de *C. capitata* (Zenil et al. 2004) permitindo com isso o desenvolvimento em hospedeiro adequados para ocorrer o suprimento das necessidades

nutricionais da prole (Steidle e Van Loon 2002, Jhonson et al. 2006). Fato que pode ter ocorrido com *F. arisanus* no hospedeiro *C. capitata* e, possivelmente, esta preferência ocorra também para *F. arisanus*, por apresentar resultados satisfatórios quando multiplicado em *C. capitata*, demonstrando este ser o hospedeiro preferencial.

A razão sexual foi superior para os insetos multiplicados em ovos de *C. capitata* (0,63) diferindo significativamente em relação aos obtidos em *A. fraterculus* (0,49) ($F= 53,69$; $g.l= 1$; $P= 0,0001$) (Tabela 1). Zenil et al. (2004) encontraram variações na razão sexual de *F. arisanus* oriundo de três hospedeiros. *C. capitata* (0,85), *A. ludens* (0,73) e *A. serpentina* (0,70). Entretanto, valores inferiores a esses foram encontrados por Quimio e Walter (2001) com uma razão sexual de 0,56 para *F. arisanus* oriundos de *Bactrocera tryoni* (Froggatt) (Diptera: Tephritidae) e 0,59 para *Bactrocera jarvisi* (Tryon) (Diptera: Tephritidae). Ramadan (2004) obteve uma razão sexual de 0,52 para *F. vandenboschi*, multiplicado em *C. capitata*. Estes resultados demonstram que a quantidade de fêmeas é maior em ovos de *C. capitata* e, provavelmente, este fato esteja relacionado à qualidade do hospedeiro, conforme mencionado anteriormente. Normalmente, há uma tendência que o parasitismo realizado em hospedeiro preferencial, gere maior número de fêmeas, enquanto que, menores quantidades de fêmeas são observadas em hospedeiros não preferenciais, estando esse fator relacionado com aspectos nutricionais disponíveis durante o desenvolvimento do parasitoide (Tang et al. 2014).

Também foi observado que a porcentagem de parasitismo foi superior para *F. arisanus* oriundo de *C. capitata* (42%), em relação aos oriundos de *A. fraterculus* (16%) ($F= 240,12$; $g.l= 1$; $P= 0,0001$) (Tabela 1). Wang e Messing (2003) em experimentos com ovos de *C. capitata*, puderam determinar que o parasitismo de *F. arisanus* foi de 53%, enquanto que, Ramadan et al. (1994) ao oferecer larvas de *C. capitata* de primeiro instar para *F. arisanus*, obteve parasitismo variável de 8,6 a 21,5%. Os altos índices de parasitismo obtidos no primeiro hospedeiro demonstram que o mesmo pode ser escolhido para a produção massal do

parasitoide e propicia um controle eficaz de *C. capitata*, reduzindo, a possibilidade de uma competição, já que, os parasitoides nativos existentes no Brasil (ex. *Doryctobracon areolatus* (Szépligeti) (Hymenoptera: Braconidae) são encontrados comumente parasitando moscas do gênero *Anastrepha* (Leonel et al. 1995, Ovruski et al. 2000).

Com base na tabela de vida de fertilidade, observa-se que os valores correspondentes a taxa líquida de reprodução (R_o), razão infinitesimal de aumento (r_m) e razão finita de aumento (λ) foram maiores quando o parasitoide foi multiplicado em ovos de *C. capitata*, diferindo significativamente dos multiplicados em ovos de *A. fraterculus*. Enquanto que, a duração (T) e o tempo de duplicação da população (Td) foram maiores nos parasitoides multiplicados em ovos de *A. fraterculus*, diferindo significativamente daqueles multiplicados em *C. capitata*. A duração média de uma geração (T) de fêmeas de *F. arisanus* multiplicado em ovos de *C. capitata* (37,5 dias) é cerca de três dias menor do que a duração das fêmeas multiplicadas em ovos de *A. fraterculus* (40,5 dias) (Tabela 2). Meireles et al. (2013), estudando a biologia de *D. longicaudata* em *C. capitata* e *A. fraterculus*, determinaram uma R_o de 45,56 e 53,82, respectivamente, também observando valores para r_m e λ de 0,14 e 1,15 para *C. capitata* e de 0,17 e 1,19 para *A. fraterculus*. Vargas et al. (2002) determinaram para *F. arisanus* multiplicado em *C. capitata* uma R_o de 27,4, sendo o resultado inferior ao encontrado nesse trabalho (43,8). Os mesmos autores observaram que os valores de r_m e λ foram de 0,15 e 1,13, respectivamente, diferenciando dos obtidos para *F. arisanus* tanto em ovos de *C. capitata* como de *A. fraterculus* (Tabela 2). A taxa máxima de aumento da população de *F. arisanus* multiplicados em ovos de *C. capitata* e *A. fraterculus*, ocorreu no 13° e 19° dias, respectivamente (Figura 3).

O peso médio do adulto de *F. arisanus* foi maior para os machos (0,00278 g) e fêmeas (0,003013 g) de *A. fraterculus*, diferindo significativamente, dos machos (0,001977 g) (0,002780 g) ($F= 273,108$; $g.l= 1$; $P= 0,0001$) e fêmeas (0,002430 g) multiplicados em *C.*

capitata ($F= 18,455$; $g.l= 1$; $P= 0,0001$) (Figura 1). Este resultado demonstra que o tamanho do hospedeiro não influenciou na qualidade do parasitismo, dado que, fêmeas oriundas de *C. capitata* apresentaram menor peso de adulto, porém, proporcionaram maior fecundidade. Gonçalves et al. (2013) estudando a biologia do parasitoide de larvas *Aganaspis pelleranoi* (Brèthes) (Hymenoptera: Figitidae) observaram peso médio de adulto de 0,00053g quando multiplicados em *C. capitata* e 0,00088g quando multiplicados em larvas de *A. fraterculus* tanto para machos como para fêmeas 0,00070 e 0,00100g, respectivamente.

Para a variável longevidade observou-se que fêmeas de *C. capitata* apresentaram tempo médio de sobrevivência de 25,2 dias, diferindo significativamente das fêmeas multiplicadas em *A. fraterculus*, que apresentaram tempo médio de sobrevivência de 29,4 dias ($F= 12,07$; $g.l= 1$; $P= 0,000231$) (Figura 2). A longevidade dos parasitoides machos multiplicados em *C. capitata* apresentou tempo médio de sobrevivência de 50,7 dias diferindo significativamente dos machos multiplicados em *A. fraterculus*, que apresentaram tempo médio de sobrevivência de 41,7 dias ($F= 21,0923$; $g.l= 1$; $P= 0,000376$) (Figura 2). A menor longevidade das fêmeas de *F. arisanus* multiplicadas em *C. capitata* pode estar associada com o desgaste por apresentarem alta fecundidade e, conseqüentemente, o que diminui a longevidade (Jervis e Kidd 1986, Jervis et al. 2001, Godfray, 1994, Fletcher et al. 2015). Esses resultados foram superiores aos encontrados por Bokonon-Ganta et al. (2007), onde observaram que fêmeas de *F. ceratitivorus* multiplicadas em ovos de *C. capitata*, apresentaram longevidade de 16,2 dias enquanto, Wang e Messing (2003) obtiveram longevidade de 27,5 dias para *F. arisanus* multiplicado em *C. capitata*. Zenilet al. (2004) verificaram que fêmeas de *F. arisanus* multiplicadas em ovos de *C. capitata* tiveram menor longevidade (29,6 dias) do que fêmeas multiplicadas em ovos de *A. serpentina* (31,0 dias). Porém, aquelas multiplicadas em *C. capitata* apresentaram maior fecundidade quando comparada a *A. serpentina* (157,8, e 91,9 dias, respectivamente). Para Zenil et al. (2004),

mesmo ovos de *Anastrepha* considerados maiores (1,2-1,6 mm) que ovos de *C. capitata* (1,0 mm), a preferência se manteve para este último hospedeiro, visto que, a qualidade nutricional para o desenvolvimento adequado da prole acontece em hospedeiros preferenciais, ou, adequados, sendo *C. capitata* dentre as três espécies testadas, a que melhor se caracteriza nesse aspecto.

Os resultados obtidos neste trabalho demonstram que a qualidade do hospedeiro proporciona maiores vantagens para o parasitoide *F. arisanus*. Essa relação é explicada pelo fato de que parasitoides que se desenvolveram em hospedeiro preferencial obtém maior qualidade nutricional (Ellers et al. 1998, Lopez et al. 2009). Mediando os resultados obtidos no presente estudo, observa-se que o parasitoide *F. arisanus* apresenta desenvolvimento em *A. fraterculus*, porém, o melhor resultado foi obtido em *C. capitata*. Neste contexto, embora exista um risco de *F. arisanus* causar impactos negativos na população de parasitoides nativos de *A. fraterculus*, acredita-se que seja mínimo, pois o hospedeiro preferencialmente é *C. capitata*, que apresenta ampla distribuição nas regiões do Brasil, com exceção da região Norte, onde neste caso as liberações irão ser realizadas nas áreas onde ocorre *B. carambolae* que é o hospedeiro preferencial de *F. arisanus*.

Agradecimentos

A Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado e a Embrapa Clima Temperado pela disponibilidade dos equipamentos e estrutura.

Referências citadas

- Aluja M., Mangan R. L. 2008.** Fruit fly (Diptera: Tephritidae) host status determination: critical conceptual, methodological, and regulatory considerations. *Annu. Rev. Entomol.* 53: 473-502.
- Bautista R. C., Harris E. J., Vargas R. I., Jang E. B. 2004.** Parasitization of melon fly (Diptera: Tephritidae) by *Fopius arisanus* and *Psytalia fletcheri* (Hymenoptera: Braconidae) and the effect of fruit substrates on host preference by parasitoids. *Bio. Control* 30: 156-164.
- Bess H. A. R., Bosch V., Haramoto F. H. 1961.** Fruit fly parasites and their activities in Hawaii. *Proc. Hawaii. Entomol. Soc.* 15: 201-206.
- Bokonon-Ganta A. H., Ramadan M. M., Messing R. H. 2007.** Reproductive biology of *Fopius ceratitivorus* (Hymenoptera: Braconidae), an egg-larval parasitoid of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Bio. Control* 41: 361-367.
- Ellers J., Jacques J. M., Alphen V. W., Jan G. S. 1998.** A field study of size-fitness relationship in the parasitoid *Asobara tabida*. *J. Anim. Ecol.* 67: 318-324.
- Fletcher J. P., Hughes J. P., Harvey I. F. 2015.** Life expectancy and egg load affect oviposition decisions of a solitary parasitoid. *J. Biol. Sci.* 31: 163-167.
- Godfray H. C. J. 1994.** Parasitoids - Behavioral and Evolutionary Ecology: Oviposition behavior, pp. 83-119. 2. ed. Princeton University, New Jersey.
- Gonçalves R. S., Nava D. E., Pereira H. C., Lisbôa H., Grützmacher A. D., Valgas R. A. 2013.** Biology and fertility life table of *Aganaspis pelleranoi* (Hymenoptera: Figitidae) in larvae of *Anastrepha fraterculus* and *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 106: 791-798.
- Harris E. J., Bautista R. C., Vargas R. I., Jang E. E. B. 2007.** Rearing *Fopius arisanus* (Sonan) (Hymenoptera: Braconidae) in mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae). *Hawaii. Entomol. Soc.* 39: 121-126.

- Jervis M. A., Heimpel G. E., Ferns P. N., Harvey J. A., Kidd N. A. C. 2001.** Life-history strategies in parasitoid wasps: a comparative analysis of ovigeny. *J. Anim. Ecol.* 70: 442-458.
- Jervis M. A., Kidd N. A. C. 1986.** Host – feeding strategies in hymenopteran parasitoids. *J. Biol. Sci.* 61: 395-434.
- Johnson M. W., Zalom F. G., Van Steenwyk R., Vossen P., Devarenne A. K., Daane K. M., Krueger W. H., Connell J. H., Yokoyama V., Bisabri B., Caprile J., Nelson J. 2006.** Olive fruit fly management guidelines for 2006. *UC Plant Protection Quarterly* 16:1-7.
- Lawrence P. O., Harris E. J., Bautista R. C. 2000.** Development and reproductive biology of the egg-pupal parasite, *Fopius arisanus* in *Anastrepha suspensa*, a new tephritid host. pp. 739-748. In: Tan K. H. [ed.], *Area-Wide Control of Fruit Flies and Other Insect Pests*. Penerbit Universiti Sains Malaysia. 780 pp.
- Kamiya A. C. 2010.** Criação massal em dieta líquida e radioesterilização da mosca-sul-americana *Anastrepha* sp. 1 aff. *fraterculus* (Wied., 1830) (Diptera: Tephritidae). Centro de Energia Nuclear, Universidade de São Paulo, Piracicaba. P. 71.
- Leonel F. L., Zucchi R. A., Wharton R. A. 1995.** Distribution and Tephritidae host (Diptera) of Braconidae parasitoids (Hymenoptera) in Brazil. *Int. Pest. Manag. Rev.* 41: 208-213.
- Lopéz O. P., Hénaut Y., Cancino J., Lambin M., Cruz-López L., Rojas J. C. 2009.** Is host size an indicator of quality in the mass-reared parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae)? *Fla. Entomol.* 92: 441-449.
- Maia A. H. N., Luiz A. J. B., Campanhola C. 2000.** Statistical inference on associated fertility life parameters using jackknife technique: computational aspects. *J. Econ. Entomol.* 93: 511-518.
- Malavasi A., Nascimento A. S. 2003.** Programa Biofábrica Moscamed Brasil In: Simpósio de Controle Biológico, 8., Água de São Pedro. Resumos... Águas de São Pedro: SEEB, p.52.

Manoukis N., Geib S., Seo D., Mckenney M., Vargas R., Jang E. 2011. An optimized protocol for rearing *Fopius arisanus*, a parasitoid of tephritid fruit flies. J. Vis. Exp. 53:1-4.

Mapa 2015. Nota técnica para divulgação de investimento no controle de moscas-das-frutas de 2015. In: Programa Nacional de Combate às Moscas-das-Frutas – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em:<<http://www.agricultura.gov.br/comunicacao/noticias/2015/09/ministra-anuncia-rs-128-milhoes-para-combate-as-moscas-das-frutas>> Acesso em: 26/11/2015.

Meirelles R. F., Redaelli L. R., Ourique S. B. 2013. Comparative Biology of *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) Reared on *Anastrepha fraterculus* and *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). Fla. Entomol. Soc. 96: 412-418.

Nunes A. M., Costa K. Z., Faggioni K. M., Costa M. L. Z., Gonçalves R. S., Walder J. M. M., Garcia M. S., Nava D. E. 2013. Dietas artificiais para a criação de larvas e adultos da mosca-das-frutas sul-americana. Pesq. Agropec. Brasil. 48: 1309-1314.

Ovruski S., Aluja M., Sivinski J., Harton W. 2000. Hymenoptera parasitoids on fruit-infesting Tephritidae (Diptera) in Latin America and Southern United States: diversity, distribution, taxonomic status and their use in fruit fly biological control. Int. Pest. Manag. Rev. 5: 81-107.

Paranhos B. A. J., de Sá L. A. N., Manoukis N. C., Prado S. S., Morelli R., Nava D. E., Lima A. L., Jang E. E. 2013. Competição interespecífica entre o parasitoide exótico *Fopius arisanus* e o nativo *Doryctobracon areolatus* (Hymenoptera: Braconidae) em *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae). 13º Simpósio de Controle Biológico, Bonito – MT.

Quimio G. M., Walter G. H. 2001. Host preference and host suitability in an egg-pupal fruit y parasitoid, *Fopius arisanus* (Sonan) (Hym.: Braconidae). J. Appl. Ent. 125: 135-140.

Ramadan M. M. 2004. Mass-rearing biology of *Fopius vandenboschi* (Hym.: Braconidae). J. Appl. Entomol. 128: 226-232.

- Ramadan M. M., Wong T. T. Y., McInnis D. O. 1994.** Reproductive biology of *Biosteres arisanus* (Sonan), an egg-larval parasitoid of the oriental fruit fly. *Biol. Control* 4, 93–100.
- 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/>.
- Salles L. A. B. 1992.** Metodologia de criação de *Anastrepha fraterculus* (Wiedmann, 1830) (Diptera: Tephritidae) em dieta artificial em laboratório. *A. Soc. Entomol. Brasil.* 21: 479-486.
- SAS® Institute. 2000.** SAS System - SAS/STAT. computer program, version 9.2. By SAS Institute, Cary, NC.
- Steidle J. L. M., Van Loon J. J. A. 2002.** Chemo ecology of parasitoid and predator oviposition behavior, pp. 291-317. *In:* Hilker, M, e T. Meiners. (eds.) Chemo ecology of insect eggs and egg deposition. Blackwell Publishing, Berlin.
- Tang X., Meng L., Kapranas A., Xu F., Hardy L. C. H., Li E. B. 2014.** Mutually beneficial host exploitation and ultra-biased sex ratios in parasitoids. *Nat. Commun* 5: 1-7.
- Uchôa M. A. 2012.** Fruit flies (Diptera: Tephritoidea): biology, host plants, natural enemies, and the implications to their natural control, pp. 271-301 *In:* Larramendy, M. L, e S. Soloneskii. Integrated pest management and pest control: current and future tactics. Intech, Croácia.
- Van den Bosch R., Haramoto F. H. 1953.** Competition among parasites of the oriental fruit fly. *Proc. Hawaii. Entomol. Soc.* 15: 201-206.
- Vargas R. I., Ramadan M., Hussain T., Mochizuki T., Bautista R. C., Stark J. D. 2002.** Comparative demography of six fruit fly (Diptera: Tephritidae) parasitoids (Hymenoptera: Braconidae). *Bio. Control* 25: 30-40.

Wang X. G., Messing R. H. 2003. Intra- and interspecific competition by *Fopius arisanus* and *Diachasmimorpha tryoni* (Hymenoptera: Braconidae), parasitoids of tephritid fruit flies. *Bio. Control* 27: 251-259.

Wharton R. A., Gilstrap F. E. 1983. Key to and status of Opiinae braconid (Hymenoptera) parasitoids used in biological control of *Ceratitis* and *Dacus* s.l. (Diptera: Tephritidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 76: 721–742.

Zenil M., Liedo T., Williams J., Valle J., Cancino A. N., Montoya D. P. 2004. Reproductive biology of *Fopius arisanus* (Hymenoptera: Braconidae) on *Ceratitis capitata* and *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae). *Bio. Control* 29: 169-178.

Tabela 1. Valores médios (\pm EP) do número de descendentes, razão sexual, percentual de parasitismo e percentual de emergência de *Fopius arisanus* criado sobre os hospedeiros *Anastrepha fraterculus* e *Ceratitis capitata*. Temperatura de $25\pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa do ar de $70\pm 10\%$ e fotofase de 12h.

| Parâmetros biológicos | Hospedeiro | | gl | Fc | P |
|---------------------------------------|-------------------------------|---------------------------|----|--------|----------|
| | <i>Anastrepha fraterculus</i> | <i>Ceratitis capitata</i> | | | |
| Número de descendentes ⁽¹⁾ | 53 \pm 1,98 a | 123 \pm 1,16 a | 1 | 210,09 | < 0,0001 |
| Razão sexual ⁽²⁾ | 0,4980 a | 0,6300 a | 1 | 53,69 | --- |
| Parasitismo (%) ⁽³⁾ | 16 \pm 2,12 b | 42 \pm 3,16 a | 1 | 240,12 | < 0,0001 |
| Emergência (%) ⁽³⁾ | 62,8 \pm 1,65 b | 83,3 \pm 0,76 a | 1 | 293,58 | < 0,0002 |

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra na linha 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 e teste de Qui-quadrado ($P \leq 0,05$).

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

gl - graus de liberdade.

F - valor de F calculado.

p - p valor,

EP - Erro padrão.

Tabela 2. Valores médios (\pm EP) de duração (T), tempo de duplicação da população (Td), taxa líquida de reprodução (Ro), razão infinitesimal de aumento (r_m) e razão finita de aumento (λ) de *Fopius arisanus* criado em *Ceratitis capitata* e *Anastrepha fraterculus*. Temperatura de $25\pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa do ar de $70\pm 10\%$ e fotofase de 12h.

| Hospedeiro | T (dias) | Td (dias) | Ro(♀ / ♀) | $r_m(\text{♀} / \text{♀} \cdot \text{dia})$ | λ |
|-------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---|---------------------|
| <i>Anastrepha fraterculus</i> | $40,48 \pm 0,37$ b | $27,45 \pm 6,17$ b | $16,05 \pm 3,13$ b | $0,195 \pm 0,115$ b | $1,213 \pm 0,153$ b |
| <i>Ceratitis capitata</i> | $37,47 \pm 0,38$ a | $7,93 \pm 0,35$ a | $43,79 \pm 2,18$ a | $0,399 \pm 0,295$ a | $1,490 \pm 0,017$ a |
| Valor de p | 0,9804 | 0,7840 | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 |

Valores representam a média \pm EP obtidos a partir do método de Jacknife através do programa SAS. Para cada parâmetro avaliado, valores seguidos pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si ($P > 0,05$).

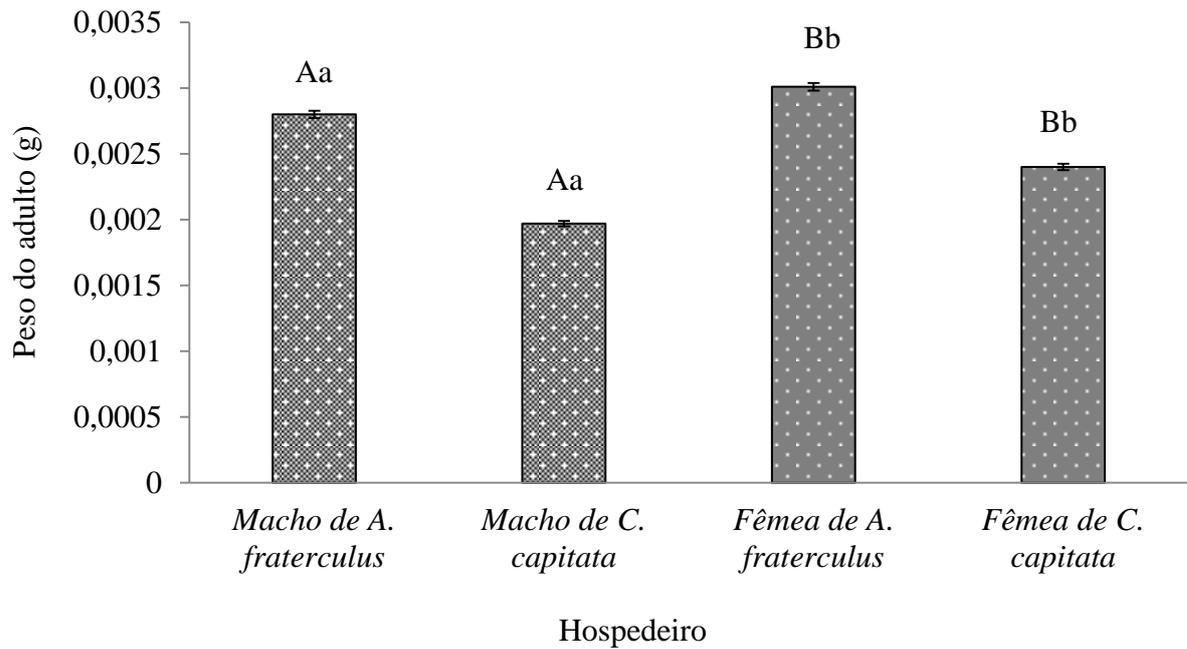


Fig. 1. Valores médios (\pm EP) do peso de adultos de *Fopius arisanus* criados em ovos de *Anastrepha fraterculus* e *Ceratitis capitata*. Temperatura de $25\pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa do ar de $70\pm 10\%$ e fotofase de 12h.

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre hospedeiro e minúsculas entre sexo pelo teste “t” ($p \leq 0,05$).

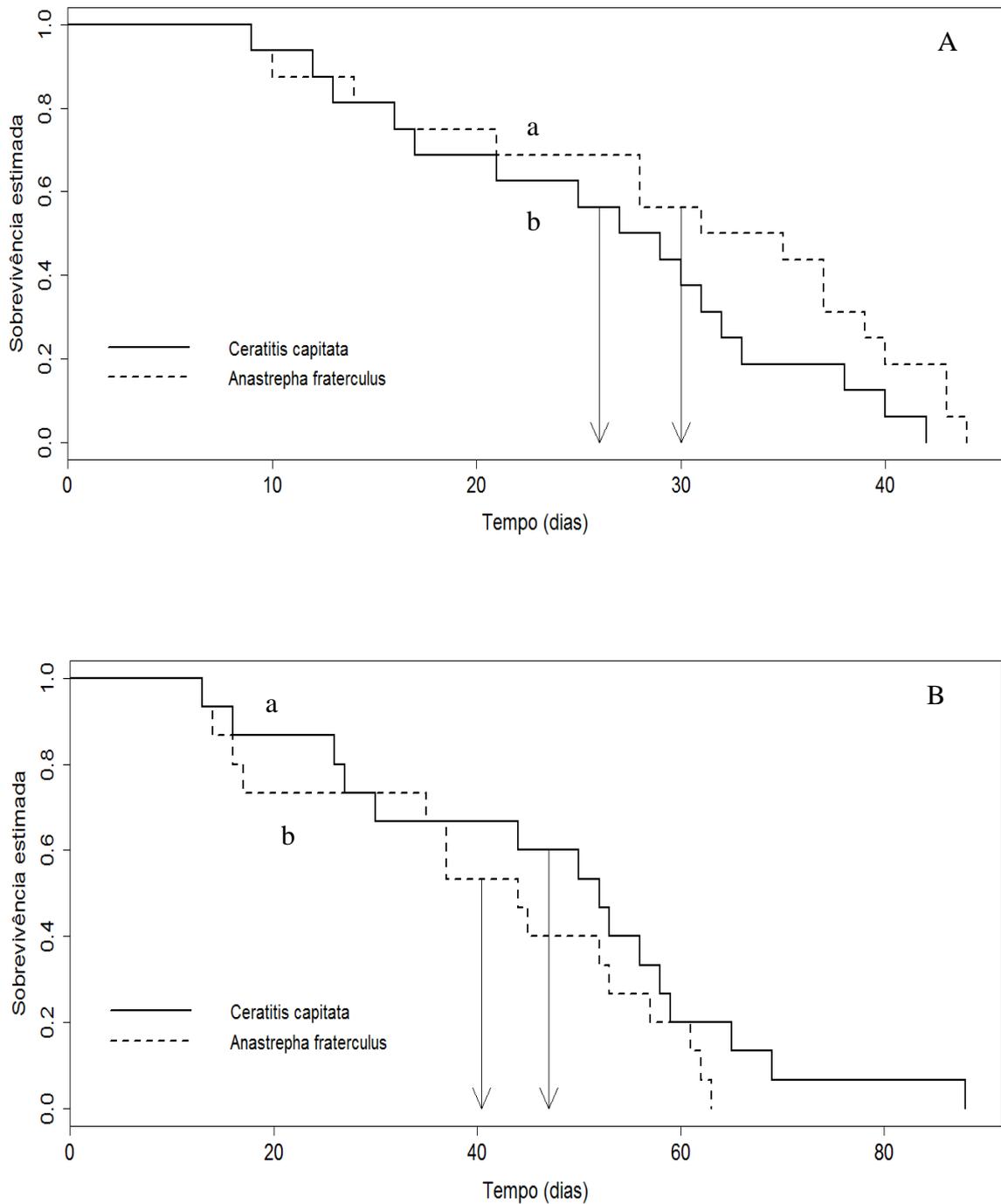


Fig. 2. Curvas de sobrevivência de fêmeas (A) e machos (B) de *Fopius arisanus* criados em *Ceratitidis capitata* e *Anastrepha fraterculus*. Temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade relativa do ar de $70\pm 10\%$ e fotofase de 12h. Curvas identificadas com as mesmas letras não diferem significativamente entre si. Setas indicam o tempo médio de sobrevivência.

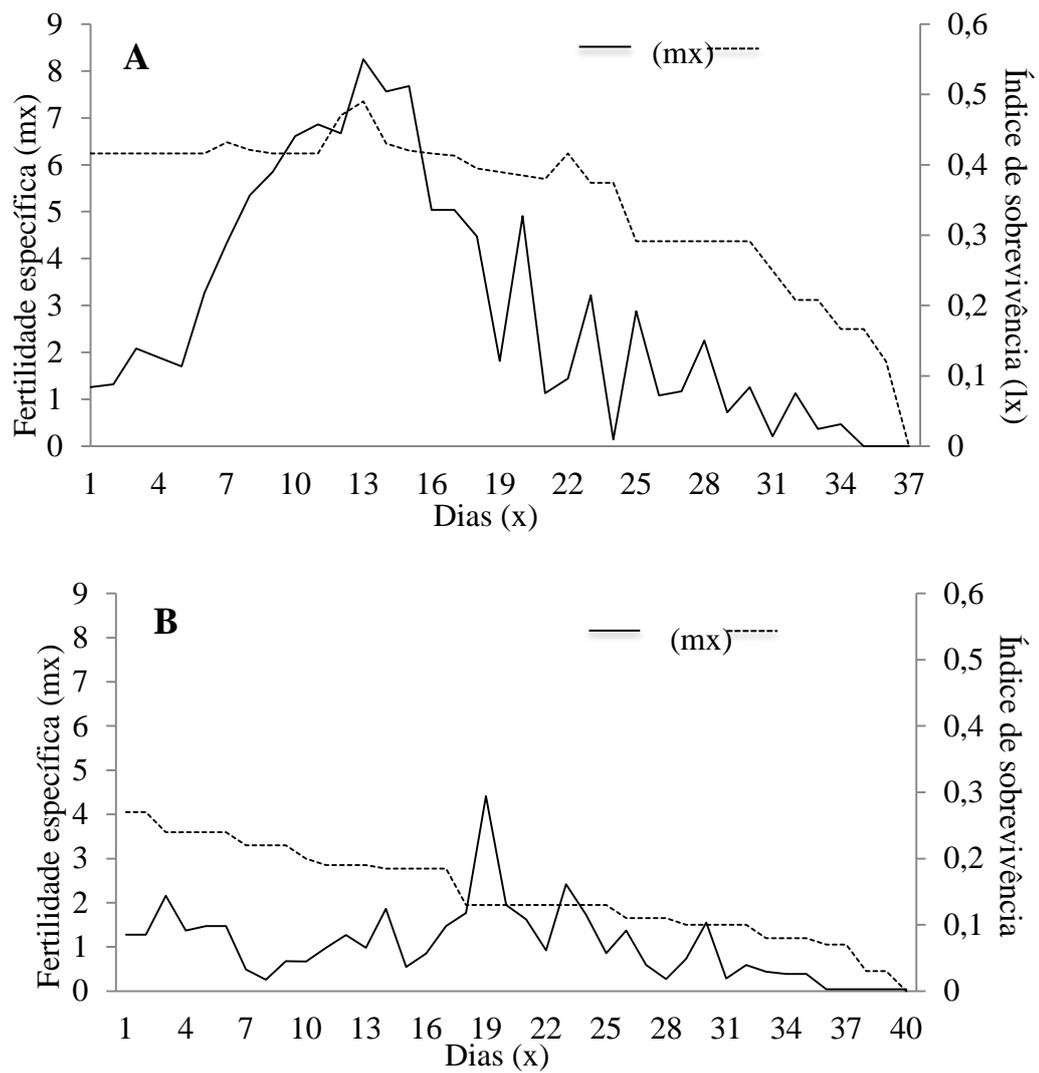


Fig. 3. Relação entre fertilidade específica (mx) e taxa de sobrevivência (lx) de *Fopius arisanus* criados em ovos de *Ceratitidis capitata* (A) e *Anastrepha fraterculus* (B). Temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade relativa do ar de $70\pm 10\%$ e fotofase de 12h.

ARTIGO 2 - Revista: Annals of the Entomological Society of America

3 - Artigo 2

Biologia e exigências térmicas de *Fopius arisanus* (Sonan, 1932) (Hym.: Braconidae) em ovos de *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1830) (Dip.: Tephritidae)

Martin Zanchett Groth¹, Alci Enimar Loeck¹, Sandro Daniel Nörnberg¹, Dori Edson Nava².

¹ Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Departamento de Fitossanidade, Caixa Postal 354, CEP 96010-900 Pelotas, RS, Brasil. E-mail: martinzg07@hotmail.com, alcienimar@yahoo.com.br, sandro_ufpel@hotmail.com

² Embrapa Clima Temperado, BR 392, KM 78, Caixa Postal 403, CEP 96010-970 Pelotas, RS, Brasil. E mail: dori.edson-nava@embrapa.br

RESUMO: *Fopius arisanus* (Sonan) (Hymenoptera: Braconidae) é um parasitoide solitário de ovos e larvas de primeiro instar de moscas-das-frutas. O objetivo do trabalho foi estudar a biologia em diferentes temperaturas e determinar as exigências térmicas quando criado em ovos de *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Dipetera: Tephritidae). O estudo foi realizado em câmaras climatizadas nas temperaturas de 15, 18, 20, 22, 25, 28, 30 e 32 ± 1°C, umidade relativa do ar de 70 ± 10% e fotofase de 12 horas. O maior número de descendentes foi

verificado nas temperaturas de 22°C (21 parasitoides) e 25°C (22 parasitoides). A maior razão sexual foi de 0,78 e 0,62 nas temperaturas de 15 e 18°C, respectivamente. A melhor porcentagem de emergência foi obtida nas temperaturas de 22°C (85%) e 25°C (83%). A duração do ciclo biológico (ovo-adulto) foi inversamente proporcional à temperatura, variando de 21 a 47 dias na faixa térmica de 30 a 15°C, respectivamente. O limite térmico inferior de desenvolvimento ou temperatura base (T_b) e a constante térmica (K) para *F. arisanus* multiplicado em *C. capitata* foi de 10,3°C e de 488,34 graus-dias, respectivamente. O número de gerações foi inversamente proporcional às temperaturas estudada, obtendo variação de 2,69 gerações/ano (15°C) a 6,43 gerações/ano (30°C). Conclui-se que o parasitoide *F. arisanus* possui um melhor desenvolvimento nas temperaturas de 22 a 25°C e as exigências térmicas são próximas a dos outros parasitoides braconídeos de moscas-das-frutas.

Palavras-chave: controle biológico, parasitoides de ovos, temperatura base, constante térmica.

Biology and thermal requirements of *Fopius arisanus* (Sonan, 1932) (Hym.:Braconidae) on eggs of *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Dip.: Tephritidae) in the laboratory

ABSTRACT: *Fopius arisanus* (Sonan) (Hymenoptera: Braconidae) is a lonely endoparasitoid eggs and first instar larvae of flies of the fruit. The objective was to study biology at different temperatures and determine the thermal requirements when created in eggs of *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). The study was conducted in climatic chambers at temperatures of 15, 18, 20, 22, 25, 28, 30 and 32 ± 1°C, relative humidity of 70 ± 10% and photoperiod of 12 hours. The higher number of offspring was observed at temperatures of 22°C (21 parasitoids) and 25°C (22 parasitoids) as derived from

C. capitata. Most sex ratio was 0,78 and 0,62 at temperatures of 15 and 18°C respectively. The duration of the biological cycle (egg-adult) was inversely proportional to temperature, ranging from 21 to 47 days in the temperature range 30 to 15°C, respectively. The lower thermal threshold (Tb) and the thermal constant (K) for *F. arisanus* multiplied in *C. capitata* was 10,3°C and 488,34 degree days, respectively. The generation number was inversely proportional to the temperatures studied, obtaining variation generations 2,69 / year (15°C) to 6,43 generations / year (30°C). Through the analysis of all the variables studied, the parasitoid *F. arisanus* has a better development in the 22 to 25°C temperature ranges.

Keywords: biological control, parasitoid eggs, threshold temperature, thermal constant.

Introdução

No Brasil, a mosca-do-mediterrâneo *Ceratitidis capitata* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) é considerada um dos principais insetos pragas associada a fruticultura por estar distribuída praticamente em quase todo o território nacional e pelo fato de ser polífaga (Alvarenga et al. 2007, Zucchi, 2015). Os danos ocasionados por essa praga têm inviabilizado as exportações de frutas para outros países que não tem registros de sua ocorrência (Malavasi e Nascimento 2003, Aluja e Mangan 2008).

No Brasil, o controle de moscas-das-frutas tem sido realizado com a utilização de inseticidas fosforados (Scoz et al. 2004). Entretanto, nos últimos anos tem aumentado o uso de formulações a base de iscas tóxicas (proteína hidrolisada associado a um inseticida), com o intuito de reduzir as aplicações de inseticidas em área total e pela exigência dos mercados consumidores de frutas por alimentos livres de produtos químicos (Nava e Botton 2010, Harter et al. 2015). Estas razões têm contribuído para o aumento do uso do controle biológico de tefritídeos-praga, especialmente com parasitoides (Ovruski et al. 2003).

Dentro deste contexto, destaca-se o *Fopius arisanus* (Sonan, 1932) (Hymenoptera: Braconidae), considerado um parasitoide de ovos e larvas de primeiro instar que está sendo utilizado em programas de controle biológico de *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae) no Havaí, EUA (Manoukis et al. 2011). No Brasil, *F. arisanus* foi importado em 2012 para o programa de controle biológico de *Bactrocera carambolae* (Drew & Hancock, 1994) (Diptera: Tephritidae), praga quarentenária presente na região Norte do país, mais precisamente nos estados do Amapá, Pará e Roraima (MAPA, 2015). Embora, o parasitoide *F. arisanus* apresenta preferência para ovos e larvas de moscas-das frutas do gênero *Bactrocera*, estudos indicam que o mesmo pode ser utilizado para controle de *C. capitata* (Vargas et al. 2002, Bokonon-Ganta et al. 2007), assim como verificado em estudos realizados no Havaí (Wang e Messing 2003, Bautista et al. 2004, Zenil et al. 2004). Este parasitoide, além de ser utilizado em liberações inoculativas, também possui potencial para ser utilizado em liberações inundativa (Bautista et al. 2004, Manoukis et al. 2014).

No entanto, algumas variáveis meteorológicas, a exemplo da temperatura podem afetar seu desenvolvimento, sobrevivência e reprodução dos parasitoides, assim como, influenciar diretamente a capacidade de parasitismo como demonstrado para outros parasitoides de moscas-das-frutas a exemplo de *Aganaspis pelleranoi* (Brèthes) (Hymenoptera: Figitidae) e *Doryctobracon brasiliensis* (Szépligeti) (Hymenoptera: Braconidae) (Goncalves et al. 2013, Poncio et al. 2016). Desta forma, conhecer o desempenho de *F. arisanus* em diferentes condições térmicas é essencial para otimizar a sua criação em laboratório e auxiliar na liberação em condições de campo. Assim, o objetivo do presente trabalho foi conhecer o efeito de diferentes temperaturas no desenvolvimento de *F. arisanus* e determinar suas exigências térmicas quando criado em *C. capitata*.

Material e Métodos

Estabelecimento da criação de manutenção. Os insetos utilizados nos experimentos foram obtidos das criações estabelecidas no Laboratório de Entomologia da Embrapa Clima Temperado em salas climatizadas (Temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa do ar de $70 \pm 15\%$ e fotofase de 12 horas).

Adultos de *C. capitata* foram mantidos em gaiolas plásticas (48 cm de comprimento x 30 cm de largura x 30 cm de altura), sendo fornecido água e alimentos com dieta a base de açúcar refinado, germe de trigo e levedura de cerveja (Bionis[®] YE NS + 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 et al. 2013).

Para confecção das gaiolas de criação e obtenção dos ovos foi seguido a metodologia proposta por Gonçalves et al. (2013). Após a coleta, os ovos foram transferidos para recipientes de vidro tipo *Erlenmeyer* (500 mL) e submetidos ao processo de aeração por meio de um aerador de aquário durante um período de 24 horas. Em seguida, com auxílio de uma micropipeta de 30 μl depositou-se os ovos sobre uma tira de papel filtro (0,8 cm de largura x 8 cm de comprimento) que foi colocada sobre 300 mL de dieta artificial em recipiente plástico (24 cm comprimento x 15 cm largura x 6 cm altura) com capacidade de 1,2 L para ocorrer o desenvolvimento larval, seguindo a metodologia proposta por Salles (1992) e Nunes et al. (2013). Para cada 300 mL de dieta artificial foram inoculados 0,5 mL de solução (água + ovos), totalizando aproximadamente 9.200 ovos/recipiente. As larvas foram mantidas na dieta artificial por um período de aproximadamente 9 dias. O processo de coleta das larvas e o condicionamento das pré-pupas e pupas em vermiculita foram os mesmos proposto pela metodologia de Nunes et al. (2013).

A criação de *F. arisanus* foi estabelecida a partir de ovos de *C. capitata*. Foram ofertados aproximadamente de 2,5 mil ovos (0,2 mL) de *C. capitata* de 24 horas de idade em

um pedaço de papel filtro de 4 cm, sobreposto em um pedaço de pano esponja (Spontex[®]) no interior de uma placa de acrílico (4 cm de diâmetro e 0,2 cm de altura), utilizando um micropipetador LabMate[®] (Monocanal volume variável de 50 a 250 µl). Posteriormente, os ovos foram expostos ao parasitismo de *F. arisanus* no interior de uma gaiola (23 cm largura x 27 cm comprimento x 24 cm altura) contendo, aproximadamente 400 fêmeas e 100 machos (proporção sexual de 4:1, respectivamente). Após 6 horas de parasitismo, os ovos de *C. capitata* foram retirados das gaiolas e colocados sobre uma camada de dieta artificial (300 mL) dentro de um recipiente plástico (15 cm largura x 24 cm comprimento x 6 cm altura) com capacidade de 1,2 L litros. Decorridos 9 dias, as larvas foram retiradas da dieta e lavadas em água corrente com auxílio de uma peneira (malha 0,22 mm), sendo em seguida acondicionadas em potes plásticos (17 cm de largura x 27,6cm de comprimento x 7 cm de altura) durante um período de 9 dias sobre uma camada de vermiculita extrafina (3 cm). Posteriormente, a vermiculita foi peneirada com auxílio de uma peneira galvanizada (malha 0,29 mm) e os pupários obtidos foram armazenados em potes plásticos (13,5 cm de comprimento x 12,5 cm de largura 6,5 cm de profundidade) até a emergência dos parasitoides. Mediante o surgimento dos primeiros adultos as tampas dos potes foram removidas e colocado na parte superior uma tela com abertura de 0,25 mm para permitir somente a passagem dos parasitoides. Os parasitoides foram acondicionados em gaiolas de criações conforme descrito anteriormente, contendo água destilada fornecida via capilaridade por meio de uma tira de pano esponja vegetal sendo trocado a cada 72 horas. O alimento foi fornecido mediando uma pasta à base de mel e papel picado, durante toda a longevidade dos insetos.

Desenvolvimento de *F. arisanus* em diferentes temperaturas. Ovos com 24h de idade de *C. capitata* (aproximadamente 7.500 ovos) obtidos da criação de manutenção foram colocados no interior de placas de acrílico (4 cm de diâmetro e 0,2 cm de altura), sobre um

pedaço de papel filtro (4 cm de diâmetro) com auxílio de um micropipetador LabMate[®] (Monocanal volume variável de 50 a 250 ul) e sobreposto a um pano esponja (Spontex[®]) (4 cm de diâmetro). As placas contendo os ovos foram ofertadas para fêmeas de *F. arisanus* com 20 dias de idade em gaiolas plásticas (23 cm largura x 27 cm comprimento x 40 cm altura). Após 6 horas de exposição, as placas foram retiradas das gaiolas e com auxílio de um pincel fino retirou-se 50 ovos que foram inoculados em dieta artificial (25 mL) colocadas dentro de potes plásticos (50 mL) para ocorrer o desenvolvimento larval das moscas-das-frutas, seguindo a metodologia proposta por Salles (1992) e Nunes et al. (2013). Posteriormente, os potes plásticos foram mantidos em câmeras climatizadas nas temperaturas de 15, 18, 20, 22, 25, 28, 30 e 32°C, umidade relativa do ar de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas para cada temperatura testada. No estágio de pré-pupa, os insetos foram retirados da dieta artificial utilizando-se uma peneira e água corrente, conforme descrito anteriormente, para a criação de manutenção para o estágio de larva de moscas-das-frutas. As pré-pupas obtidas nas diferentes temperaturas foram transferidas para potes de acrílico (2,5 cm de diâmetro x 4,5 cm de altura), contendo uma camada de vermiculita extrafina (1 cm) umedecida para ocorrer a pupação nas mesmas temperaturas avaliadas para o desenvolvimento larval. Próximo da emergência dos parasitoides e dos possíveis adultos de moscas-das-frutas foram realizadas avaliações diárias para registrar a data de emergência dos parasitoides. Os pupários intactos que não foi observado à emergência de insetos (moscas-das-frutas ou parasitoides) foram dissecados com auxílio de pinça para verificar a presença de parasitoides.

Os parâmetros biológicos avaliados foram: duração do período ovo-adulto, número de descendentes, peso dos adultos, porcentagem de emergência e razão sexual de *F. arisanus*. O número de descendentes foi obtido pela equação: $ND = \text{número de parasitoides emergidos} + \text{número de parasitoides não emergidos}$, o peso de adultos foi determinado mediante a utilização de uma balança Ohaus Explorer[®] modelo SQ17 com cinco casas decimais e a razão

sexual (rs) foi determinada utilizando a equação: $rs = (\text{número de fêmeas})/(\text{número de fêmeas} + \text{número de macho})$. Para o percentual de emergência foi utilizada a seguinte equação: $E (\%) = (\text{número de parasitoides emergidos})/(\text{número de descendentes}) \times 100$. A duração da emergência foi calculada determinando o tempo da emergência do primeiro parasitoide ao último de cada tratamento.

Exigências térmicas. A partir da duração média dos períodos de desenvolvimento ovo-adulto de *F. arisanus* nas diferentes temperaturas, estimou-se o limiar térmico inferior de desenvolvimento (T_b) e a constante térmica (K), pelo método da hipérbole.

Número de gerações. Com base na limiar térmica inferior de desenvolvimento (T_b) e na constante térmica (K), estimou-se o provável número anual de gerações de *F. arisanus* multiplicado em *C. capitata*.

Análise estatística. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com sete tratamentos (temperaturas) e 20 repetições por tratamento, sendo cada repetição constituída por 50 ovos. Os dados da variável número de descendentes (ND) foram submetidos à análise de variância, sendo esta realizada pelo procedimento GLM do SAS® (SAS Institute, 2000), e as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de significância (SAS Institute, 2000). Os resultados relativos à razão sexual foram analisados pelo teste de Qui-quadrado (χ^2) ($P < 0,05$) SAS® (SAS Institute, 2000). Os dados referentes à porcentagem de emergência (E%) foram submetidos à análise de variância, sendo esta realizada pelo procedimento GLM do SAS® (SAS Institute, 2000), e as médias foram comparadas pelo teste t ($P \leq 0,005$). Os dados de duração do período foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste Tukey ($P \leq 0,05$). As exigências térmicas de *F. arisanus* foram

estimadas utilizando o método da hipérbole, sendo os cálculos realizados pelo software SAS® (SAS Institute, 2000),

Resultados e Discussão

O número médio de descendentes de *F. arisanus* obtido em ovos de *C. capitata* foi maior nas temperaturas de 22 e 25°C (21 e 22 parasitoides, respectivamente), diferindo significativamente das demais temperaturas ($F = 145,92$; g.l. = 6; $P < 0,0001$) (Tabela 1). Estes resultados se assemelham ao encontrado por Zenil et al. (2004) que obtiveram valor médio de 117,5 descendentes de *F. arisanus* em *C. capitata* a 25°C e de Ramadan (2004) que observaram em média 139 descendentes de *Fopius vandenboschi* (Fullaway) (Hymenoptera: Braconidae) em *C. capitata* a 24°C. Entretanto, difere do resultado de Harris et al. (2007) onde obtiveram 85 descendentes de *F. arisanus* em *C. capitata* a 25°C. Para Khaliq et al. (2014) a temperatura ideal de desenvolvimento situa-se próximo aos 25°C, em geral, correspondendo ao máximo de desenvolvimento e maior número de descendentes, corroborando com os resultados obtidos neste experimento, que obteve melhor número de descendentes nas condições térmicas de 22 e 25°C.

Para a razão sexual, maior percentual de fêmeas de *F. arisanus* foram obtido nas temperaturas de 15 e 18°C para *C. capitata* (0,78; 0,73, respectivamente) diferindo significativamente das demais temperaturas ($X^2 = 263,40$; g.l. = 6; $P < 0,0001$) (Tabela 1). A maior razão sexual em temperaturas extremas pode estar relacionada à fisiologia do inseto durante o período de desenvolvimento embrionário. Em temperaturas baixas o inseto apresenta baixa atividade metabólica, podendo ser um precursor favorável a um maior número de fêmeas (Hance et al. 2007), fato que pode ter ocorrido no presente estudo. Wang e Messing (2003) obtiveram razão sexual de 0,40 a 25°C, sendo o resultado inferior ao encontrado neste trabalho para esta temperatura, enquanto, Quimio e Walter (2001) obtiveram razão sexual de

0,82 para *F. arisanus* multiplicado em *Bactrocera jarvisi* (Tryon) e 0,76 em *Bactrocera tryoni* (Froggatt) (Diptera: Tephritidae), embora sejam espécies diferentes. O percentual de emergência dos parasitoides foi maior nas temperaturas de 22°C (85%) e 25°C (83%), diferindo significativamente das demais temperaturas estudadas ($F= 88,34$; g.l= 6; $P<0,0007$) (Tabela 1). Calvitti et al. (2002), obteve 28% de emergência de *F. arisanus* multiplicado em ovos de *Bactrocera oleae* (Gmelin) (Diptera: Tephritidae) em temperatura de 25°C. Bautista et al. (2001), obteve 71% de emergência em *F. arisanus* multiplicado em *Bactrocera dorsalis* em temperatura de 24°C, os resultados obtidos para ambos autores foram inferiores ao obtido neste trabalho.

Para a variável peso de adulto de *F. arisanus* multiplicado em *C. capitata*, foi verificado que os parasitoides mais pesados foram obtidos nas temperaturas de 20°C (0,00266g), 22°C (0,00267g) e 25°C (0,00278g), tanto para os insetos machos, assim como para as fêmeas (0,00270g, 0,00280 e 0,00286g, respectivamente), diferindo significativamente em relação as demais temperaturas ($F= 54,31$; g.l= 6; $P< 0,0001$; $F= 53,71$ g.l= 6; $P< 0,0002$, respectivamente) (Tabela 2). Gonçalves et al. (2014) estudando a biologia de *A. pelleranoi* observaram que parasitoides multiplicados em *A. fraterculus* apresentaram maior peso quando comparado a parasitoides multiplicados em *C. capitata*. Estes resultados demonstram que o tamanho do hospedeiro não influenciou na qualidade do parasitismo, dado que na temperatura de 22 e 25°C, fêmeas de *C. capitata* proporcionaram ótimos resultados para número de descendentes, razão sexual e emergência.

A duração do período de desenvolvimento de ovo-adulto de *F. arisanus* multiplicado em *C. capitata* apresentou diferença significativa entre as temperaturas estudadas com variação de 47 a 21 dias (15 – 30°C, respectivamente) ($F= 316,28$; g.l. = 6; $P< 0.0001$) (Figura 1). Segundo Dixon et al. (2009) a temperatura na qual o desenvolvimento de um inseto começa a diminuir constitui seu limite térmico superior ou inferior. Assim como, neste

trabalho, observou-se que à medida que decresce a temperatura, houve um aumento na duração do período de desenvolvimento. No entanto, quando houve acréscimo da temperatura (30 e 32°C) não ocorreu desenvolvimento embrionário, indicando que este deve ser o limite máximo tolerável ao desenvolvimento de *F. arisanus*. Este comportamento também foi observado para *Psytalia ponerophaga* (Silvestri) (Hymenoptera: Braconidae) em *Bactrocera oleae* (Rossi) (Diptera: Tephritidae) (Simeet al. 2007) e para *D. brasiliensis* em larvas de *A. fraterculus* (Poncio et al. 2016).

Com base na duração média do período de desenvolvimento ovo-adulto de *F. arisanus* nas temperaturas de 15, 18, 20, 22, 25, 28 e 30°C, determinou-se que o limite térmico inferior de desenvolvimento (T_b) foi de 10,3 quando multiplicado em *C. capitata*, correspondendo a uma constante térmica (K) de 488,34 graus-dias (Figura 2). A temperatura base e a constante térmica encontrada para *F. arisanus* foram superior aos valores determinados por Ricaldi et al. (2011) para *C. capitata* (9,6 e 328, respectivamente), considerando o principal hospedeiro deste parasitoide. Para o controle biológico desta praga, esta diferença de temperatura base e constante térmica é muito importante para o manejo a campo, devido a possibilidade do parasitoide poder causar efeitos positivos na população da praga, já que *F. arisanus* apresenta sua temperatura ótima para o desenvolvimento dentro do intervalo estimado para *C. capitata*. Meirelles et al. (2015) estudando as exigências térmicas de *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) determinaram que a T_b foi de 12,5°C para *A. fraterculus* e 11,6°C para *C. capitata*. Gonçalves et al. (2014) ao estudarem as exigências térmicas de *A. pelleranoi* em *A. fraterculus* determinaram uma T_b de 11,69 e K de 391,70 graus-dias e T_b de 10°C e K de 303,2 graus-dia para *D. brasiliensis* em larvas de *A. fraterculus* (Poncio et al. 2014).

Com base na T_b e na K o número estimado de gerações anuais de *F. arisanus* nas temperaturas de 15, 18, 20, 22, 25, 28 e 30°C foi de 2,69, 3,83, 4,43, 4,95, 5,6, 6,13, 6,43

gerações/ano, respectivamente (Tabela 3). A estimativa do número anual de gerações nos permite evidenciar que o parasitoide apresentaria desenvolvimento em diferentes regiões. Porém, tal resultado precisa ser validado em campo, visto que além da temperatura, outros fatores podem influenciar o estabelecimento e adaptação da população de *F. arisanus*, a exemplo de umidade, fotofase e cultura visto que o período de desenvolvimento de ovo-adulto de *C. capitata* pode variar conforme o fruto (Zanardi et al. 2011).

Bursell (1974) destaca que baixas temperaturas afetam a velocidade de desenvolvimento do inseto, causando um aumento do ciclo biológico. Para tanto, a velocidade de desenvolvimento de *F. arisanus* aumentou no hospedeiro à medida que houve a elevação da temperatura, exibindo uma correlação linear positiva (Figura 2). Com base nos resultados obtidos, determinou-se que temperaturas de 22 e 25°C foram mais favoráveis para o desenvolvimento biológico do parasitoide e que as exigências térmicas obtidas para *F. arisanus*, indicam que a condição térmica favorável para criação e multiplicação situa-se próximo à faixa térmica de 21°C. Visando programas de liberação deste parasitoide em regiões com ocorrência de *B. carambolae* a exemplo do Amapá, Roraima e Pará, *F. arisanus* apresentaria bom desenvolvimento biológico, visto que, a temperatura média anual destes Estados situa-se na faixa térmica de 26 a 28°C (INMET, 2012).

Agradecimentos

A Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado. A Embrapa Clima Temperado pela disponibilidade de equipamentos e estrutura.

Referências citadas

- Alvarenga C. D., Silva M., Lopes G. N., Lopes E. R., Brito E. S., Querino R. B., Matrangolo C. A. R. 2007.** Ocorrência de *Ceratitis capitata* Wied. (Diptera: Tephritidae) em frutos de mamoeiro em Minas Gerais. Neotrop. Entomol. 36: 807-808.
- Aluja M., Mangan R. L. 2008.** Fruit fly (Diptera: Tephritidae) host status determination: critical conceptual, methodological, and regulatory considerations. Annu. Rev. Entomol. 53: 473-502.
- Bautista R. C., Harris E. H., Vargas R. I. 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.
- Bautista R. C., Harris E. J., Vargas R. I., Jang E. B. 2004.** Parasitization of melon fly (Diptera: Tephritidae) by *Fopius arisanus* and *Psytalia fletcheri* (Hymenoptera: Braconidae) and the effect of fruit substrates on host preference by parasitoids. Bio. Control, 30: 156–164.
- Bokonon-Ganta A. H., Ramadan M. M., Messing R. H. 2007.** Reproductive biology of *Fopius ceratitivorus* (Hymenoptera: Braconidae), an egg–larval parasitoid of the mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). Bio. Control. 41: 361–367.
- Bursell E. 1974.** Environment aspects: Temperature. In: Rockstein, M. The Physiology of Insect. 2° ed. New York: Academic Press, p.1-41.
- Calvitti M., Antonelli M., Moretti R., Bautista R. C. 2002.** Oviposition response and development of the egg-pupal parasitoid *Fopius arisanus* on *Bactrocera oleae*, a tephritid fruit fly pest of olive in the Mediterranean basin. Entomol. Exp. Appl. 102: 65–73.
- Dixon A. F., Honek A., Keil P., Kotela M. A. A., Sizling A. L. Jarosik V. 2009.** Relationship between the minimum and maximum temperature thresholds for development in insects. Funct. Ecol. 23: 257–264.

Goncalves R. S., Nava D. E., Pereira H. C., Lisboa H., Grutzmacher A. D., Valgas R. A. 2013. Biology and fertility life table of *Aganaspis pelleranoi* (Hymenoptera: Figitidae) in larvae of *Anastrepha fraterculus* and *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 106: 791-798.

Gonçalves R. S., Nava D. E., Andreazza F., Lisbôa H., Nunes A. M., Grützmacher A. D., Valgas R. A., Maia A. H. N., Pazianotto R. A. A. 2014. Effect of Constant Temperatures on the Biology, Life Table, and Thermal Requirements of *Aganaspis pelleranoi* (Hymenoptera: Figitidae), a Parasitoid of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae). Environ. Entomol. 43: 491-500.

Hance T., Baaren J. V., Vernon P., Boivin G. 2007. Impact of extreme temperatures on parasitoids in a climate change perspective. Annu. Rev. Entomol. 52: 107-26.

Harter, W. R., Botton M., Nava D. E., Grutzmacher A. D., Gonçalves R. S., Machota JR., Bernardi D., Zanardi O. Z. 2015. Toxicities and residual effects of toxic baits containing spinosad or malathion to control the adults *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae). Fla. Entomol. 98: 202-208.

Harris E. J., Bautista R. C., Vargas R. I., Jang E. E. B. 2007. Rearing *Fopius arisanus* (Sonan) (Hymenoptera: Braconidae) in mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae). Hawaii. Entomol. Soc. 39: 121-126.

Inmet. 2004. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <www.inmet.gov.br>. acesso em: 12 jan. 2016.

Khaliq A., Javed M., Sohail M., Muhamand S. 2014. Environmental effects on insects and their population dynamics. J. Entomol. Zool. Stud. 2: 1-7.

Kamiya A. C. 2010. Criação massal em dieta líquida e radio esterilização da mosca-sul-americana *Anastrepha* sp. 1aff. *Fraterculus* (Wied., 1830) (Diptera: Tephritidae). Universidade de São Paulo, Piracicaba.

- Malavasi A., A. S. Nascimento.** 2003. Programa Biofábrica Moscamed Brasil. In: 8º Simpósio de Controle Biológico. Águas de São Pedro. Sociedade Entomológica do Brasil, p.52. protocol for rearing *Fopius arisanus*, a parasitoid of tephritid fruitflies. J. Vis. Exp. 51: 1-4.
- Manoukis N. C., Geib S. M., Vargas, R. I.** 2014. Effect of host *Bactrocera dorsalis* sex on yield and quality of the parasitoid *Fopius arisanus*. Bio. Control 59: 395-402.
- Manoukis N., Geib S., Seo D., Mckenney M., Vargas R., Jang E.** 2011. An optimized protocol for rearing *Fopius arisanus*, a parasitoid of tephritid fruit flies. J. Visual. Exper. 53: 1-4.
- Mapa (2015).** Nota técnica para divulgação de investimento no controle de moscas-das-frutas de 2015. In: Programa Nacional de Combate às Moscas-das-Frutas – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em:<<http://www.agricultura.gov.br/comunicacao/noticias/2015/09/ministra-anuncia-rs-128-milhoes-para-combate-as-moscas-das-frutas>> Acesso em: 26/11/2015.
- Meirelles R. N., Redaelli L. R., Ourique C. B.** 2015. Thermal requirements and annual number of generations of *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) reared in the south american fruit fly and the mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae). Fla. Entomol. 98: 1223-1226.
- Nava D. E., Botton M.** 2010. Bioecologia e controle de *Anastrepha fraterculus* e *Ceratitis capitata* em pessegueiro. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. 29p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 315).
- Nunes A. M., Costa K. Z., Faggioni K. M., Costa M. L. Z., Gonçalves R. S., Walder J. M. M., Garcia M. S., Nava D. E.** 2013. Dietas artificiais para a criação de larvas e adultos da mosca-das-frutas sul-americana. Pesq. Agropec. Brasil. 48: 1309-1314.

- Ovruski S. M., Colin C., Soria A., Oroño L. E., 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.
- Poncio S., Nunes A. M., Goncalves R. S., Lisboa H., Manica-Berto R., Garcia M. S., Nava D. E. 2016.** Biology of *Doryctobracon brasiliensis* at different temperatures: development of life table and determining thermal requirements. J. Appl. Entomol. (artigo aceito).
- Quimio G. M., Walter G. H. 2001.** Host preference and host suitability in an egg-pupal fruit y parasitoid, *Fopius arisanus* (Sonan) (Hym.: Braconidae). J. Appl. Ent. 125: 135-140.
- Ramadan M. M. 2004.** Mass-rearing biology of *Fopius vandenboschi* (Hym.: Braconidae). J. Appl. Entomol. 128: 226-232.
- Ricaldi M. P., Nava D. E., Loeck A. E., Donatti M. G. 2011.** Temperature-dependent development and survival of Brazilian populations of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata*, from tropical, subtropical and temperate regions. J. Insect. Sci. 12: 1-9.
- 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.
- SAS® Institute. 2000.** SAS System - SAS/STAT. computer program, version 9.2. By SAS Institute, Cary, NC.
- Sime K. R., Daane K. M., Kirk A., Andrews J. W., Johnson M. W., Messing R. H. 2007.** *Psytalia ponerophaga* (Hymenoptera: Braconidae) as a potential biological control agent of olive fruit fly *Bactrocera oleae* (Diptera: Tephritidae) in California. Bull. Entomol. Res. 97: 233–242.

- Scoz P. L., Botton M., Garcia M. S. 2004.** Controle químico de *Anastrepha fraterculus* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) em laboratório. Ciênc. Rural 34: 1689-1694.
- Vargas R. I., Ramadan M., Hussain T., Mochizuki T., Bautista R. C., Stark J. D. 2002.** Comparative demography of six fruit fly (Diptera: Tephritidae) parasitoids (Hymenoptera: Braconidae). Bio. Control 25: 30-40.
- Wang X. G., Messing R. H. 2003.** Intra- and interspecific competition by *Fopius arisanus* and *Diachasmimorpha tryoni* (Hymenoptera: Braconidae), parasitoids of tephritid fruit flies. Bio. Control 27: 251-259.
- Zanardi O. Z., Nava D. E., Botton M., Grützmacher A. D., Machora R. JR., Bisogin M., 2011.** Desenvolvimento e reprodução da mosca-do-mediterrâneo em caquizeiro, macieira, pessegueiro e videira. Pesq. agropec. bras. 46: 682-688.
- Zenil M., Liedo T., Williams J., Valle J., Cancino A. N., Montoya D. P. 2004.** Reproductive biology of *Fopius arisanus* (Hymenoptera: Braconidae) on *Ceratitis capitata* and *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae). Bio. Control 29: 169-178.
- Zucchi R. A.** Mosca-do-mediterrâneo, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). In: **Vilela E. F., Zucchi R. A. 2015.** Pragas Introduzidas no Brasil: Insetos e Ácaros. São Paulo: FEALQ, 2015. Cap.1.

Tabela 1. Valores médios (\pm EP) do número de descendentes (emergidos e não emergidos) e razão sexual de *Fopius arisanus* multiplicado em *Ceratitis capitata* em diferentes temperaturas. Umidade relativa do ar de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h.

| Temperatura °C | Número de descendentes ⁽¹⁾ | Razão sexual ⁽²⁾ | Emergência (%) ⁽³⁾ |
|----------------|---------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| 15 | 4,0 \pm 3,48 e | 0,78 a | 36 \pm 5,87 d |
| 18 | 9,5 \pm 2,14 d | 0,73 a | 53 \pm 4,09 c |
| 20 | 16,0 \pm 4,74 b | 0,65 b | 70 \pm 3,12 b |
| 22 | 21,0 \pm 3,48 a | 0,64 b | 85 \pm 5,10 a |
| 25 | 22,0 \pm 3,91 a | 0,63 b | 83 \pm 3,12 a |
| 28 | 13,6 \pm 1,56 c | 0,49 c | 57 \pm 5,98 c |
| 30 | 8,0 \pm 2,64 d | 0,47 c | 21 \pm 2,18 e |

⁽¹⁾ Valores representam médias \pm EP. Valores seguidos pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a $P < 0,05$.

⁽²⁾ Significativo pelo teste de Qui-quadrado (χ^2) ($P < 0,05$).

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

Tabela 2. Valores médios (\pm EP) do peso de adultos de *Fopius arisanus* criados em ovos de *Ceratitis capitata* em diferentes temperaturas. Umidade relativa do ar de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h.

| Temperatura °C | Macho | Fêmea |
|----------------|-------------------------|-------------------------|
| 15 | 0,00143 \pm 0,00009 c | 0,00156 \pm 0,00062 c |
| 18 | 0,00216 \pm 0,00014 b | 0,00225 \pm 0,00017 b |
| 20 | 0,00266 \pm 0,00069 a | 0,00270 \pm 0,00069 a |
| 22 | 0,00267 \pm 0,00063 a | 0,00280 \pm 0,00035 a |
| 25 | 0,00278 \pm 0,00002 a | 0,00286 \pm 0,00003 a |
| 28 | 0,00198 \pm 0,00004 b | 0,00205 \pm 0,00001 b |
| 30 | 0,00144 \pm 0,00004 c | 0,00148 \pm 0,00004 c |

⁽¹⁾ Valores seguidos pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a $P < 0,05$.

Tabela 3. Número provável de gerações anuais de *Fopius arisanus* com base no limiar térmico inferior de desenvolvimento (10,3). Umidade relativa do ar de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h.

| Temperatura °C | Nº estimado de gerações/ano ⁽¹⁾ |
|----------------|--|
| 15 | 2,69 |
| 18 | 3,83 |
| 20 | 4,43 |
| 22 | 4,95 |
| 25 | 5,6 |
| 28 | 6,13 |
| 30 | 6,43 |

⁽¹⁾Número de gerações de *Fopius arisanus* multiplicado em *Ceratitis capitata*

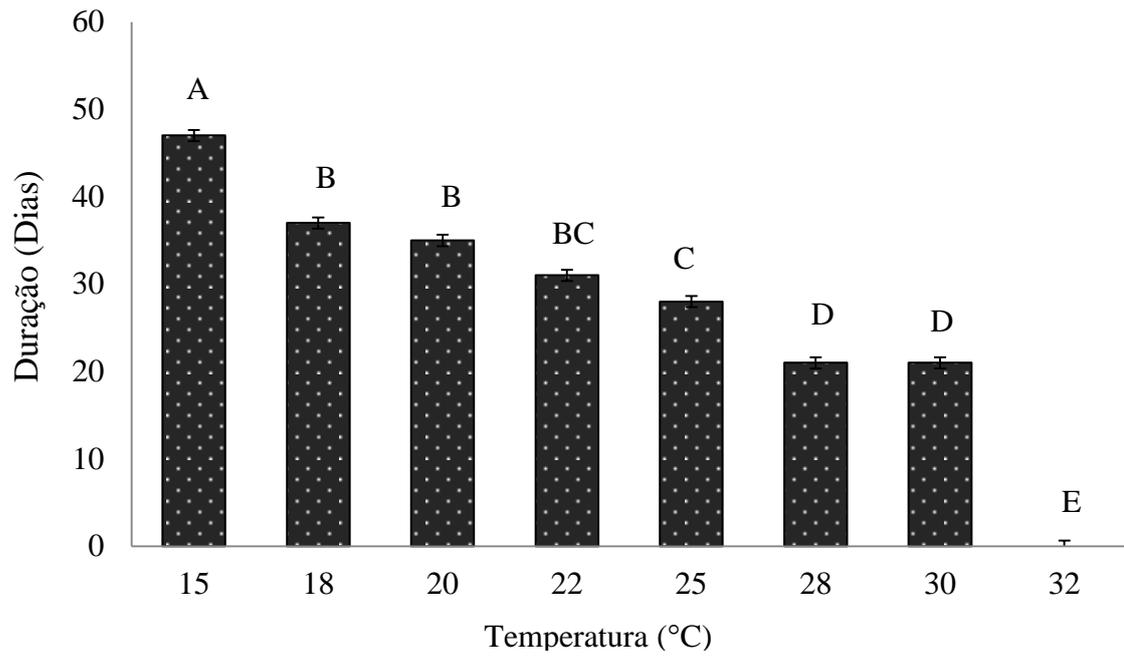


Figura 1. Duração do período ovo-adulto de *Fopius arisanus* em *Ceratitis capitata* em diferentes temperaturas. Umidade relativa do ar de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h.

Colunas seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

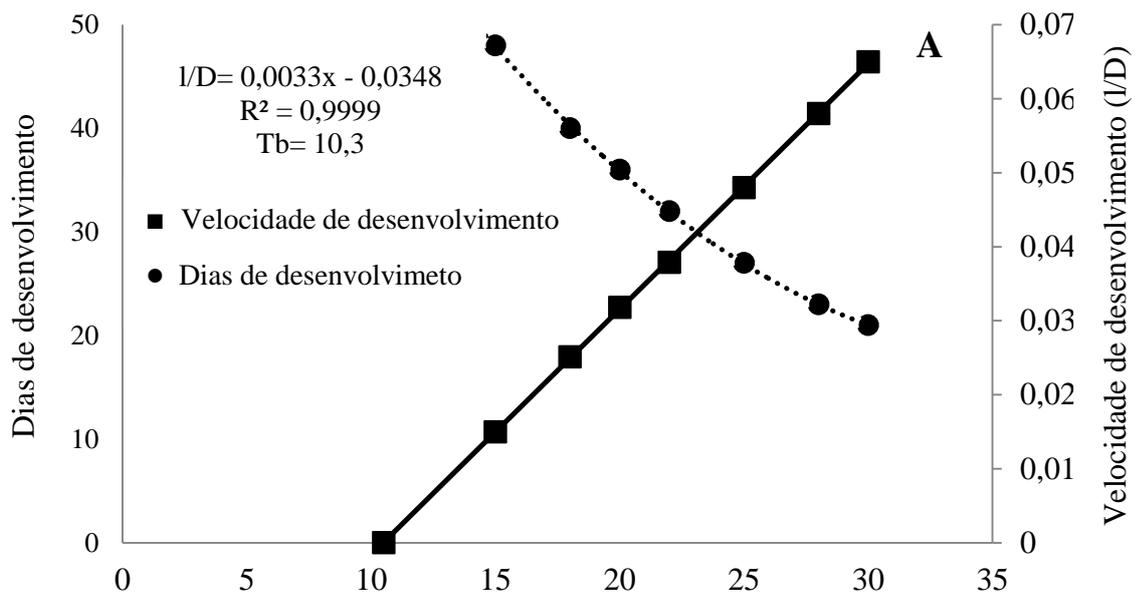


Figura 2. Curva de velocidade de desenvolvimento (dias) do período ovo-adulto de *Fopius arisanus* criado em *Ceratitis capitata* em diferentes temperaturas. Umidade relativa do ar de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h.

4 – Conclusões gerais

- Ovos de *Ceratitis capitata* possibilitam um melhor desenvolvimento das fases imaturas e adulta de *F. arisanus* em relação a *A. fraterculus*;
- Os valores da taxa líquida de reprodução (R_0), razão infinitesimal de aumento (r_m) e razão finita de aumento (λ) foram maiores quando o parasitoide foi multiplicado em ovos de *C. capitata*, enquanto que, a duração (T) e o tempo de duplicação da população (T_d) foram maiores nos parasitoides multiplicados em ovos de *A. fraterculus*.
- *Fopius arisanus* multiplicado em *Ceratitis capitata* apresenta melhor desenvolvimento das fases imaturas nas temperaturas de 22 e 25°C, apresentando melhor resultados para número de descendentes, emergência e peso de adulto.
- Temperaturas entre 30 e 32°C não permitiram o desenvolvimento do período pré-imaginal de *F. arisanus*;
- O limiar térmico inferior de desenvolvimento para *F. arisanus* multiplicado em *C. capitata* foi de 10,3°C e a constante térmica (K) foi de 488,34 graus-dias. Indicando que a temperatura ideal para desenvolvimento situa-se próximo a 21°C.
- O número de gerações foi inversamente proporcional obtendo melhor resultados nas temperaturas de 30°C.

- A velocidade de desenvolvimento teve acréscimo à medida que houve um aumento na temperatura.

5– Referências gerais

ALVARENGA, C. D.; GIUSTOLIN, T.A.; QUERINO, R. B. Alternativas no controle de moscas-das-frutas. In: VENZON, M.; PAULA JÚNIOR, T.J.; PALLINI, A. A. **Tecnologias alternativas para o controle de pragas e doenças**. Viçosa: EPAMIG, 2006. 227-252p.

BOKONON-GANTA, A. H.; RAMADAN, M. M.; MESSING, R. H. Reproductive biology of *Fopius ceratitivorus* (Hymenoptera: Braconidae), an egg–larval parasitoid of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). **Biological Control**, v.41, p.361–367, 2007.

BRAZILIAN FRUIT - **Anuário Brasileiro de Fruticultura**. Produção de frutas. Gazeta. 2014. Disponível em:<file:///C:/Users/Martim/Downloads/Anu%C3%A1rio%20Frut%C3%ADcola%20%20(1).pdf>. Acesso em: 21/10/2015.

CARVALHO, R. S. Biocontrole de moscas-das-frutas: histórico, conceitos e estratégias. Cruz das Almas: Embrapa/CNPMP, 2006. 5p. **Circular Técnico**, 83.

GARCIA, F. R. M.; LARA, D. B. Análise faunística e flutuação populacional de moscas-das-frutas (Diptera, Tephritidae) em pomar cítrico no município de Dionísio Cerqueira, Santa Catarina. **Biotemas**, v.19 p.65-70, 2006.

HARTER, W. R.; BOTTON, M.; NAVA, D. E.; GRUTZMACHER, A. D.; GONÇALVES, R. S.; MACHOTA, JR.; BERNARDI, D.; ZANARDI, O. Z. Toxicities and residual effects of toxic baits containing spinosad or malathion to control the adults *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae). **Florida Entomologist**, v.98, p.202-208, 2015.

HARRIS, E. J.; BAUTISTA, R. C.; VARGAS, R. I.; JANG, E. E. B. Rearing *Fopius arisanus* (Sonan) (Hymenoptera: Braconidae) in mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae). **Hawaiian Entomological Society**, v.39, p.121-126, 2007.

HICKEL, E. **Pragas das frutíferas de clima temperado no Brasil**. 1 ed. Florianópolis. Epagri: 2008. 170p.

HUSCH, P. E.; MILLÉO, J.; SEDORKO, D.; AYUD, R. A.; NUNES, D. S. Caracterização da fauna de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) na região de Ponta Grossa, Paraná, Brasil. **Ciência Rural**, v.42, 1833-1839, 2012.

KOVALESKI, A.; RIBEIRO, L. G. **Manejo de pragas na produção integrada de maçãs**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2002. 7p. (Circular Técnica, 34).

LIQUIDO, N. J.; SHINODA, L. A.; CUNNINGHAM, R. T. Host plants of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae): an annotated world review. Lanham: **Entomological Society of America**, 1991. 52 p. (Miscellaneous publications, 77).

MAPA (2015). Nota técnica para divulgação de investimento no controle de moscas-das-frutas de 2015. In: **Programa Nacional de Combate às Moscas-das-Frutas** – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/comunicacao/noticias/2015/09/ministra-anuncia-rs-128-milhoes-para-combate-as-moscas-das-frutas>> Acesso em: 26/11/2015.

MANOUKIS, N.; GIEB, S.; SEO, D.; MCKENNEY, M.; VARGAS, R.; JANG, E. E. An optimized protocol for rearing *Fopius arisanus*, a parasitoid of tephritid fruit flies. **Journal of Visualized Experiments**, v.51, p.1-4, 2011.

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 Editora, 2000. 41-48p.

NAVA, D. E.; BOTTON, M. **Bioecologia e controle de *Anastrepha fraterculus* e *Ceratitis capitata* em pessegueiro**. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. 29p. 2010. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 315).

OVRUSKI, S. M.; OROÑO, L. E.; NÚÑES-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.; ALUJA, M.; SIVINSKI, J.; WHARTON, R. A. 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, p.81-107, 2000.

RAGA, A. Incidência, monitoramento e controle de moscas-das-frutas na citricultura paulista. **Laranja**, v.26, p.307-322, 2005.

ROUSSE, P.; HARRIS, E. J.; QUILICI, S. *Fopius arisanus*, an egg-pupal parasitoid of Tephritidae overview. Biocontrol News and Information, Common wealth. **Institute of Biological Control**, v.26, p.59-69, 2005.

SALLES, L.A.B. **Principais pragas e seu controle**. In: RASEIRA, M.C.B.R. (Ed.). A cultura do pessegueiro. Brasília: Embrapa-SPI; Pelotas: Embrapa-CPACT, 1998. 205-242p.

SUGAYAMA, R. L.; KOVALESKI, A.; LIEDO, P.; MALAVASI, A. Colonization of new fruit crop bay *Anastrepha fraterculus* (Diptero: Tephritidae) in Brazil: a demographic analysis. **Environmental Entomology**, v.27, p.642-648, 1998.

VARGAS, R. I.; RAMADAN, M.; HUSSAIN, T.; MOCHIZUKI, T.; BAUTISTA, R. C.; STARK, E. J. D. Comparative demography of six fruit fly (Diptera: Tephritidae) parasitoids (Hymenoptera: Braconidae). **Biological Control**, v.25, p.30-40, 2002.

VARGAS, R. I.; LEBLANC, L.; PUTOA, R.; EITAM, A. Impact of introduction of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) and classical biological control releases of *Fopius arisanus* (Hymenoptera: Braconidae) on economically important fruit flies in French Polynesia. **Journal Economic Entomology**, v.100, p.670-9, 2007.

WHITE, I.M.; ELSON-HARRIS, M.M. **Fruit flies of economic significance: their identifications and bionomics**. Wallingford: CAB International, 1992. 601p.

WHARTON, R. A. **Parasitoids of fruit-infesting Tephritidae – how to attack a concealed host**. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF ENTOMOLY, 20. Firenze, 1996, 665p.

ZUCCHI, R. A. **Mosca-do-mediterrâneo, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae)**. In: VILELA, E. F.; ZUCCHI, R. A. Pragas Introduzidas no Brasil: Insetos e Ácaros. São Paulo: FEALQ, 2015. Cap.1.

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. 13-24p.

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. 15-22p.