



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA
DOUTORADO EM FITOTECNIA

MARCIA MAYARA DE SOUSA

**ASPECTOS BIOECOLÓGICOS DE DUAS ESPÉCIES DE PARASITÓIDES DA
MOSCA MINADORA *Liriomyza sativae* BLANCHARD (DIPTERA: AGROMYZIDAE)**

MOSSORÓ - RN

2023

MARCIA MAYARA DE SOUSA

**ASPECTOS BIOECOLÓGICOS DE DUAS ESPÉCIES DE PARASITOIDES DA
MOSCA MINADORA *Liriomyza sativae* BLANCHARD (DIPTERA: AGROMYZIDAE)**

Tese apresentada ao Doutorado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutora em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Proteção de Plantas

Orientador: Prof. Dr. Elton Lucio de Araujo

MOSSORÓ - RN

2023

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S725a Sousa, Marcia Mayara de.

Aspectos bioecológicos de duas espécies de parasitoides da mosca minadora *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) / Marcia Mayara de Sousa. - 2023.

56 f. : il.

Orientador: Elton Lucio de Araujo.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, 2023.

1. agromizídeo. 2. coexistência. 3. controle biológico. 4. parasitoide. 5. suplementação alimentar. I. Araujo, Elton Lucio de, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade com AACR2 e os dados fornecidos pela autora.

Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência

Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva

CRB: 15/120

MARCIA MAYARA DE SOUSA

**ASPECTOS BIOECOLÓGICOS DE DUAS ESPÉCIES DE PARASITOIDES DA
MOSCA MINADORA *Liriomyza sativae* BLANCHARD (DIPTERA: AGROMYZIDAE)**

Tese apresentada ao Doutorado em Fitotecnia
do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia
da Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Doutora em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Proteção de Plantas

Defendida em: 14/02/2023.

BANCA EXAMINADORA

Elton Lucio de Araujo, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente

Daniell Rodrigo Rodrigues Fernandes, Dr. (INPA)
Membro Examinador

Ewerton Marinho da Costa, Prof. Dr. (UFCEG)
Membro Examinador

Elania Clementino Fernandes, Dra. (TECAGRO)
Membro Examinador

Adrian José Molina-Rugama, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

Ao meu pai, Pedro Maia de Sousa, e ao meu irmão, Marcos Glêdson de Sousa (In Memoriam).

À minha mãe, Maria Alice de Sousa, à minha madrinha, Maria Marlene Vidal de Almeida, e ao meu irmão, Marcio Junio de Sousa.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ser a minha fortaleza diária.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) e ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia (PPGFITO), pela oportunidade de realizar este curso. Agradeço também à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

À minha mãe, à minha madrinha e ao meu irmão, por estarem sempre disponíveis a me ajudar quando precisei.

Aos colegas e amigos do Laboratório de Entomologia Aplicada que estiveram comigo durante toda a caminhada ou por um período dessa jornada: Rayane Sley, Hellanny Matos, Maria Ítala, Potiara Diniz, Franco Loyola, João Pedro, Ramon Argôlo, Francisco Edivino, Alcimar Galdino, Fernanda Pinheiro, Bárbara Albuquerque, Gthielly Maíra e Maria Raquel. Além do apoio na execução dos trabalhos de pesquisa, com essa turma vivi muitos momentos de descontração e alegria.

Ao meu parceiro de todas as horas, Marlenildo Ferreira Melo, que desde o início do curso esteve disponível a me ajudar. Obrigada pelo carinho e atenção.

Ao meu orientador, o professor Elton Lucio de Araujo, pela orientação e amizade.

À Elania Clementino Fernandes, pela coorientação nos trabalhos de pesquisa e pela amizade.

Meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

SOUSA, Marcia Mayara de. **Aspectos bioecológicos de duas espécies de parasitoides da mosca minadora *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae)**. 2023. 56f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2023.

Para o uso de uma espécie de parasitoide em programas de controle biológico de mosca minadora, é importante estudar sua interação com o hospedeiro e outros inimigos naturais. Portanto, esta pesquisa teve como objetivos: (1) conhecer as interações entre *Phaenotoma scabriventris* Nixon (Hymenoptera: Braconidae) e *Zaeucoila uncarinata* Ashmead (Hymenoptera: Figitidae) em larvas da mosca minadora *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) e o efeito dessas interações nos aspectos bioecológicos desses parasitoides; e (2) avaliar o efeito da alimentação no desempenho de *P. scabriventris*. As interações foram avaliadas por meio da exposição simultânea, sequencial e isolada do hospedeiro às duas espécies de parasitoides. O parasitismo isolado de *P. scabriventris* foi semelhante ao parasitismo de *Z. uncarinata*, mas quando os parasitoides foram utilizados simultaneamente, observou-se maior parasitismo total. Além disso, a mortalidade total de mosca minadora foi maior com a exposição simultânea. A proporção sexual da progênie F1 de ambas as espécies não foi afetada pelas interações interespecíficas. Nesse caso, quando utilizados simultaneamente, *P. scabriventris* e *Z. uncarinata* contribuem para um melhor controle de *L. sativae*. Para testar o efeito da alimentação nos aspectos bioecológicos de *P. scabriventris*, foram fornecidos: água destilada (como controle), mel diluído em água a 10%, mel diluído em água a 50%, mel a 100%, mel (90%) + azeite de oliva (10%) e mel (75%) + azeite de oliva (25%). A alimentação com mel + azeite reduziu a predação em comparação ao controle e ao fornecimento de apenas mel. Por outro lado, o fornecimento de mel a 50% aumentou o parasitismo, ao passo que mel + azeite o reduziu. Além disso, alimentação com mel a 50% aumentou a longevidade de fêmeas e machos do parasitoide. A proporção de machos foi maior em todos os tratamentos, com exceção da alimentação com mel a 10%, em que a proporção de machos e fêmeas foi igual. Na produção de *P. scabriventris* em laboratório, mel a 50% e mel a 10% são os alimentos mais adequados, em virtude da obtenção de maior parasitismo e maior razão sexual, respectivamente.

Palavras-chave: agromizídeo, coexistência, controle biológico, parasitoide, suplementação alimentar.

ABSTRACT

SOUSA, Marcia Mayara de. **Bioecological aspects of two parasitoid species of *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) leafminer.** 2023. 56p. Thesis (Doctorate in Phytotechnics) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2023.

For using parasitoid species in leafminer biological control programs, it is important to study their interaction with the host and other natural enemies. Therefore, this research aimed: (1) to know the interactions between *Phaerotoma scabriventris* Nixon (Hymenoptera: Braconidae) and *Zaeucoila uncarinata* Ashmead (Hymenoptera: Figitidae) in larvae of *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) leafminer and the effect of these interactions on the bioecological aspects of these parasitoids; and (2) evaluate the effect of feeding on *P. scabriventris* performance. Interactions were evaluated through simultaneous, sequential and isolated exposure of the host to the two parasitoid species. Isolated parasitism of *P. scabriventris* was similar to *Z. uncarinata*, but when the parasitoids were used simultaneously, greater total parasitism was observed. Furthermore, total leafminer mortality was higher under simultaneous exposure. F1 progeny sex ration of both species was not affected by interspecific interactions. In this case, when *P. scabriventris* and *Z. uncarinata* were used simultaneously they better control *L. sativae*. To test the effect of feeding on *P. scabriventris* bioecological aspects, distilled water (as control), 10% honey diluted in water, 50% honey diluted in water, 100% honey, honey (90%) + olive oil (10%), and honey (75%) + olive oil (25%) were offered to the parasitoids. Feeding with honey + olive oil reduced predation as compared to control and honey only. On the other hand, 50% honey increased parasitism, while honey + olive oil reduced it. In addition, 50% honey increased longevity of parasitoid females and males. Proportion of males was higher in all treatments, except by 10% honey, in which the proportion of males and females was equal. For the production of *P. scabriventris* in laboratory, 50% and 10% honey are the most suitable feedings, resulting in higher parasitism and sex ratio, respectively.

Keywords: agromizid, biological control, coexistence, food supplementation, parasitoid.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II – INTERAÇÕES ENTRE OS ENDOPARASITOIDES DE MOSCA MINADORA *Phaenobothris scabriventris* NIXON (HYMENOPTERA: BRACONIDAE) E *Zaeucoila uncarinata* ASHMEAD (HYMENOPTERA: FIGITIDAE)

Fig. 1. Diagrama de Venn para o parasitismo (%) de *Phaenobothris scabriventris* (*Ps*) e *Zaeucoila uncarinata* (*Zu*) em três formas de exposição do hospedeiro *Liriomyza sativae*. O parasitismo de cada espécie de parasitoide é um subconjunto do parasitismo total. A interseção dos subconjuntos é o parasitismo ocasionado por ambas as espécies. Fora dos subconjuntos corresponde a proporção de larvas não parasitadas. *Ps+Zu*: larvas hospedeiras foram expostas a um casal de *P. scabriventris* e a um casal de *Z. uncarinata* simultaneamente por oito horas; *Ps→Zu*: larvas hospedeiras foram expostas primeiramente a um casal de *P. scabriventris* pelas primeiras quatro horas seguido por um casal de *Z. uncarinata* por mais quatro horas de exposição; *Zu→Ps*: larvas hospedeiras foram expostas primeiramente a um casal de *Z. uncarinata* pelas primeiras quatro horas seguido por um casal de *P. scabriventris* por mais quatro horas de exposição. 25

Fig. 2. Superparasitismo de *Phaenobothris scabriventris* e *Zaeucoila uncarinata* em três formas de exposição do hospedeiro *Liriomyza sativae*. *Ps+Zu*: larvas hospedeiras foram expostas a um casal de *P. scabriventris* e a um casal de *Z. uncarinata* simultaneamente por oito horas; *Ps→Zu*: larvas hospedeiras foram expostas primeiramente a um casal de *P. scabriventris* pelas primeiras quatro horas seguido por um casal de *Z. uncarinata* por mais quatro horas de exposição; *Zu→Ps*: larvas hospedeiras foram expostas primeiramente a um casal de *Z. uncarinata* pelas primeiras quatro horas seguido por um casal de *P. scabriventris* por mais quatro horas de exposição. 27

CAPÍTULO III - EFEITO DA ALIMENTAÇÃO NOS ASPECTOS BIOECOLÓGICOS DE *Phaenobothris scabriventris* NIXON (HYMENOPTERA: BRACONIDAE)

Fig. 1. Predação diária e predação acumulada de *Phaenobothris scabriventris* em larvas de *Liriomyza sativae* sob influência da alimentação..... 46

Fig. 2. Total de larvas de *Liriomyza sativae* predadas por *Phaenobothris scabriventris* sob influência da alimentação. Letras diferentes indicam diferenças significativas pelo teste de Dunn ($p \leq 0,05$). 47

Fig. 3. Parasitismo diário e parasitismo acumulado de *Phaenobothris scabriventris* em larvas de *Liriomyza sativae* sob influência da alimentação..... 48

Fig. 4. Total de larvas de *Liriomyza sativae* parasitadas por *Phaenobothris scabriventris* sob a influência da alimentação. Letras diferentes indicam diferenças significativas pelo teste de Dunn ($p \leq 0,05$). 49

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II – INTERAÇÕES ENTRE OS ENDOPARASITÓIDES DE MOSCA MINADORA *Phaenotoma scabriventris* NIXON (HYMENOPTERA: BRACONIDAE) E *Zaeucoila uncarinata* ASHMEAD (HYMENOPTERA: FIGITIDAE)

Tab. 1. Interações entre *Phaenotoma scabriventris* e *Zaeucoila uncarinata* e seu respectivo parasitismo (%) em larvas de *Liriomyza sativae* em plantas de meloeiro.28

Tab. 2. Mortalidade de larvas (%) e de pupas (%) de *Liriomyza sativae* devido a picadas e alimentação ocasionada por *Phaenotoma scabriventris* e *Zaeucoila uncarinata* e mortalidade total (incluindo o parasitismo) (%) de acordo com a forma de exposição do hospedeiro.29

Tab. 3. Efeito das interações entre *Phaenotoma scabriventris* e *Zaeucoila uncarinata* na proporção sexual (%) da progênie F1.30

CAPÍTULO III - EFEITO DA ALIMENTAÇÃO NOS ASPECTOS BIOECOLÓGICOS DE *Phaenotoma scabriventris* NIXON (HYMENOPTERA: BRACONIDAE)

Tab. 1. Longevidade de machos e fêmeas (dias) de *Phaenotoma scabriventris* alimentados com diferentes fontes de alimentação.49

Tab. 2. Proporção sexual de machos e fêmeas da geração F1 de *Phaenotoma scabriventris* alimentados com diferentes fontes de alimentação.50

SUMÁRIO

CAPÍTULO I	11
1 INTRODUÇÃO GERAL	11
REFERÊNCIAS	14
CAPÍTULO II	17
1 INTRODUÇÃO	19
2 MATERIAL E MÉTODOS	20
2.1 Local do estudo	20
2.2 Criação do hospedeiro <i>L. sativae</i>	21
2.3 Criação dos parasitoides <i>P. scabriventris</i> e <i>Z. unicarinata</i>	21
2.4 Produção e infestação das mudas de meloeiro	22
2.5 Interações entre <i>P. scabriventris</i> e <i>Z. unicarinata</i> em larvas de <i>L. sativae</i>	22
2.5.1 Mortalidade não reprodutiva e mortalidade total do hospedeiro	23
2.5.2 Proporção sexual.....	24
2.6 Análise dos dados	24
3 RESULTADOS	25
3.1 Interações entre <i>P. scabriventris</i> e <i>Z. unicarinata</i> em larvas de <i>L. sativae</i>	25
3.2 Mortalidade não reprodutiva e mortalidade total do hospedeiro	28
3.3 Proporção sexual	29
4 DISCUSSÃO	30
5 CONCLUSÕES	33
AGRADECIMENTOS	34
REFERÊNCIAS	34
CAPÍTULO III	38
1 INTRODUÇÃO	40
2 MATERIAL E MÉTODOS	41
2.1 Local do estudo	41
2.2 Criação do hospedeiro <i>L. sativae</i>	42
2.3 Criação do parasitoide <i>P. scabriventris</i>	42
2.4 Produção e infestação das mudas para os ensaios	43
2.5 Aspectos bioecológicos de <i>P. scabriventris</i> sob influência da alimentação	43
2.5.1 Predação do hospedeiro	44
2.5.2 Parasitismo, longevidade e razão sexual.....	44
2.6 Análise dos dados	44
3 RESULTADOS	45
3.1 Influência da alimentação na predação de <i>P. scabriventris</i>	45
3.2 Influência da alimentação no parasitismo, longevidade e razão sexual de <i>P. scabriventris</i>	47
4 DISCUSSÃO	50
5 CONCLUSÕES	53
AGRADECIMENTOS	53
REFERÊNCIAS	53

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO GERAL

O melão é o segundo fruto fresco mais exportado em volume pelo Brasil, gerando renda aproximada a 150 milhões de dólares por ano (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI&FRUTI, 2022). A Região Nordeste concentra a maior produção nacional, sendo os estados do Ceará e Rio Grande do Norte os maiores produtores do país, os quais respondem por mais de 50% da produção e exportação desse fruto (ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI&FRUTI, 2022). Apesar da alta produção de melão nessa região, a cultura é acometida por vários problemas fitossanitários, destacando-se o ataque da mosca minadora *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) (ARAUJO et al., 2013). As larvas dessa mosca alimentam-se do mesófilo foliar, diminuindo a capacidade fotossintética das plantas, provocando redução do acúmulo de sólidos solúveis totais nos frutos, inviabilizando-os à comercialização (ARAUJO et al., 2013; COSTA et al., 2017). As minas formadas pela alimentação das larvas favorecem a entrada de microrganismos fitopatogênicos oportunistas e, dependendo do nível de infestação, pode provocar ainda o ressecamento e queda das folhas, expondo os frutos à radiação solar (GUIMARÃES et al., 2009; NUNES et al., 2013).

Diante dos danos ocasionados pela mosca minadora no meloeiro, sendo ela uma praga primária para essa cultura, torna-se necessária a utilização de medidas de controle para assegurar a alta produção e a qualidade dos frutos de meloeiro. A aplicação de inseticidas ainda é a principal estratégia de redução da população da praga nas grandes áreas de produção de melão (LIMA et al., 2012; WEI et al., 2015). No entanto, o mercado consumidor está cada vez mais exigente na busca por frutos de elevada qualidade, cultivados com o mínimo de pulverizações e livres de resíduos tóxicos, intensificando os esforços para o desenvolvimento de medidas alternativas de controle no sistema de Manejo Integrado de Pragas (MIP) do meloeiro (ARAUJO et al., 2008). Dentre os vários métodos que são utilizados nos programas de MIP, o controle biológico com uso de parasitoides é considerado uma ferramenta fundamental, por se tratar de um método de controle eficaz, ambientalmente seguro e não apresentar riscos de contaminação a trabalhadores e consumidores (BARRATT; RIDLEY, 2010).

Mais de 150 espécies de parasitoides já foram registradas parasitando espécies de *Liriomyza* pelo mundo (LIU et al., 2011). No Peru, foram relatadas 63 espécies parasitando *Liriomyza* spp., pertencentes às famílias Eulophidae, Braconidae, Figitidae, Pteromalidae e

Mymaridae (MUJICA; KROSCHEL, 2011), sendo as três primeiras as principais famílias para o controle de *L. sativae* na maior região produtora de melão do Brasil (COSTA-LIMA; CHAGAS; PARRA, 2014). Dessa forma, ao invés de introduzir novas espécies para o controle de mosca minadora no meloeiro, o mais adequado seria aprimorar o conhecimento dos inimigos naturais já presentes em plantios comerciais de melão na região, para aplicação em programas de controle biológico (COSTA-LIMA; CHAGAS; PARRA, 2019).

Phaedorotoma scabriventris Nixon (Hymenoptera: Braconidae) é uma das espécies de parasitoide mais importantes para o controle biológico de mosca minadora no Brasil, Argentina Peru e Chile (VALLADARES, SALVO, GODFRAY, 2001; KROSCHEL, 2008; FOBA et al., 2015), onde foi relatado causando mortalidade entre 20% e 52%, sendo ele um parasitoide com ocorrência natural apenas na América do Sul (COSTA-LIMA, CHAGAS, PARRA, 2019). Na região semiárida do Brasil, em plantios de melão, *P. scabriventris* é uma das mais abundantes (COSTA-LIMA, CHAGAS, PARRA, 2014; COSTA-LIMA, CHAGAS, PARRA, 2019). *Zaeucoila unicarinata* Ashmead (Hymenoptera: Figitidae) já foi registrado no Brasil, Argentina, Costa Rica, Venezuela e Panamá (BUFFINGTON, GALLARDO, 2017). De acordo com estudos prévios realizados em Mossoró, no Rio Grande do Norte, *Z. unicarinata* também apresenta potencial para ser utilizado em um programa de controle biológico da mosca minadora *L. sativae* (Dados não publicados), além de apresentar ocorrência de muitos anos na maior região produtora de melão. *Phaedorotoma scabriventris* e *Z. unicarinata* são endoparasitoides solitários, cenobiontes, que parasitam, de preferência, o segundo ínstar larval, e o adulto emerge do pupário de agromizídeos (FOBA et al., 2015; BUFFINGTON, GALLARDO, 2017).

Nos agroecossistemas é comum haver interações interespecíficas e/ou intraespecíficas de parasitoides. A liberação de duas ou mais espécies de parasitoides de mosca minadora numa mesma área pode aumentar a mortalidade da praga e diminuir a sua abundância (STILING, CORNELISSEN, 2005; CUSUMANO et al., 2011). Por outro lado, quando as espécies ocupam o mesmo nicho pode haver interferência nos mecanismos de controle biológico e aumento das interações competitivas entre eles, o que leva a uma redução da eficácia desses agentes (XUAN et al., 2018; AYALA et al., 2021). A competição entre parasitoides pode ser extrínseca ou intrínseca. Na extrínseca, fêmeas adultas brigam pelo hospedeiro para realizar a oviposição. Na competição intrínseca, os parasitoides imaturos se desenvolvem no mesmo hospedeiro devido à postura de ovo em um hospedeiro previamente parasitado pela mesma espécie de parasitoide (superparasitismo) ou por outra espécie (multiparasitismo) (BOIVIN; BRODEUR, 2006; HARVEY; POELMAN; TANAKA, 2013). Nesse caso, uma larva mata a outra, quando se trata

de parasitoides solitários, ou a fêmea que chega por último mata o ovo ou a larva dentro do hospedeiro (GODFRAY, 1994). O superparasitismo e o multiparasitismo são comuns, mesmo que fêmeas de muitos parasitoides tenham a capacidade de diferenciar entre hospedeiros parasitados e não parasitados (RUSCHIONI et al., 2015).

Existem estudos de interação de *P. scabriventris* com outras espécies de importância para o controle de mosca minadora, como o ectoparasitoide *Diglyphus isae* (Walker; Hymenoptera: Eulophidae) (AKUTSE et al., 2015) e o endoparasitoide *Opius dissitus* Muesebeck (Hymenoptera: Braconidae) (FOBA et al., 2015). No entanto, informações sobre interações entre *P. scabriventris* e *Z. unicarinata* na supressão de agromizídeos pragas não foram encontradas, sendo elas espécies que possuem o mesmo nicho de forrageamento.

Na criação massal de parasitoides, além da interação entre eles, deve-se observar o comportamento desses agentes em relação à praga, pois muitos parasitoides sinovigênicos (fêmeas que emergem com baixa carga de ovos maduros) usam seus hospedeiros não apenas como locais de oviposição, mas como fontes de alimento para melhorar sua longevidade, fecundidade e eficiência na busca (DEBACH, 1943; SYME, 1977; JERVIS, KIDD, 1986; WANG et al. 2014). Esse comportamento de se alimentar pode ser vantajoso para o controle de insetos pragas em um agroecossistema, porém para criações massais não é desejado, porque reduz o número de descendentes do parasitoide. Recentemente, têm sido relatadas várias espécies de parasitoides que exibem esse comportamento de predação juntamente com o de oviposição ou apenas o comportamento de predação, inclusive parasitoides da mosca minadora (AKUTSE et al., 2015; XUAN et al., 2018; COSTA-LIMA, CHAGAS, PARRA, 2019).

Uma estratégia para reduzir a predação de parasitoides em criação massal é o fornecimento de dietas artificiais para suprir suas necessidades nutricionais. Embora já sejam fornecidos alimentos ricos em açúcar e que esses afetam positivamente a sobrevivência e reprodução desses insetos (VISSER; ELLERS, 2012), a maioria das espécies de parasitoides, no entanto, não acumula lipídios na fase adulta (GIRON; CASAS, 2003; VISSER; ELLERS, 2008; VISSER et al., 2010). Como consequência, os parasitoides precisam de acesso contínuo aos carboidratos para suprir o gasto de energia e dessa forma, manter parcialmente suas reservas lipídicas. Para algumas espécies, a busca por lipídios a partir da alimentação do hospedeiro é essencial para a produção de ovos (MONDY et al., 2006). Assim, uma boa estratégia seria fornecer uma fonte de lipídio, além da fonte rica em carboidrato (mel de abelha), para reduzir a predação em produções massais de parasitoides himenópteros.

Diante do que foi exposto, esta pesquisa teve como objetivos: (1) conhecer as interações entre *P. scabriventris* e *Z. unicarinata* em larvas da mosca minadora *Liriomyza sativae* e o

efeito dessas interações nos aspectos bioecológicos desses parasitoides; e (2) avaliar o efeito da alimentação no desempenho de *P. scabriventris*, espécie que possui comportamento comum de predação.

REFERÊNCIAS

- AKUTSE, K. S. et al. Interactions between *Phaenotoma scabriventris* Nixon (Hymenoptera: Braconidae) and *Diglyphus isaea* Walker (Hymenoptera: Eulophidae), parasitoids of *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) (Diptera: Agromyzidae). **Biological Control**, v. 80, p. 8–13, 2015.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE HORTI&FRUTI**. KIST et al. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2022, 96p.
- ARAUJO, E. L. et al. Controle Biológico de pragas do meloeiro. In: BRAGA SOBRINHO, R.; GUIMARÃES, J. A.; FREITAS, J. A. D.; TERAPO, D. (org.). **Produção Integrada de Melão**. Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE, 2008. p. 201-206.
- ARAUJO, E. L.; NOGUEIRA, C. H. F.; MENEZES NETTO, A. C.; BEZERRA, C. E. S. Biological aspects of the leafminer *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) on melon (*Cucumis melo* L.). **Ciência Rural**, v. 43, p. 579-582, 2013.
- AYALA, A.; TOLEDO, J.; PÉREZ-LACHAUD, G.; LIEDO, P.; MONTOYA, P. Superparasitism and fitness parameters in three native wasp parasitoids (Braconidae: Opiinae) of the Mexican fruit fly, *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae). **Bulletin of Entomology Research**, p. 1-8, 2021.
- BARRATT, B. I. P.; RIDLEY, G. S. Progress in risk assessment for classical biological control. **Biological Control**, v. 52, p. 245-254, 2010.
- BOIVIN, G.; BRODEUR, J. Intra and inter-specific interactions among parasitoids: mechanisms, outcomes and biological control. In: BRODEUR, J.; BOIVIN, G. (org.). **Trophic and Guild Interactions in Biological Control**. Dordrecht: Springer, 2006. p. 123–144.
- BUFFINGTON, M. L.; GALLARDO, F. E.; RECHE, V.; FORSHAGE, M. A revision of *Zaeucoila* Ashmead (Hymenoptera, Figitidae), parasitoids of Agromyzidae (Diptera): New species, identity, distributions, and hosts. **Proceedings of the Entomological Society of Washington**, v. 119, p. 317-397, 2017.
- COSTA, E. M.; FREITAS, R. M. O.; SILVA, P. A. F.; ARAUJO, E. L. Determination of damaged leaf area and physiological responses of melon plants submitted to different infestation levels of *Liriomyza sativae*. **Horticultura Brasileira**, v. 35, p. 571-575, 2017.
- COSTA-LIMA, T. C.; CHAGAS, M. C. M.; PARRA, J. R. P. Temperature-Dependent Development of Two Neotropical Parasitoids of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae). **Journal of Insect Science**, v. 14, p. 1-4, 2014.
- COSTA-LIMA, T. C.; CHAGAS, M. C. M.; PARRA, J. R. P. Comparing Potential as Biocontrol Agents of Two Neotropical Parasitoids of *Liriomyza sativae*. **Neotropical Entomology**, v. 48, p. 660-667, 2019.

- CUSUMANO, A.; PERI, E.; VINSON, S. B.; COLAZZA, S. Intraguild interactions between two egg parasitoids exploring host patches. **Biocontrol**, v. 56, p. 173–184, 2011.
- DEBACH, P. The importance of host-feeding by adult parasites in the reduction of host populations. **Journal Economic Entomology**, v. 36, p. 647–658, 1943.
- FOBA, C. N. et al. Interaction between *Phaeditoma scabriventris* Nixon and *Opius dissitus* Muesebeck (Hymenoptera: Braconidae): Endoparasitoids of *Liriomyza* Leafminer. **African Entomology**, n. 23, p. 120-131, 2015.
- GIRON, D.; CASAS, J. Lipogenesis in an adult parasitic wasp. **Journal of Insect Physiology**, v. 49, p. 141–147, 2003.
- GODFRAY, H. C. J. **Parasitoids: Behavioral and Evolutionary Ecology**. Princeton: University Press, 1994.
- GUIMARÃES, J. A. et al. **Biologia e manejo de mosca minadora no meloeiro**. EMBRAPA, 2009. 9p. (Circular técnica, 77).
- HARVEY, J. A.; POELMAN, E. H.; TANAKA, T. Intrinsic inter- and intraspecific competition in parasitoid wasps. **Annual Review of Entomology**, v. 58, p. 333-351, 2013.
- JERVIS, M. A.; KIDD, N. A. C. Host feeding strategies in hymenopteran parasitoids. **Biological Reviews**, v. 61, p. 395–434, 1986.
- KROSCHEL, J. CIP's global potato Agroecology/IPM program. **CIP's Annual Meeting**, 2008. Centre International de la Papa (CIP).
- LIMA, A. C. C.; COSTA, E. M.; ARAUJO, E. L.; RUGAMA, A. J. M.; GODOY, M. S. Diagnóstico sobre o uso do MIP nas principais áreas produtoras de melão dos Estados do Rio Grande do Norte e Ceará. **Revista Agro@mbiente**, v. 6, p. 172- 178, 2012.
- LIU, T.; KANG, L.; LEI, Z.; HERNANDEZ, R. Hymenopteran parasitoids and their role in biological control of vegetable *Liriomyza* leafminers. In: LIU, T.; KANG, L. (org.). **Recent Advances in Entomological Research**. Beijing: Springer, 2011. p. 228-243.
- MONDY, N. et al. Importance of sterols acquired through host feeding in synovigenic parasitoid oogenesis. **Journal of Insect Physiology**, v. 52, p. 897–904, 2006.
- MUJICA, N.; KROSCHEL, J. Leafminer fly (Diptera: Agromyzidae) occurrence, distribution, and parasitoid associations in field and vegetable crops along the peruvian coast. **Environmental Entomology**, v. 40, p. 217-230, 2011.
- NUNES, G. H. S.; MEDEIROS, A. C.; ARAUJO, E. L.; NOGUEIRA, C. H. F.; SOMBRA, K. D. S. Resistência de acessos de meloeiro à mosca-minadora *Liriomyza* spp. (DIPTERA: AGROMYZIDAE). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, p. 746-754, 2013.
- RUSCHIONI, S.; VAN LOON, J. J.; SMID, H. M.; VAN LENTEREN, J. C. Insects can count: sensory basis of host discrimination in parasitoid wasps revealed. **Plos One**, v. 10, e0138045, 2015.

STILING, P.; CORNELISSEN, T. What makes a successful biocontrol agent? a metaanalysis of biological control agent performance. **Biological Control**, v. 34, p. 236–246, 2005.

SYME, P. D. Observation on the longevity and fecundity of *Orgilus obscurator* (Hymenoptera: Braconidae) and the effects of certain foods on longevity. **Canadian Entomology**, v. 109, p. 995–1000, 1977.

VALLADARES, G.; SALVO, A.; GODFRAY, H. C. J. Quantitative food webs of dipteran leafminers and their parasitoids in Argentina. **Ecology Research**, v. 16, p. 925–939, 2001.

VISSER, B.; ELLERS, J. Lack of lipogenesis in parasitoids: a review of physiological mechanisms and evolutionary implications. **Journal Insect Physiology**, v. 54, p. 1315–1322, 2008.

VISSER, B. et al. Loss of lipid synthesis as an evolutionary consequence of a parasitic lifestyle. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 107, p. 8677–8682, 2010.

VISSER, B.; ELLERS, J. Effects of a lipid-rich diet on adult parasitoid income resources and survival, **Biological Control**, v. 60, p. 119–122, 2012.

WANG, W. et al. Effects of Five Naturally Occurring Sugars on the Longevity, Oogenesis, and Nutrient Accumulation Pattern in Adult Females of the Synovigenic Parasitoid *Neochrysocharis formosa* (Hymenoptera: Eulophidae). **Neotropical Entomology**, v. 43, p. 564–573, 2014.

WEI, Q. B.; LEI, Z. R.; NAUEN, R.; CAI, D. C.; GAO, Y. L. Abamectin resistance in strains of vegetable leafminer, *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) is linked to elevated glutathione S-transferase activity. **Insect Science**, v. 22 p. 243-250, 2015.

XUAN, L. J. et al. Interactions between *Diglyphus isaea* and *Neochrysocharis Formosa* (Hymenoptera: Eulophidae), two parasitoids of agromyzid leafminers. **Biological Control**, v. 126, p. 45-52, 2018.

CAPÍTULO II

INTERAÇÕES ENTRE OS ENDOPARASITOIDES DE MOSCA MINADORA *Phaeditoma scabriventris* NIXON (HYMENOPTERA: BRACONIDAE) E *Zaeucoila unicarinata* ASHMEAD (HYMENOPTERA: FIGITIDAE)

RESUMO

Liriomyza sativae Blanchard (Diptera: Agromyzidae) é uma das principais pragas do meloeiro (*Cucumis melo* L.) no Brasil. O controle biológico por meio de parasitoides é uma estratégia de controle que vem sendo ampliada em áreas comerciais de meloeiro nos últimos anos. *Phaeditoma scabriventris* Nixon (Hymenoptera: Braconidae) e *Zaeucoila unicarinata* Ashmead (Hymenoptera: Figitidae) são espécies de parasitoides de *L. sativae* que apresentam nichos muito similares, podendo ocorrer interações competitivas. Portanto, os objetivos dessa pesquisa foram: (1) investigar as interações entre *P. scabriventris* e *Z. unicarinata* em condições de laboratório; e (2) avaliar o efeito dessas interações na mortalidade reprodutiva (parasitismo) e não reprodutiva (por picadas e alimentação) do hospedeiro, bem como na razão sexual dos parasitoides. As interações foram avaliadas a partir da exposição simultânea, sequencial e isolada do hospedeiro aos parasitoides. O experimento foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos e dez repetições. Constatou-se que em poucas larvas hospedeiras foi verificada a presença simultânea das duas espécies. O parasitismo isolado de *P. scabriventris* foi semelhante ao parasitismo de *Z. unicarinata* ($19,40 \pm 3,57\%$ e $17,60 \pm 4,54\%$, respectivamente). Em exposição simultânea aos parasitoides, o parasitismo total chegou a $51,28 \pm 3,08\%$. *Phaeditoma scabriventris* e *Z. unicarinata* causaram maior mortalidade não reprodutiva de larvas nas formas isoladas, porém a maior mortalidade total do hospedeiro foi verificada com a exposição simultânea ($85,74 \pm 4,16\%$). A proporção sexual da progênie F1 de ambas as espécies não foi afetada pelas interações interespecíficas. *Phaeditoma scabriventris* e *Z. unicarinata* causaram maior mortalidade de larvas de *L. sativae* em condições de laboratório quando utilizados simultaneamente. No entanto, em condições de campo, mais pesquisas devem ser investigadas para futuros programas de liberação.

Palavras-chave: *Liriomyza sativae*, controle biológico, coexistência, parasitismo, mortalidade não-reprodutiva.

INTERACTIONS BETWEEN THE LEAFMINER ENDOPARASITIDS *Phaedrotoma scabriventris* NIXON (HYMENOPTERA: BRACONIDAE) AND *Zaeucoila unicarinata* ASHMEAD (HYMENOPTERA: FIGITIDAE)

ABSTRACT

Liriomyza sativae Blanchard (Diptera: Agromyzidae) is one of the main pest of melon (*Cucumis melo* L.) production in Brazil. Biological control using parasitoids has increasing in melon commercial areas in the last years. *Phaedrotoma scabriventris* Nixon (Hymenoptera: Braconidae) and *Zaeucoila unicarinata* Ashmead (Hymenoptera: Figitidae) are parasitoid species of *L. sativae* that share similar niches, and competitive interactions may occur. Therefore, the objectives of this research were: (1) investigate the interactions between *P. scabriventris* and *Z. unicarinata* under laboratory conditions; and (2) evaluate the effect of these interactions on reproductive (parasitism) and non-reproductive (sting and feeding) host mortality, as well as on parasitoid sex ratios. Interactions were evaluated through simultaneous, sequential and isolated host exposure to parasitoids. The experiment was carried out in a completely randomized design with five treatments and ten replicates. In few host larvae, the simultaneous presence of both species was verified. The isolated parasitism of *P. scabriventris* was similar to *Z. unicarinata* ($19.40 \pm 3.57\%$ and $17.60 \pm 4.54\%$, respectively). When simultaneously exposed to parasitoids, the total parasitism reached $51.28 \pm 3.08\%$. *Phaedrotoma scabriventris* and *Z. unicarinata* caused higher non reproductive mortality of larvae in the isolated forms, however the higher total host mortality was verified with simultaneous exposure ($85.74 \pm 4.16\%$). F1 progeny sex ration of both species was not affected by interspecific interactions. *Phaedrotoma scabriventris* and *Z. unicarinata* caused higher mortality of *L. sativae* under laboratory conditions when used simultaneously. However, under field conditions, more research should be investigated for future release programs.

Keywords: *Liriomyza sativae*, biological control, coexistence, parasitism, non-reproductive mortality.

1 INTRODUÇÃO

A mosca minadora *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) é uma das pragas mais importantes para a cultura do meloeiro (*Cucumis melo* L.) no Brasil (Araujo et al., 2013). As larvas da mosca minadora alimentam-se do mesófilo foliar, diminuindo a capacidade fotossintética das plantas e provocando redução dos açúcares (°Brix) nos frutos de melão (Araujo et al., 2013; Costa et al., 2017). O controle químico ainda é um dos principais métodos utilizado para reduzir a população dessa praga nas áreas de produção (Lima et al., 2012; Silva et al., 2020). Contudo, o controle biológico da mosca minadora, por meio do uso de parasitoides, é uma estratégia de controle que vem aumentando em plantios comerciais de meloeiro no Brasil.

Phaenotoma scabriventris Nixon (Hymenoptera: Braconidae) é uma importante espécie para a supressão de populações de mosca minadora no Brasil, Argentina, Chile e Peru (Foba et al., 2015). Esse braconídeo se mostrou como agente promissor de controle biológico também no Quênia, com potencial de controle acima de 50% para *L. sativae* em feijão fava (*Vicia faba* L.) (Chabi-Olaye et al., 2013). Em coletas de parasitoides realizadas na região nordeste do Brasil, em plantas de meloeiro e feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.], *P. scabriventris* foi uma das espécies capturadas associadas a *L. sativae*, juntamente com *Zaeucoila* sp. (Hymenoptera: Figitidae) (Costa-Lima et al., 2014; Costa-Lima et al., 2019). *Zaeucoila unicarinata* Ashmead (Hymenoptera: Figitidae) é uma espécie que ocorre no Brasil, Argentina, Costa Rica, Venezuela e Panamá (Buffington et al., 2017). No Brasil, *Z. unicarinata* já foi registrada em Morretes/Paraná, Itumbiara/Goiás, Araporã/Minas Gerais, Itabuna/Bahia, Nova Teutônia/Santa Catarina e capital do Rio de Janeiro (Lorini; Foerster, 1985; Marchiori et al., 2001; Marchiori et al., 2004; Buffington et al., 2017; Gallardo, 2023). De acordo com estudos prévios, *Z. unicarinata* foi observado parasitando mosca minadora no semiárido brasileiro, principal região produtora de melão do país (Dados não publicados).

Phaenotoma scabriventris e *Z. unicarinata* são endoparasitoides de larva-pupa, solitários e cenobiontes, que parasitam larvas, de preferência, de segundo ínstar (Foba et al., 2015; Buffington et al., 2017). Como essas duas espécies apresentam nichos muito similares, podem ocorrer interações competitivas (Harvey et al., 2013; Ayala et al., 2021). A competição entre duas espécies de parasitoides pode ocorrer tanto de forma extrínseca (entre adultos de vida livre) quanto intrínseca (entre larvas dentro do hospedeiro). Na competição extrínseca, as fêmeas podem evitar ou reduzir a competição por meio da divisão de recursos do hospedeiro (Harvey et al., 2013). Porém, a competição intrínseca tende a ser assimétrica e letal em

endoparasitoides solitários; uma espécie acaba eliminando a outra por meio de ataque físico, supressão fisiológica ou ambos; a espécie sobrevivente pode ter seu desenvolvimento atrasado e apresentar menor tamanho (Harvey et al., 2013; Cusumano et al., 2016). Geralmente a espécie com desenvolvimento mais rápido sai em vantagem em uma competição intrínseca (Wang et al., 2019).

Por meio do parasitismo específico de duas espécies de parasitoide em interação, é possível verificar se ocorre interferência no desempenho de cada uma (Akutse et al., 2015; Foba et al., 2015). Em alguns estudos, o parasitismo total tem se mostrado maior quando se utiliza mais de uma espécie em comparação com o uso isolado (Akutse et al., 2015; Foba et al., 2015; Muchemi et al., 2018). Esse fato é mais comum quando parasitoides não ocupam os mesmos nichos, não havendo sobreposição (Wang et al., 2015; Xuan et al., 2018). Apesar do parasitismo ser o parâmetro mais importante para determinar o desempenho e potencial de controle de um parasitoide (Muchemi et al., 2018), também é comum se avaliar mortalidade não reprodutiva (por picadas de prova e alimentação da fêmea antes da oviposição) e razão sexual da progênie nos estudos de interação interespecífica (Akutse et al., 2015; Foba et al., 2015; Muchemi et al., 2018).

Alguns estudos avaliaram interações de *P. scabriventris* com outros parasitoides (Akutse et al., 2015; Foba et al., 2015), mas interações entre *P. scabriventris* e *Z. unicarinata* são desconhecidas. Portanto, os objetivos desse estudo foram: (1) investigar as interações entre *P. scabriventris* e *Z. unicarinata* em condições de laboratório; e (2) avaliar o efeito dessas interações na mortalidade reprodutiva (parasitismo) e não reprodutiva do hospedeiro, bem como na razão sexual de ambas as espécies, visando a uma melhor compreensão da coexistência dessas espécies no controle de *L. sativae* para futuros programas de liberação em campo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local do estudo

O experimento foi realizado no Laboratório de Entomologia Aplicada, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. Os insetos utilizados no experimento foram provenientes da criação estoque desse laboratório, onde são mantidos em salas com temperatura de 25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e 12 h de fotofase. Espécimes voucher de *L. sativae*, *P. scabriventris* e *Z. unicarinata* foram depositados na Coleção de Invertebrados do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus, Amazonas, Brasil (J. A. Rafael, curador).

2.2 Criação do hospedeiro *L. sativae*

A criação do hospedeiro foi mantida utilizando mudas de feijão-de-porco *Canavalia ensiformis* (Fabaceae) da Brseeds[®]. As sementes foram semeadas em bandejas de polietileno (162 células), utilizando como substrato fibra de coco (Amifibra) Golden Mix[®] e matéria orgânica Pole Fértil[®], na proporção de 3:1. As plantas foram mantidas em casa de vegetação com tela antiafídeo e regadas três vezes ao dia. Quando as plantas tinham 12 dias de idade, foram submetidas à infestação da mosca *L. sativae* em gaiolas com tela antiafídeo (50 cm comprimento × 50 cm largura × 50 cm altura), contendo cerca de 200 casais da mosca minadora com dez dias de idade (razão sexual de 1:1), durante 24 horas. Os insetos foram alimentados com solução de mel (10% em água) em discos de espuma (Spontex[®]).

As plantas infestadas foram levadas de volta para casa de vegetação, onde permaneceram até as larvas chegarem ao 3º ínstar, após quatro dias. As mudas contendo as larvas de *L. sativae* foram transportadas para o laboratório, onde foi feito o corte das folhas no pecíolo. Em seguida, o pecíolo foi imerso em água, em potes de plástico de 40 ml e acondicionados em bandejas de polietileno brancas (50 cm comprimento × 30 cm largura × 9,7 cm altura). Após cinco dias, os pupários obtidos foram coletados com auxílio de pincel Condor[®] 456 n° 24 e acondicionados em placas de Petri fechadas com filme de PVC transparente. Os adultos obtidos foram liberados nas gaiolas da criação de *L. sativae*.

2.3 Criação dos parasitoides *P. scabriventris* e *Z. unicarinata*

Plantas de *C. ensiformes* contendo larvas de *L. sativae* de 2º ínstar foram colocadas em gaiolas de acrílico (50 cm comprimento × 50 cm largura × 50 cm altura) contendo adultos dos parasitoides *P. scabriventris* e *Z. unicarinata*, separadamente, onde permaneceram por 24 horas para o parasitismo. Os insetos foram alimentados com solução de mel (10% em água) em discos de espuma (Spontex[®]).

Após o parasitismo, as folhas foram cortadas igualmente como descrito na criação de *L. sativae*. Cinco dias após o corte das folhas, os pupários foram coletados das bandejas de polietileno com auxílio de pincel Condor[®] 456 n° 24 e acondicionados em placas de Petri fechadas com filme PVC, onde permaneceram até a emergência dos parasitoides, para posterior liberação nas gaiolas de criação.

2.4 Produção e infestação das mudas de meloeiro

Para condução desse experimento, foram utilizadas plantas de melão do tipo Amarelo híbrido ‘Goldex’ (Agristar®). As sementes foram plantadas em bandejas de polietileno (162 células), contendo como substrato fibra de coco (Amifibra) Golden Mix®. Após 10 dias do plantio, as plântulas foram transplantadas para vasos de polietileno (10 cm diâmetro × 10 cm altura), contendo como substrato fibra de coco (Amifibra) Golden Mix® e matéria orgânica Pole Fértil®, na proporção de 3:1. Após o transplante, as mudas permaneceram em casa de vegetação com tela anti-afídeo até atingirem duas folhas verdadeiras formadas (cerca de 20 dias após o plantio) para realização do ensaio. Essas mudas foram regadas duas vezes ao dia.

Ao atingirem o desenvolvimento foliar ideal, as plantas foram levadas ao laboratório, onde foram expostas à infestação da mosca minadora nas gaiolas de criação. Em cada gaiola, foram colocadas 15 plantas, com período de infestação de duas horas, no período da manhã. Após esse período, as plantas foram levadas de volta para casa de vegetação, onde permaneceram por três dias, até as larvas alcançarem o 2º ínstar.

2.5 Interações entre *P. scabriventris* e *Z. uncarinata* em larvas de *L. sativae*

O estudo de interações entre *P. scabriventris* e *Z. uncarinata* foi realizado a partir da exposição das larvas de 2º ínstar de *L. sativae* ao parasitismo simultâneo e sequencial, comparando com o parasitismo isolado de cada espécie. Assim, o experimento foi composto por cinco tratamentos: T1 - parasitismo simultâneo de *P. scabriventris* e *Z. uncarinata* por oito horas; T2 - parasitismo sequencial, primeiramente as larvas de *L. sativae* foram expostas ao *P. scabriventris* por quatro horas e posteriormente ao *Z. uncarinata* por quatro horas; T3 - parasitismo sequencial, primeiramente as larvas de *L. sativae* foram expostas ao *Z. uncarinata* por quatro horas e posteriormente ao *P. scabriventris* por quatro horas; T4 - parasitismo isolado de *P. scabriventris* por oito horas; e T5 - parasitismo isolado de *Z. uncarinata* por oito horas. O horário de exposição das larvas foi de 8h00 às 16h00. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado e cada tratamento continha dez repetições.

Parasitoides com idade até 48 horas foram pareados (um macho e uma fêmea) em gaiolas de polipropileno (12 cm diâmetro × 25 cm altura), de acordo com cada tratamento. Foi oferecida aos parasitoides uma alimentação à base de mel a 10%, borrifada em uma esponja vegetal (Spontex®) (5 cm largura × 10 cm altura), e água destilada. A separação das fêmeas e machos de *P. scabriventris* foi baseada no ovipositor (Mujica et al., 2016) e de *Z. uncarinata* foi com base no número de segmentos das antenas, sendo 13 para fêmeas e 15 para machos

(Buffington et al., 2017), com auxílio de um microscópio estereoscópico Leica S8APO (ampliação de 40×). Diariamente, durante cinco dias, foi ofertada aos parasitoides uma planta de meloeiro infestada com larvas de 2º ínstar de *L. sativae*, numa proporção de 20 larvas por fêmea (conforme testes preliminares). Para determinar essa densidade larval, foi utilizada a média de larvas parasitadas por fêmea, de cada espécie, nos cinco primeiros dias da fase adulta. As folhas infestadas foram previamente avaliadas em um microscópio estereoscópico Leica S8APO e as larvas em excesso foram mortas na folha usando um palito de madeira. Os insetos foram mantidos em uma sala com ambiente climatizado (25 ± 2 °C, $70\pm 10\%$ UR e 12 h de fotofase).

Para determinar o parasitismo de *P. scabriventris* e *Z. unicarinata*, após o período de exposição das larvas hospedeiras, as plantas infestadas provenientes de cada gaiola foram colocadas individualmente dentro de bandejas de poliestireno expandido (21 cm comprimento \times 14,5 cm largura \times 1,5 cm altura) e acondicionadas em sala climatizada, conforme mencionado acima, até a obtenção dos pupários. Cem pupários de cada tratamento (T1, T2 e T3), de cada dia de exposição, foram dissecados após quatro dias do parasitismo para avaliar a interação das larvas dos parasitoides dentro do hospedeiro multiparasitado ou superparasitado. Foram verificados o desempenho larval dos parasitoides diante da competição e os efeitos proporcionados por essa competição no desenvolvimento deles. Essas larvas foram avaliadas com auxílio de um microscópio estereoscópico Leica S8APO (ampliação de 40×) para observar se ocorria interação competitiva intrínseca entre os parasitoides. Foi construído um Diagrama de Venn com o parasitismo de cada espécie de parasitoide e a interação entre eles. O restante dos pupários obtidos foi coletado após cinco dias da exposição das larvas hospedeiras, contabilizados e colocados em placas Petri (5,5 cm diâmetro \times 1,5 cm altura) recobertas com filme plástico transparente, onde permaneceram até a emergência dos adultos (parasitoide ou mosca minadora) que foram contabilizados. Os pupários sem emergência foram dissecados sob microscópio estereoscópico Leica S8APO, para verificar a existência de parasitoides ou não. A partir do número de parasitoides emergidos, foram determinados os índices de parasitismo para cada espécie (IP) e o parasitismo total (IPT).

2.5.1 Mortalidade não reprodutiva e mortalidade total do hospedeiro

A mortalidade natural da mosca minadora (mortalidade de larvas e pupas) foi verificada utilizando-se dez plantas de meloeiro com 20 larvas de 2º ínstar, colocadas nas mesmas condições dos tratamentos, porém sem exposição aos parasitoides. O número de pupas e adultos obtidos foi usado para corrigir a mortalidade natural da mosca minadora nos tratamentos,

usando a fórmula de Abbott (Abbott, 1925). Foi avaliada nos tratamentos a mortalidade do hospedeiro nos estágios larval e pupal, ocasionada por picadas e alimentação pelas fêmeas parasitoides (mortalidade não reprodutiva). A mortalidade de larvas ocasionada pelos parasitoides foi obtida por meio do número corrigido de pupas viáveis de moscas e a mortalidade de pupas pelo número corrigido de adultos emergidos. Também foi avaliada a mortalidade total, que foi o somatório da mortalidade larval, mortalidade pupal e o parasitismo.

2.5.2 Proporção sexual

Para avaliar o efeito da interação entre os parasitoides na razão sexual, os descendentes de *P. scabriventris* e *Z. unicarinata*, provenientes de cada tratamento, foram sexados e suas proporções foram determinadas.

2.6 Análise dos dados

O índice de parasitismo para cada espécie de parasitoide, o índice de parasitismo total, a mortalidade da mosca minadora e a razão sexual foram calculados usando as equações abaixo:

$$IP = (\text{N}^\circ \text{ de parasitoides} / \text{N}^\circ \text{ de larvas}) \times 100$$

$$IPT = (\text{N}^\circ \text{ de } P. \text{ scabriventris} + \text{N}^\circ \text{ de } Z. \text{ unicarinata} / \text{N}^\circ \text{ de larvas}) \times 100$$

$$\text{Mortalidade de larvas} = (\text{N}^\circ \text{ de larvas} - \text{N}^\circ \text{ de pupas}) / (\text{N}^\circ \text{ de larvas}) \times 100$$

$$\text{Mortalidade de pupas} = (\text{N}^\circ \text{ de pupas} - \text{N}^\circ \text{ de moscas emergidas}) / (\text{N}^\circ \text{ de pupas}) \times 100$$

$$\text{Mortalidade corrigida (ABBOTT)} = (\text{Mortalidade no tratamento} - \text{Mortalidade na testemunha} / 100 - \text{Mortalidade na testemunha}) \times 100$$

$$RS = [(\text{número de fêmeas}) / (\text{número de fêmeas} + \text{número de machos})] \times 100$$

O superparasitismo das espécies foi avaliado pelo teste exato de Fisher a 5% de probabilidade. Os dados de parasitismo específico de *Z. unicarinata* foram transformados. O índice de parasitismo de *P. scabriventris*, o índice de parasitismo de *Z. unicarinata* e o índice de parasitismo total, assim como a mortalidade de larvas, pupas e mortalidade total do hospedeiro foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A proporção sexual das espécies de parasitoides nos tratamentos foi avaliada pelo teste de Qui-quadrado a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas utilizando-se o programa estatístico R v. 4.1.2 (R Core Team, 2023).

3 RESULTADOS

3.1 Interações entre *P. scabriventris* e *Z. unicarinata* em larvas de *L. sativae*

Para estudar a interação intrínseca entre os parasitoides, foram dissecados 1.500 pupários, sendo 500 pupários de cada uma das formas de exposição do hospedeiro (T1, T2 e T3). Nesses pupários, foi verificado que tanto na exposição simultânea quanto nas sequenciais, o parasitismo de *P. scabriventris* foi maior do que o parasitismo de *Z. unicarinata*, e em poucos pupários foi verificado o multiparasitismo (Fig. 1).

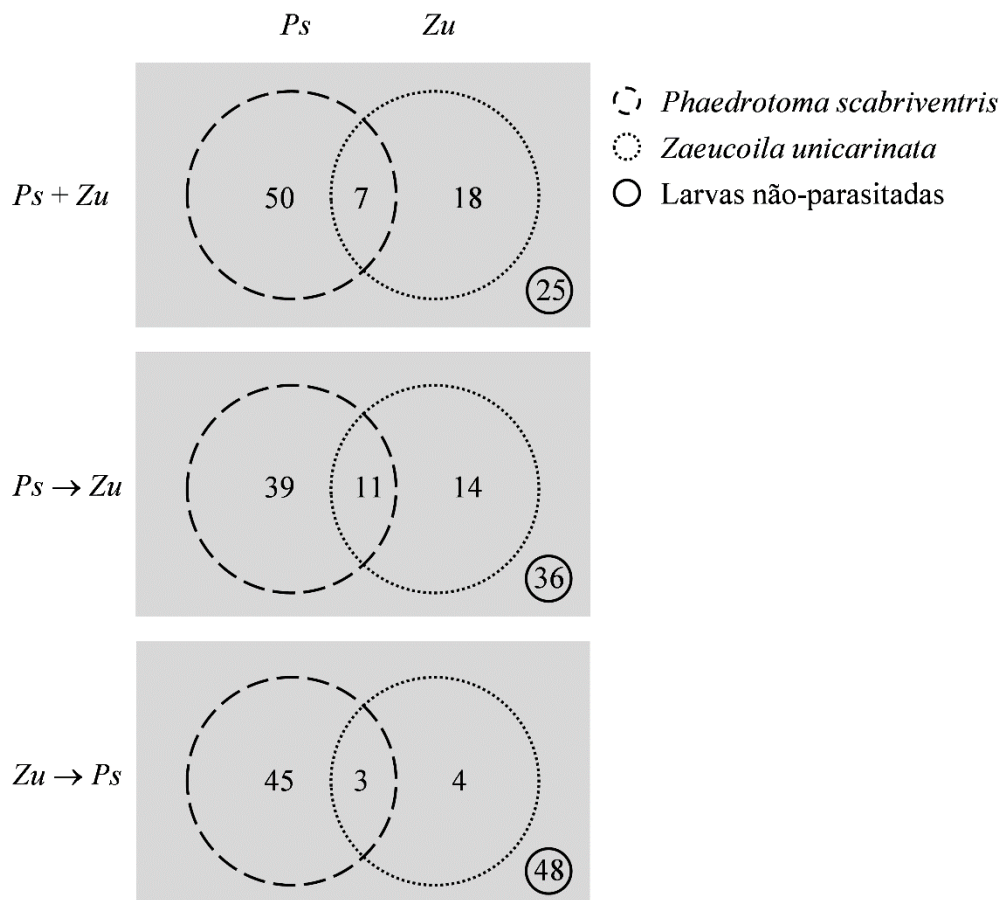


Fig. 1. Diagrama de Venn para o parasitismo (%) de *Phaedrotoma scabriventris* (*Ps*) e *Zaeucoila unicarinata* (*Zu*) em três formas de exposição do hospedeiro *Liriomyza sativae*. O parasitismo de cada espécie de parasitoide é um subconjunto do parasitismo total. A interseção dos subconjuntos é o parasitismo ocasionado por ambas as espécies. Fora dos subconjuntos corresponde a proporção de larvas não parasitadas. $Ps+Zu$: larvas hospedeiras foram expostas a um casal de *P. scabriventris* e a um casal de *Z. unicarinata* simultaneamente por oito horas; $Ps \rightarrow Zu$: larvas hospedeiras foram expostas primeiramente a um casal de *P. scabriventris* pelas primeiras quatro horas seguido por um casal de *Z. unicarinata* por mais quatro horas de exposição; $Zu \rightarrow Ps$: larvas hospedeiras foram expostas primeiramente a um casal de *Z. unicarinata* pelas primeiras quatro horas seguido por um casal de *P. scabriventris* por mais quatro horas de exposição.

Phaedrotoma scabriventris foi encontrado nos três ínstares de desenvolvimento larval, sendo que, apenas quando não estava em competição foi encontrado em 3º instar. *Zaeucoila unicarinata* foi encontrado na fase de ovo e no 1º instar larval, sendo este último o mais frequente. No geral, quando foi detectada a presença das duas espécies numa mesma larva hospedeira, o ovo estava inviável (vazio) ou a larva de *Z. unicarinata* estava morta e a larva de *P. scabriventris* estava viva, mas com desenvolvimento retardado (2º instar). Larvas de 2º instar de *P. scabriventris* foram registradas em alguns hospedeiros atacando ovo ou larva de *Z. unicarinata* por meio de seu apêndice caudal. Porém, não foi registrado esse ataque quando *P. scabriventris* estava no 1º instar larval. Em apenas seis hospedeiros dissecados, sendo quatro deles da exposição simultânea, a larva de *Z. unicarinata* estava viva na presença de larvas de 1º instar mortas de *P. scabriventris*.

Neste estudo, também foi verificado o superparasitismo, com a presença de até quatro larvas de *P. scabriventris* em um único hospedeiro, todas em 1º instar. Em todas as formas de exposição *P. scabriventris* superparasitou mais que *Z. unicarinata*, não diferindo a proporção nas formas de exposição do hospedeiro ($p = 0,7571$) (Fig. 2). No superparasitismo foi verificado também que apenas uma das larvas estava viva, ou nenhuma estava, havendo desenvolvimento retardado para *P. scabriventris*.

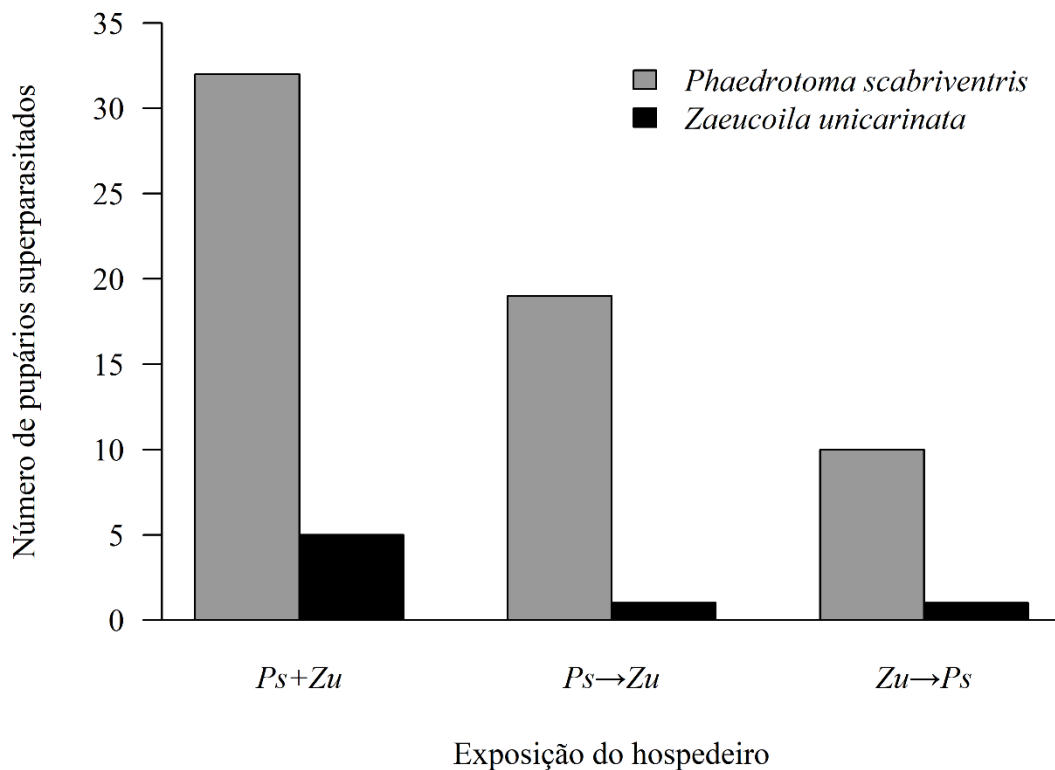


Fig. 2. Superparasitismo de *Phaedrotoma scabriventris* e *Zaeucoila unicarinata* em três formas de exposição do hospedeiro *Liriomyza sativae*. *Ps+Zu*: larvas hospedeiras foram expostas a um casal de *P. scabriventris* e a um casal de *Z. unicarinata* simultaneamente por oito horas; *Ps→Zu*: larvas hospedeiras foram expostas primeiramente a um casal de *P. scabriventris* pelas primeiras quatro horas seguido por um casal de *Z. unicarinata* por mais quatro horas de exposição; *Zu→Ps*: larvas hospedeiras foram expostas primeiramente a um casal de *Z. unicarinata* pelas primeiras quatro horas seguido por um casal de *P. scabriventris* por mais quatro horas de exposição.

Em todos os hospedeiros parasitados observados nos tratamentos emergiu apenas um exemplar por pupário, *P. scabriventris* ou *Z. unicarinata*, mesmo nas exposições simultânea e sequencial das larvas hospedeiras. Os pupários que não emergiram adultos (inviáveis) estavam vazios. O parasitismo de *P. scabriventris* foi significativamente maior ($F = 8,76$; $gl = 3, 36$; $p < 0,001$) em combinação com *Z. unicarinata* quando as larvas do hospedeiro foram expostas simultaneamente e quando foram expostas por último a *P. scabriventris* (Tab. 1). Desse modo, a sequência de introdução do hospedeiro a *P. scabriventris* influenciou no seu parasitismo, como também influenciou no parasitismo de *Z. unicarinata* ($F = 6,02$; $gl = 3, 36$; $p = 0,002$)

(Tab. 1), sendo que quando as larvas hospedeiras foram expostas primeiro a *Z. unicarinata* houve decréscimo no seu parasitismo.

Tab. 1. Interações entre *Phaedrotoma scabriventris* e *Zaeucoila unicarinata* e seu respectivo parasitismo (%) em larvas de *Liriomyza sativae* em plantas de meloeiro.

Exposição do hospedeiro	Parasitismo específico		Parasitismo total
	<i>Ps</i>	<i>Zu</i>	
<i>Ps+Zu</i>	31,47±2,37 a	18,79±0,19 a	51,28±3,08 a
<i>Ps→Zu</i>	13,59±1,43 b	24,71±0,30 a	39,48±5,17 b
<i>Zu→Ps</i>	28,62±3,28 a	4,92±0,14 b	34,68±3,19 b
<i>Ps</i>	19,40±3,57 b		19,40±3,57 c
<i>Zu</i>		17,60±4,54 a	17,60±4,54 c

Valores são médias ± erro-padrão ($n=10$). Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem estatisticamente (Duncan, $p \leq 0,05$). *Ps+Zu*: larvas hospedeiras foram expostas a um casal de *P. scabriventris* e a um casal de *Z. unicarinata* simultaneamente por oito horas; *Ps→Zu*: larvas hospedeiras foram expostas primeiramente a um casal de *P. scabriventris* pelas primeiras quatro horas seguido por um casal de *Z. unicarinata* por mais quatro horas de exposição; *Zu→Ps*: larvas hospedeiras foram expostas primeiramente a um casal de *Z. unicarinata* pelas primeiras quatro horas seguido por um casal de *P. scabriventris* por mais quatro horas de exposição; *Ps*: larvas hospedeiras foram expostas a um casal de *P. scabriventris* por oito horas; *Zu*: larvas hospedeiras foram expostas a um casal de *Z. unicarinata* por oito horas.

O parasitismo de *P. scabriventris* foi, no geral, acima do parasitismo de *Z. unicarinata* nas combinações interespecíficas, com até 5,8 vezes do parasitismo desse último na forma de exposição sequencial, quando o hospedeiro foi exposto por último a *P. scabriventris*. Apenas quando as larvas hospedeiras foram expostas por último a *Z. unicarinata* o parasitismo de *Z. unicarinata* foi superior, até 1,8 vezes, ao parasitismo específico de *P. scabriventris*.

Nas três combinações interespecíficas houve aumento na taxa de parasitismo total em comparação às formas isoladas ($F = 12,53$; $gl = 4, 45$; $p < 0,001$), sendo que o maior parasitismo total foi obtido quando as larvas do hospedeiro foram expostas às duas espécies simultaneamente (Tab. 1). Nas exposições sequenciais não houve diferença significativa no parasitismo total (Tab. 1). O parasitismo isolado de *P. scabriventris* foi semelhante ao parasitismo de *Z. unicarinata* (Tab. 1).

3.2 Mortalidade não reprodutiva e mortalidade total do hospedeiro

A maior mortalidade larval do hospedeiro causada por picadas e alimentação foi verificada quando as duas espécies de parasitoides estavam isoladas ($F = 4,22$; $gl = 4, 45$; $p = 0,0055$), causando mortalidade de larvas próxima a 40% para ambas as espécies, quase o dobro da mortalidade das demais formas de exposição (Tab. 2). Em relação à mortalidade pupal não

houve diferença significativa entre as formas de exposição do hospedeiro ($F = 1,72$; $gl = 4, 45$; $p = 0,1617$) (Tab. 2).

Tab. 2. Mortalidade de larvas (%) e de pupas (%) de *Liriomyza sativae* devido a picadas e alimentação ocasionada por *Phaenotoma scabriventris* e *Zaeucoila unicarinata* e mortalidade total (incluindo o parasitismo) (%) de acordo com a forma de exposição do hospedeiro.

Exposição do hospedeiro	Mortalidade por picadas e alimentação		Mortalidade Total
	Larvas	Pupas	
<i>Ps+Zu</i>	18,60±2,42 b	15,86±2,47 a	85,74±4,16 a
<i>Ps→Zu</i>	19,00±4,73 b	17,05±1,56 a	75,53±4,19 ab
<i>Zu→Ps</i>	20,40±7,00 b	16,53±2,90 a	71,61±6,47 b
<i>Ps</i>	35,90±2,55 a	10,97±1,40 a	66,27±3,26 b
<i>Zu</i>	37,00±4,60 a	12,19±1,77 a	66,79±4,36 b

Valores são médias \pm erro padrão da média ($n=10$). Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem estatisticamente (Duncan, $p \leq 0,05$). *Ps+Zu*: larvas hospedeiras foram expostas a um casal de *P. scabriventris* e a um casal de *Z. unicarinata* simultaneamente por oito horas; *Ps→Zu*: larvas hospedeiras foram expostas primeiramente a um casal de *P. scabriventris* pelas primeiras quatro horas seguido por um casal de *Z. unicarinata* por mais quatro horas de exposição; *Zu→Ps*: larvas hospedeiras foram expostas primeiramente a um casal de *Z. unicarinata* pelas primeiras quatro horas seguido por um casal de *P. scabriventris* por mais quatro horas de exposição; *Ps*: larvas hospedeiras foram expostas a um casal de *P. scabriventris* por oito horas; *Zu*: larvas hospedeiras foram expostas a um casal de *Z. unicarinata* por oito horas.

Considerando também a mortalidade ocasionada pelo parasitismo, houve maior mortalidade total quando as larvas hospedeiras foram expostas simultaneamente às duas espécies de parasitoides ($F = 2,99$; $gl = 4, 45$; $p = 0,0286$), o que levou a 86% de mortalidade (Tab. 2), sendo que essa mortalidade se deveu principalmente ao parasitismo, diferentemente do que ocorreu quando o hospedeiro foi ofertado às duas espécies isoladas. Tanto para *P. scabriventris* quanto para *Z. unicarinata*, quando isolados, a mortalidade de *L. sativae* foi ocasionada principalmente por picadas e alimentação. De uma mortalidade total de 66,79%, 49,19% se deveram à mortalidade por picadas e alimentação de *Z. unicarinata*. Exemplo semelhante foi observado para *P. scabriventris*, com mortalidade de 46,87% devido a picadas e à alimentação.

3.3 Proporção sexual

Para ambas as espécies de parasitoides, as proporções sexuais nas progêneses F1 não foram significativamente influenciadas pelas formas de exposição do hospedeiro (Tab. 3). Dessa forma, a presença de *P. scabriventris* não teve efeito significativo na proporção de fêmeas

e machos de *Z. unicarinata*, assim como a presença de *Z. unicarinata* não influenciou significativamente a proporção sexual de *P. scabriventris*.

Tab. 3. Efeito das interações entre *Phaedrotoma scabriventris* e *Zaeucoila unicarinata* na proporção sexual (%) da progênie F1.

Exposição do hospedeiro	<i>Phaedrotoma scabriventris</i>				<i>Zaeucoila unicarinata</i>			
	♂	♀	χ^2	p-valor	♂	♀	χ^2	p-valor
<i>Ps+Zu</i>	51,57	48,43	0,0048	0,9445	41,96	58,04	0,0773	0,7810
<i>Ps→Zu</i>	77,38	22,62	0,5594	0,4545	50,28	49,72	0,0001	0,9920
<i>Zu→Ps</i>	42,20	57,80	0,0938	0,7595	56,00	44,00	0,0152	0,9018
<i>Ps</i>	43,30	56,70	0,0697	0,7918				
<i>Zu</i>					58,52	41,48	0,1023	0,7491

Teste de Qui-quadrado ($p \leq 0,05$). *Ps+Zu*: larvas hospedeiras foram expostas a um casal de *P. scabriventris* e a um casal de *Z. unicarinata* simultaneamente por oito horas; *Ps→Zu*: larvas hospedeiras foram expostas primeiramente a um casal de *P. scabriventris* pelas primeiras quatro horas seguido por um casal de *Z. unicarinata* por mais quatro horas de exposição; *Zu→Ps*: larvas hospedeiras foram expostas primeiramente a um casal de *Z. unicarinata* pelas primeiras quatro horas seguido por um casal de *P. scabriventris* por mais quatro horas de exposição; *Ps*: larvas hospedeiras foram expostas a um casal de *P. scabriventris* por oito horas; *Zu*: larvas hospedeiras foram expostas a um casal de *Z. unicarinata* por oito horas.

4 DISCUSSÃO

O multiparasitismo verificado entre as espécies foi baixo em todas as formas de exposição do hospedeiro, apesar das duas espécies avaliadas serem endoparasitoides e terem a mesma preferência por larvas de 2º ínstar. A capacidade de uma fêmea parasitoide reconhecer e discriminar um hospedeiro já parasitado em nível interespecífico não é comum (Godfray, 1994; Yang et al., 2018). Contudo, devido à baixa competição larval verificada no presente estudo, não se descarta a possibilidade de ter ocorrido uma discriminação nesse nível. Essa discriminação pode ser um dos mecanismos ecológicos que contribuem para a coexistência das duas espécies que ocupam o mesmo nicho (Wang et al., 2019). A interação entre as duas espécies ocorreu primeiramente de forma extrínseca, quando as fêmeas foram postas simultaneamente. Verificou-se que fêmeas de *P. scabriventris* se mostraram mais agressivas, impedindo que a fêmea de *Z. unicarinata* forrageasse próximo e fazendo com que essa última procurasse a face oposta da folha. Esse comportamento agressivo também foi observado por Couchoux e van Nouhuys (2014) em vespas parasitoides solitárias, em que o surgimento de uma fêmea próximo ao local de forragear interrompia o forrageamento de outras fêmeas.

Phaedrotoma scabriventris apresenta vantagens sobre *Z. unicarinata*: são mais ágeis quando adultos, o que facilita na busca por hospedeiros; o desenvolvimento de imaturos é mais rápido; possui grandes mandíbulas em forma de foice no 1º ínstar larval, utilizadas para matar ovos ou larvas de competidores; além de ser maior, nas fases larval (para a competição intrínseca) e adulta (para a competição extrínseca). Apesar da larva de 1º ínstar de *Z. unicarinata* possuir maior locomoção por apresentar apêndice caudal bem desenvolvido, dificilmente vencerá um combate físico com *P. scabriventris*. Neste estudo, não foram constatados indícios de supressão fisiológica para ambas as espécies, já que a maioria das larvas de *Z. unicarinata* (espécie com desenvolvimento tardio) eclodiu; assim, somente o combate físico, por meio das mandíbulas e apêndices caudais, foi observado. Apesar de não ter sido registrado combate físico quando *P. scabriventris* estava em 1º ínstar, provavelmente isso ocorreu, já que em 1º ínstar suas mandíbulas são maiores, o que mais contribui para o combate físico.

Para *Z. unicarinata*, foi constatado que ele não teve o comportamento de superparasitar como o *P. scabriventris*. Muitas espécies de parasitoides fêmeas marcam seus hospedeiros parasitados com feromônios indicando para elas próprias ou para outras da mesma espécie discriminem esses hospedeiros parasitados, por meio de sensilas das antenas e/ou ovipositor (Van Lenteren, 1981; Agboka et al., 2002; Harvey et al., 2013). Porém, mais estudos são necessários para avaliar esse comportamento de discriminação de hospedeiro para essa espécie, assim como seria interessante avaliar densidades menores de larvas hospedeiras para verificar o superparasitismo.

Apesar do parasitismo de *P. scabriventris* ter sido maior em todas as formas de exposição das larvas quando os pupários foram dissecados, na emergência dos adultos não foi constatado o mesmo. O parasitismo de *Z. unicarinata* das amostras que emergiram se mostrou muito próximo do parasitismo nos pupários dissecados. Para *P. scabriventris* caiu bastante o parasitismo das amostras das quais emergiram os adultos, principalmente quando o hospedeiro foi exposto primeiramente a ele. Isso mostra que a mortalidade de larvas dessa espécie é alta quando está em competição com outras larvas de outra ou da mesma espécie, já que foi observado neste estudo ser comum o superparasitismo de *P. scabriventris*. Apesar do que foi observado, é comum a capacidade das fêmeas parasitoides reconhecerem hospedeiros já parasitados por elas próprias ou fêmeas coespecíficas (Bakker et al., 1985). Essa maior mortalidade larval de *P. scabriventris* provavelmente está relacionada não só ao parasitismo múltiplo, como também às picadas ocasionadas pela fêmea de *Z. unicarinata*, quando o

hospedeiro foi ofertado por último a essa segunda espécie, sendo ela a que se saiu melhor nessa forma de exposição do hospedeiro.

Embora no presente estudo tenha sido observada mais de uma larva de parasitoide, da mesma espécie ou da outra espécie, numa mesma larva hospedeira, apenas um adulto de parasitoide emergiu de cada pupário em todas as formas de exposição do hospedeiro, comprovando a natureza solitária de ambas as espécies de parasitoide. O presente estudo também mostrou que *P. scabriventris* tem potencial de parasitismo semelhante a *Z. unicarinata* em condições de laboratório. *Zaeucoila unicarinata* é uma espécie pouco estudada, porém há trabalhos mostrando seu potencial como agente de controle da mosca minadora *L. sativae* (Dados não publicados). Por sua vez, *P. scabriventris* possui vários estudos sobre seu potencial de controle de *Liriomyza* spp. (Costa-Lima et al., 2019), inclusive trabalhos de interações competitivas com outras espécies (Akutse et al., 2015; Foba et al., 2015).

A presença de *Z. unicarinata* não teve efeito negativo no parasitismo de *P. scabriventris*, tendo, ao contrário, aumentado significativamente quando o hospedeiro foi ofertado simultaneamente e por último a essa segunda espécie, mesmo o hospedeiro passando menos tempo em exposição, nesse último caso. Por sua vez, a presença de *P. scabriventris* influenciou negativamente o parasitismo de *Z. unicarinata* quando este recebeu o hospedeiro primeiro. O maior parasitismo de *P. scabriventris*, quando exposto simultaneamente e sequencialmente após *Z. unicarinata*, pode se dever à presença de outra fêmea parasitoide sobre as larvas hospedeiras ter estimulado o parasitismo dela e pelo fato de ambas as espécies preferirem parasitar em um período mais tarde do dia. Nesse caso, estudos adicionais são necessários para verificar se há um período específico do dia para essas espécies realizarem o parasitismo, ou até mesmo o tamanho da larva hospedeira pode estar relacionado. No período vespertino, as larvas estão maiores, conseqüentemente com maior conteúdo nutricional.

Muchemi et al. (2018) também observaram maior taxa de parasitismo em relação à forma de liberação sequencial, quando o endoparasitoide *Chrysocharis flacilla* (Walker; Hymenoptera: Eulophidae), em interação com *Diglyphus isaea* (Walker; Hymenoptera: Eulophidae), foi liberado por último. Em muitos trabalhos, foi constatado o contrário: quem chega primeiro tem vantagem, já que a fêmea que chega por último pode discriminar hospedeiros já parasitados e/ou encontrar hospedeiros com qualidade nutricional reduzida ou mesmo esgotada (Mills, 2003; Foba et al., 2015; Mustu e Kilincer, 2015; Wang et al., 2019).

O uso simultâneo de *P. scabriventris* e *Z. unicarinata* foi a melhor combinação dessas espécies pelo maior parasitismo total constatado na densidade larval avaliada. A presença de uma espécie pode incentivar o parasitismo da outra já que eles se encontram em uma situação

de competição. Esse comportamento ocasionado pela interação de duas espécies de parasitoides de *Liriomyza* spp. também foi verificado em outros trabalhos (Akutse et al., 2015; Foba et al., 2015; Muchemi et al., 2018).

As taxas de parasitismo de ambas as espécies isoladas se mostraram inferiores às taxas de parasitismo de quando foram utilizadas as duas espécies juntas nas três formas de exposição do hospedeiro, onde se pode observar efeito sinérgico da combinação dessas duas espécies de parasitoides. Akutse et al. (2015) e Foba et al. (2015) observaram taxas de parasitismo maiores da espécie *P. scabriventris* isolada, no entanto eles trabalharam com uma população de 35 fêmeas numa mesma gaiola, o que pode ter favorecido o parasitismo pela competição intraespecífica.

Apesar do baixo parasitismo para ambas as espécies quando isoladas, houve maior mortalidade não reprodutiva, causada por picadas e alimentação. É um comportamento esperado e uma forma adicional de mortalidade em espécies de parasitoides de mosca minadora, em que as fêmeas matam seus hospedeiros não apenas com o parasitismo, como também por alimentação ou mesmo picadas para uma maior longevidade, fecundidade e eficiência de busca do hospedeiro (Syme, 1977; Akutse et al., 2015; Xuan et al., 2018; Muchemi et al., 2018). Em estudo realizado por Muchemi et al. (2018), maior mortalidade não reprodutiva do hospedeiro foi verificada quando as fêmeas parasitoides foram utilizadas juntas. Nas formas combinadas das espécies que estudamos, a mortalidade maior foi ocasionada principalmente pelo parasitismo. A presença de outra fêmea pode ter induzido mais à oviposição em vez de picadas e alimentação do hospedeiro, reduzindo o tempo de forrageamento e o tempo entre oviposições.

As progênes F1 deste estudo apresentaram proporções sexuais equilibradas em todas as formas de exposição do hospedeiro, tanto para *P. scabriventris* quanto para *Z. unicarinata*. Akutse et al. (2015), Foba et al. (2015) e Muchemi et al. (2018) também constataram que as interações entre as espécies de parasitoides por eles estudadas não interferiram na proporção sexual de suas progênes F1.

5 CONCLUSÕES

Zaeucoila unicarinata não apresentou efeito negativo significativo no parasitismo de *P. scabriventris*, mas este influenciou negativamente no parasitismo de *Z. unicarinata*. Em interação com *Z. unicarinata*, *P. scabriventris* apresentou melhor parasitismo quando utilizado simultaneamente com *Z. unicarinata* e quando o hospedeiro foi ofertado por último a ele. Para *Z. unicarinata*, não houve aumento no seu parasitismo em interação com *P. scabriventris*. No

uso combinado dessas duas espécies, de forma simultânea, foi verificado melhor parasitismo total. As espécies isoladas apresentaram potencial de parasitismo semelhante e ocasionaram maior mortalidade larval por picadas e alimentação, no entanto a mortalidade total do hospedeiro foi maior na forma simultânea. As interações entre *P. scabriventris* e *Z. unicarinata* não afetaram a razão sexual para ambas as espécies.

Com maior parasitismo total e mortalidade total de larvas hospedeiras obtidas no uso simultâneo das espécies *P. scabriventris* e *Z. unicarinata*, esses resultados, em condições de laboratório, contribuem para um melhor controle de *L. sativae*. No entanto, estudos de campo devem ser realizados para verificar se esses resultados se mantêm em condições não controladas de temperatura, umidade relativa do ar, fotoperíodo, diversidade e densidade de hospedeiro.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- Abbott, W.S., 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18, 265–267.
- Agboka, K., Schulthess, F., Labo, I., Smith H., 2002. Intra and interspecific superparasitism of *Telenomus busseolae* Gahan and *Telenomus isis* Polaszek (Hymenoptera: Scelionidae) two egg parasitoids of the African cereal stem borer, *Sesamia calamistis* Hampson (Lepidoptera: Noctuidae). *J. Insect. Behav.* 15, 1–12.
- Akutse, K.S., Van Den Berg, J., Maniania, N.K., Fiaboe, K.K.M., Ekesi, S., 2015. Interactions between *Phaenotoma scabriventris* Nixon (Hymenoptera: Braconidae) and *Diglyphus isaea* Walker (Hymenoptera: Eulophidae), parasitoids of *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) (Diptera: Agromyzidae). *Biol. Control* 80, 8–13. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2014.09.008>.
- Araujo, E.L., Nogueira, C.H.F.; Menezes Netto, A.C., Bezerra, C.E.S., 2013. Biological aspects of the leafminer *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) on melon (*Cucumis melo* L.). *Ciência Rural* 43 (4), 579-582. <https://doi.org/10.1590/S0103 84782013000400003>.
- Ayala, A., Toledo, J., Pérez-Lachaud, G., Liedo, P., Montoya, P., 2021. Superparasitism and fitness parameters in three native wasp parasitoids (Braconidae: Opiinae) of the Mexican fruit fly, *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae). *Bull. Entomol. Research* 1-8. <https://doi.org/10.1017/S000748532100081X>.

- Bakker K., Van Alphen, J.J.M., Van Batenburg, F.H.D., Van Der Hoeven, N., Nell, H.W, Van Strien-Van Liempt, W.T.F.H., Turlings, T.C.J., 1985. The function of host discrimination and superparasitization in parasitoids. *Oecologia* 67(4), 572-576. <https://www.jstor.org/stable/4217775>.
- Buffington, M.L., Gallardo, F.E., Reche, V., Forshage, M., 2017. A revision of *Zaeucoila* Ashmead (Hymenoptera, Figitidae), Parasitoids of Agromyzidae (Diptera): New Species, Identity, Distributions, and Hosts. *Proc. Entomol. Soc. Wash.* 119 (3), 317-397, 2017. <https://doi.org/10.4289/0013-8797.119.3.317>.
- Chabi-Olaye, A., Mwikya, N.M., Fiaboe, K.K.M., 2013. Acceptability and suitability of three *Liriomyza* species as host for the endoparasitoid *Phaedrotoma scabriventris*: Implication for biological control of leafminers in the vegetable production system of Kenya. *Biol. Control* 65, 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2013.01.007>.
- Costa, E.M., Freitas, R.M.O., Silva, P.A.F., Araujo, E.L., 2017. Determination of damaged leaf area and physiological responses of melon plants submitted to different infestation levels of *Liriomyza sativae*. *Hort. Bras.* 35, 571-575. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620170415>.
- Costa-Lima, T.C., Chagas, M.C.M., Parra, J.R.P., 2014. Temperature-Dependent Development of Two Neotropical Parasitoids of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae). *J. Insect Sci.* 14 (245), 1-4. <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieu107>.
- Costa-Lima, T.C., Chagas, M.C.M., Parra, J.R.P., 2019. Comparing Potential as Biocontrol Agents of Two Neotropical Parasitoids of *Liriomyza sativae*. *Neotrop. Entomol.* 48, 660-667. <https://doi.org/10.1007/s13744-018-00667-0>.
- Couchoux, C., van Nouhuys, S., 2014. Effects of Intraspecific Competition and Host-Parasitoid Developmental Timing on Foraging Behaviour of a Parasitoid Wasp. *J. Insect Behav.* 27, 283–301. <http://doi.org/10.1007/s10905-013-9420-6>.
- Cusumano, A., Peri, E., Colazza, S., 2016. Interspecific competition/facilitation among insect parasitoids. *Insect Sci.* 14, 12-16. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cois.2015.11.006>.
- Foba, C.N., Lagat, Z.O., Gitonga, L.M., Akutse, K.S., Fiaboe, K.K.M., 2015. Interaction between *Phaedrotoma scabriventris* Nixon and *Opius dissitus* Muesebeck (Hymenoptera: Braconidae): Endoparasitoids of *Liriomyza* Leafminer. *Afr. Entomol.* 23 (1), 120-131. <https://doi.org/10.4001/003.023.0110>.
- Gallardo, F. 2023. Figitidae in Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil. PNUD. Disponível em: <http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/175962>. Acesso em: 14 Abr. 2023
- Godfray, H.C.J. 1994. Parasitoids. Princeton University Press, Princeton, New Jersey. 473p.
- Harvey, J.A., Poelman, E.H., Tanaka, T., 2013. Intrinsic Inter- and Intraspecific Competition in Parasitoid Wasps. *Annu. Rev. Entomol.* 58, 333–351. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120811-153622>.

- Lima, A.C.C.; Costa, E.M.; Araujo, E.L.; Rugama, A.J.M.; Godoy, M.S., 2012. Diagnóstico sobre o uso do MIP nas principais áreas produtoras de melão dos Estados do Rio Grande do Norte e Ceará. *Revista Agro@mbiente*, 6 (2), 172-178. <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v6i2.666>.
- Liu, W.X., Wang, W., Cheng, L.S., Guo, J.Y., Wan, F.H., 2014. Contrasting patterns of ovarian development and oogenesis in two sympatric host-feeding parasitoids, *Diglyphus isaea* and *Neochrysocharis formosa* (Hymenoptera: Eulophidae). *Appl. Entomol. Zool.* 49, 305–314. <https://doi.org/10.1007/s13355-014-0251-5>.
- Lorini, I., Foerster, L.A., 1985. Flutuação populacional e parasitismo de *Liriomyza sativae* Blanchard, 1938 (Diptera Agromyzidae) na cultura do pepino (*Cucumis sativus* L.). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 14 (2), 243-249.
- Marchiori, C.H., Silva, C.G., Caldas, E.R., Almeida, K.G.S., Carvalho, S.A., Penteado-Dias, A.M., Diaz, N.B., Gallardo, F.E., 2001. Parasitoides da subfamília Eucoilinae (Hymenoptera: Cynipoidea: Figitidae) coletados em um remanescente de mata de cerrado em Itumbiara, GO. *Arq. Inst. Biol.* 68 (1), 65–67.
- Marchiori, C.H., Silva, M.H.O., Brito, B.M.C., Pereira, L.A., Silva Filho, O.M., Borges, V.R., Ribeiro, L.C.S., Silva, C.G., 2004. Parasitoids Eucoilinae (Hymenoptera: Cynipoidea: Figitidae) from Itumbiara-GO, Araporã-MG and Lavras-MG collected by malaise trap. *Biosci. J.* 20 (1), 93–95.
- Mills, N. J., 2003. Parasitoid interactions and biological control, pp. 108–113. In van Driesche, R., (ed.). *Proceedings of the 1st International Symposium on the Biological Control of Arthropods*. Publication FHTET-03-05. USDA Forest Service, Honolulu, HI.
- Muchemi, S.K., Zebitz, C.P.W., Borgemeister, C., Akutse, K.S., Foba, C.N., Ekesi, S., Fiaboe, K.K.M., 2018. Interaction Between *Chrysocharis flacilla* and *Diglyphus isaea* (Hymenoptera: Eulophidae), Two Parasitoids of *Liriomyza* Leafminers. *J. Econ. Entomol.* 111 (2), 556–563. <https://doi.org/10.1093/jee/toy007>.
- Mujica, N., Kroschel, J., 2011. Leafminer Fly (Diptera: Agromyzidae) Occurrence, Distribution, And Parasitoid Associations In Field And Vegetable Crops Along The Peruvian Coast. *Environ. Entomol.* 40 (2), 217–230. <https://doi.org/10.1603/EN10170>.
- Mujica, N., Valencia, C., Carhuapoma, P., Kroschel, J., 2016. *Phaedrotoma scabriventris* (Nixon 1955), pp. 257-268. In: Kroschel, J., Mujica, N., Carhuapoma, P., Sporleder, M., (eds.). *Pest distribution and risk atlas for Africa Potential global and regional distribution and abundance of agricultural and horticultural pests and associated biocontrol agents under current and future climates*. International Potato Center (CIP), Lima (Peru). ISBN 978-92-9060-476-1. DOI 10.4160/9789290604761-20.
- Mustu, M., Kılınçer, N., 2015. Interspecific competition between *Anagyrus pseudococci* and *Leptomastix dactylopii*, parasitoids of the vine mealybug *Planococcus ficus*. *BioControl* 60, 485–493. <http://doi.org/10.1007/s10526-015-9665-4>.
- R Core Team, 2023. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.

- Silva, F.E.L., Costa, E.M., Bezerra, C.E.S., Araujo, E.L., 2020. Toxicity of insecticides used in melon crop to *Opius scabriventris*, a natural parasitoid of *Liriomyza sativae*. Rev. Bras. Cienc. Agrar. 15 (4), 1-6. <https://doi.org/10.5039/agraria.v15i4a7264>.
- Syme, P.D., 1977. Observation on the longevity and fecundity of *Orgilus obscurator* (Hymenoptera: Braconidae) and the effects of certain foods on longevity. Can. Entomol. 109 (7), 995–1000. <https://doi.org/10.4039/Ent109995-7>.
- Van Lenteren, J.C., 1981. Host discrimination by parasitoids, pp. 153–179. In: Nordlund, D.A., Jones, R.A., Lewis, W.J., (eds.). Semiochemicals: their Role in Pest Control. Wiley, New York, NY.
- Wang, X.Y., Jennings, D.E., Duan, J.J., 2015. Trade-offs in parasitism efficiency and brood size mediate parasitoid coexistence, with implications for biological control of the invasive emerald ash borer. J. Appl. Ecol. 52, 1255–1263. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12487>.
- Wang, X., Hogg, B.N., Hougardy, E., Nance, A.H., Daane, K.M., 2019. Potential competitive outcomes among three solitary larval endoparasitoids as candidate agents for classical biological control of *Drosophila suzukii*. Biol. Control 130, 18-26. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.12.003>.
- Xuan, J.L., Liu, W.X., Zhang, Y.B., Cheng, X.Q., Guo, J.Y., Wan, F.H., 2018. Interactions between *Diglyphus isaea* and *Neochrysocharis Formosa* (Hymenoptera: Eulophidae), two parasitoids of agromyzid leafminers. Biol. Control 126, 45-52. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.07.005>.
- Yang, J., Cai, P., Chen, J., Zhang, H., Wang, C., Xiang, H., Wu, J., Yang, Y., Chen, J., Ji, Q., Song, D., 2018. Interspecific competition between *Fopius arisanus* and *Psytalia incisi* (Hymenoptera: Braconidae), parasitoids of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae). Biol. Control 121, 183-189. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.02.003>.

CAPÍTULO III

EFEITO DA ALIMENTAÇÃO NOS ASPECTOS BIOECOLÓGICOS DE *Phaerotoma scabriventris* NIXON (HYMENOPTERA: BRACONIDAE)

RESUMO

Phaerotoma scabriventris Nixon (Hymenoptera: Braconidae) é um parasitoide importante para o controle biológico de *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae). A eficácia desse agente pode ser afetada pela alimentação fornecida em criações massais. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de diferentes fontes de alimentação na predação, parasitismo, longevidade e razão sexual de *P. scabriventris* em larvas de *L. sativae* em condições de laboratório. Os tratamentos avaliados foram: água destilada (como controle), mel diluído em água a 10%, mel diluído em água a 50%, mel a 100%, mel (90%) + azeite de oliva (10%) e mel (75%) + azeite de oliva (25%). A alimentação com mel + azeite reduziu a predação em comparação ao controle e ao fornecimento de apenas mel. Por outro lado, o fornecimento de mel a 50% aumentou o parasitismo, ao passo que mel + azeite o reduziu. Além disso, alimentação com mel a 50% aumentou a longevidade de fêmeas e machos do parasitoide. A proporção de machos foi maior em todos os tratamentos, com exceção da alimentação com mel a 10%, em que a proporção de machos e fêmeas foi igual. Portanto, mel a 50% e mel a 10% são os alimentos mais adequados para a produção de *P. scabriventris* em laboratório, em virtude da obtenção de maior parasitismo e razão sexual, respectivamente.

Palavras-chave: parasitoide, produção massal, suplementação alimentar, predação, parasitismo.

EFFECT OF FEEDING ON THE BIOECOLOGICAL ASPECTS OF *Phaenotoma scabriventris* NIXON (HYMENOPTERA: BRACONIDAE)

ABSTRACT

Phaenotoma scabriventris Nixon (Hymenoptera: Braconidae) is an important parasitoid in the biological control of *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae). The feeding provided in mass rearing can affect the parasitoid effectiveness. Therefore, this study aimed to evaluate the effect of different feedings on predation, parasitism, longevity, and sex ratio of *P. scabriventris* on *L. sativae* larvae under laboratory conditions. The evaluated treatments were: distilled water (as control), 10% honey diluted in water, 50% honey diluted in water, 100% honey, honey (90%) + olive oil (10%), and honey (75%) + olive oil (25%). Feeding with honey + olive oil reduced predation as compared to control and honey only. On the other hand, 50% honey increased parasitism, while honey + olive oil reduced it. In addition, 50% honey increased the parasitoid longevity of females and males. The proportion of males was higher in all treatments, except by 10% honey, in which the proportion of males and females was equal. Therefore, 50% honey and 10% honey are the most suitable feedings for the production of *P. scabriventris* in the laboratory, by obtaining higher parasitism and sex ratio, respectively.

Keywords: parasitoid, mass rearing, food supplementation, predation, parasitism.

1 INTRODUÇÃO

Parasitoides são importantes agentes de controle de pragas agrícolas, no entanto a eficácia desses agentes em agroecossistemas depende de algumas de suas características biológicas, como fecundidade, longevidade e razão sexual (Wang et al., 2014; Hajirajabi et al., 2016). Esses inimigos naturais podem matar seus hospedeiros a partir do parasitismo (morte reprodutiva), alimentação (predação) e picadas sem ocorrer oviposição e alimentação (Xuan et al., 2018). A morte do hospedeiro a partir da predação é vantajosa em agroecossistemas, mas é prejudicial em criação massal de parasitoides, pois pode reduzir o número de parasitoides descendentes (Liu et al., 2011; Calvo et al., 2016). De acordo com Kidd e Jervis (1989), a mortalidade pela predação pode até ser maior do que a mortalidade ocasionada pelo parasitismo, o que já foi observado em parasitoides de dípteros agromizídeos (Akutse et al., 2015; Xuan et al., 2018).

Dentre os himenópteros, existem mais de 140 espécies em que os adultos se alimentam dos hospedeiros para fornecer os nutrientes necessários à manutenção corporal e maturação dos ovos (Jervis e Kidd, 1986; Heimpel e Collier, 1996; Jervis et al., 2008). Esse comportamento é muito comum em espécies de parasitoides sinovigênicas, cujas fêmeas emergem com uma quantidade pequena de ovos maduros, precisando de uma alimentação adequada para atingir sua produção máxima de ovos (Kidd e Jervis, 1989; Wang et al. 2014). Ao encontrar um hospedeiro, a fêmea precisa decidir se deve ovipositar ou alimentar-se desse hospedeiro, apostando em futuras oportunidades de reprodução (Rivero e West, 2005; Liu et al., 2015). Porém, há espécies de parasitoides que se alimentam e parasitam um mesmo hospedeiro, comportamento denominado de alimentação ‘concorrente’; consequentemente, esse comportamento afeta o tamanho das fêmeas descendentes (Jervis e Kidd, 1986; Rivero e West, 2005).

Phaedorotoma scabriventris Nixon (Hymenoptera: Braconidae) é um parasitoide importante para o equilíbrio populacional de *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae) em países da América do Sul (Brasil, Argentina Chile e Peru) e do continente africano (Chabi-Olaye et al., 2013; Foba et al., 2015). O comportamento de predação de *P. scabriventris* foi relatado por Costa-Lima et al. (2019), que observaram mortalidade de até 26% de larvas da mosca minadora *Liriomyza sativae* Blanchard.

Uma estratégia para reduzir a predação de larvas de mosca minadora por *P. scabriventris* e obter maior número de descendentes é o fornecimento de alimentos que supram suas necessidades nutricionais. Essa estratégia já foi testada em outros parasitoides himenópteros

em criações de laboratório (Liu et al., 2015; Espinosa et al., 2021). O mel de abelha é uma fonte de carboidrato muito utilizado para alimentação de parasitoides em criações de laboratório, pois, além de conter altas concentrações de açúcares (frutose, sacarose e glicose), contém proteínas, aminoácidos e vitaminas que podem ser importantes na sobrevivência e reprodução desses insetos (Harvey et al., 2012; Zhang et al., 2014). No entanto, como a maioria das espécies de parasitoides sinovigênicos não acumula lipídios na fase adulta (Giron e Casas, 2003; Visser e Ellers, 2008; Visser et al., 2010), eles buscam, por meio da predação de hospedeiros, a quantidade de lipídio necessária à produção e maturação de ovos (Mondy et al., 2006; Wang et al., 2014). Assim, uma estratégia seria fornecer uma fonte de lipídio, além da fonte rica em carboidrato (mel de abelha), para reduzir a predação em produções massais de parasitoides himenópteros.

A composição dos ácidos graxos do azeite de oliva, quando comparada a outros óleos, é a que mais se assemelha à composição de ácidos graxos dos insetos himenópteros, principalmente com relação à proporção de ácidos graxos predominantes, como o ácido palmítico, oleico e linoléico (Thompson, 1973; Ramírez-Tortosa et al., 2006; Belitz et al., 2009). Dessa maneira, a implementação do azeite de oliva na alimentação de adultos de *P. scabriventris* pode ser adequada para reduzir a predação de larvas hospedeiras. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de diferentes fontes de alimentação sobre a predação de hospedeiros, parasitismo, longevidade e razão sexual de *P. scabriventris* mantidos em larvas de *L. sativae* sob condições de laboratório.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local do estudo

O experimento foi realizado no Laboratório de Entomologia Aplicada, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, estado do Rio Grande do Norte, Brasil. A criação dos insetos utilizados e os bioensaios foram realizados em salas com ambiente controlado (temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa $70 \pm 10\%$ e 12 h de fotofase). Espécimes voucher de *L. sativae* e *P. scabriventris* foram depositados no Laboratório de Entomologia do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus, estado do Amazonas, Brasil (J. A. Rafael, curador).

2.2 Criação do hospedeiro *L. sativae*

Para manutenção da criação de *L. sativae* foram utilizadas mudas de feijão-de-porco *Canavalia ensiformis* (Fabaceae) da Brseeds[®]. As sementes foram semeadas em bandejas de polietileno (162 células), utilizando como substrato fibra de coco (Amifibra) Golden Mix[®] e matéria orgânica Pole Fértil[®], na proporção de 3:1. As plantas foram mantidas em casa de vegetação com tela anti-afídeo e regadas três vezes ao dia. As mudas com 12 dias de idade, com duas folhas cotiledonares, foram submetidas à infestação da mosca *L. sativae* em gaiolas com tela anti-afídeo (50 cm comprimento × 50 cm largura × 50 cm altura), contendo cerca de 200 casais da mosca minadora, durante 24 horas. Os insetos foram alimentados com solução de mel (10% em água) em discos de espuma (Spontex[®]).

Após o período de infestação, as mudas foram levadas de volta para casa de vegetação, onde permaneceram por quatro dias, até as larvas alcançarem o terceiro ínstar. As mudas com as larvas de *L. sativae* foram conduzidas novamente para o laboratório, onde foi feito o corte das folhas no pecíolo. Em seguida, essas folhas foram colocadas com o pecíolo imerso em água, em potes de plástico (40 ml), e em seguida acondicionadas em bandejas de polietileno brancas (50 cm comprimento × 30 cm largura × 9,7 cm altura). Após cinco dias, os pupários obtidos foram coletados com auxílio de pincel Condor[®] 456 n° 24 e acondicionados em placas de Petri que foram fechadas com filme de PVC transparente. Os adultos obtidos foram liberados nas gaiolas de criação de *L. sativae* para manutenção das populações.

2.3 Criação do parasitoide *P. scabriventris*

Plantas de *C. ensiformes* contendo larvas de *L. sativae* de 2° ínstar foram colocadas em gaiolas de acrílico (50 cm comprimento × 50 cm largura × 50 cm altura) contendo adultos de *P. scabriventris*, onde permaneceram por 24 horas para o parasitismo. Os insetos foram alimentados com solução de mel (10% em água) em discos de espuma (Spontex[®]).

Após o parasitismo, as folhas foram cortadas igualmente como descrito na criação de *L. sativae*. Cinco dias após o corte das folhas, os pupários foram coletados das bandejas de polietileno com auxílio de pincel Condor[®] 456 n° 24 e acondicionados em placas de Petri fechadas com filme PVC, onde permaneceram até a emergência dos parasitoides para posterior liberação nas gaiolas de criação.

2.4 Produção e infestação das mudas para os ensaios

Sementes de *C. ensiformes* Brseeds[®] foram plantadas em bandejas de polietileno (162 células), utilizando como substrato fibra de coco (Amifibra) Golden Mix[®] e matéria orgânica Pole Fértil[®], na proporção de 3:1. As plantas foram mantidas em casa de vegetação com tela anti-afídeo e regadas três vezes ao dia. Após 12 dias, 15 plantas foram submetidas à infestação da mosca *L. sativae* nas gaiolas de criação do laboratório, durante quatro horas. Após esse período, as plantas foram levadas de volta para casa de vegetação, onde foram mantidas por três dias, até se obterem larvas de 2º ínstar da mosca minadora, ínstar preferencial para o parasitismo de *P. scabriventris*, de acordo com ensaios prévios realizados.

2.5 Aspectos bioecológicos de *P. scabriventris* sob influência da alimentação

Neste ensaio foram utilizados casais recém-emergidos com até 24 horas de idade, sendo cada casal confinado numa gaiola de polipropileno (12 cm diâmetro × 25 cm altura), para avaliar diferentes concentrações de mel de abelha e mel com azeite de oliva, oferecidas em esponja vegetal (Spontex[®]) (5 cm largura × 10 cm altura), trocada diariamente. Em todos os tratamentos, foi ofertada diariamente água destilada. Os tratamentos avaliados foram: água destilada (controle), mel diluído em água a 10%, mel diluído em água a 50%, mel a 100%, mel (90%) + azeite de oliva (10%) e mel (75%) + azeite oliva (25%). O mel utilizado era orgânico, integral, contendo numa porção de 20 g: valor energético de 16 kcal e 16 g de carboidrato. O azeite de oliva era extra virgem, integral, com acidez máxima $\leq 0,50\%$. Uma porção de 13 ml continha: 108 kcal, 12 g de gorduras totais e 1,7 g de gorduras saturadas.

Diariamente, até a morte dos parasitoides, plantas com 40 larvas de mosca minadora foram ofertadas para cada casal de *P. scabriventris*, durante 24 horas. A escolha dessa densidade larval foi de acordo à máxima capacidade de parasitismo da espécie, conforme estudos preliminares. As folhas infestadas foram previamente avaliadas em um microscópio estereoscópico Leica S8APO e as larvas em excesso foram mortas na folha usando um palito de madeira. Foram avaliados os seguintes aspectos bioecológicos de *P. scabriventris*: predação, parasitismo, longevidade e razão sexual.

O delineamento experimental utilizado foi o DIC (Delineamento Inteiramente Casualizado) com dez repetições, sendo cada repetição correspondendo a um casal do parasitoide.

2.5.1 Predação do hospedeiro

As plantas com larvas submetidas à predação e ao parasitismo por *P. scabriventris* foram colocadas em bandejas plásticas (26 cm diâmetro × 3 cm altura) e mantidas em uma sala com ambiente controlado. No dia seguinte, as folhas foram avaliadas com ajuda de um microscópio estereoscópico Leica S8APO (ampliação de 40×), para observar a presença de larvas predadas, seguindo a metodologia de Costa-Lima et al. (2019). As larvas predadas foram identificadas por apresentarem o tegumento seco e pela presença de um tecido necrótico em uma parte do corpo. A predação das larvas foi avaliada até os dez primeiros dias do experimento, pois nos demais dias a predação foi eventual. Foram avaliados o número médio diário e número total de larvas predadas por tratamento.

2.5.2 Parasitismo, longevidade e razão sexual

Após a avaliação da predação das larvas, as plantas foram colocadas de volta nas bandejas para obtenção dos pupários. Após cinco dias os pupários obtidos foram coletados, contabilizados e colocados em placas Petri (5,5 cm largura × 1,5 cm altura) recobertas com filme PVC transparente. No final do período de emergência foi contabilizado o número de adultos (parasitoide ou mosca). Os pupários sem emergência foram dissecados no microscópio estereoscópico para verificar a existência ou não de parasitoides e, dessa forma, corrigir o número total de parasitoides. Foram determinados o número médio do parasitismo diário e o total de larvas parasitadas em cada tratamento. A longevidade de machos e fêmeas de *P. scabriventris* foi estimada pelo número médio de dias que os insetos viveram. Para verificar o efeito da alimentação na razão sexual, a progênie F1 dos parasitoides, proveniente de cada tratamento, foi sexada e suas proporções foram determinadas.

2.6 Análise dos dados

A razão sexual foi calculada pela equação: $RS = [(\text{número de fêmeas}) / (\text{número de fêmeas} + \text{número de machos})] \times 100$

O número de larvas predadas, o número de larvas parasitadas e a longevidade de machos e fêmeas foram submetidos ao teste de Kruskal-Wallis ($p \leq 0,05$), seguido pelo teste de Dunn ($p \leq 0,05$). A proporção sexual da espécie nos tratamentos foi avaliada pelo teste de Qui-quadrado ($p \leq 0,05$). As análises foram realizadas utilizando-se o programa estatístico R v. 4.1.2 (R Core Team, 2023). Os gráficos foram construídos com o *software* SigmaPlot v. 14.5 (Systat Software, Inc., 2018) e através do R v. 4.1.2 (R Core Team, 2023).

3 RESULTADOS

3.1 Influência da alimentação na predação de *P. scabriventris*

Em todas as fontes de alimentação os adultos de *P. scabriventris* predaram larvas de *L. sativae* ao longo dos dez dias de avaliação. A média diária de larvas predadas foi afetada pela composição do alimento ofertado ($\chi^2 = 27,22$; g.l. = 5; $p \leq 0,001$) e oscilou diariamente em todos os tratamentos (Fig. 1). O maior número diário de larvas predadas foi constatado quando se ofertou apenas água aos parasitoides, com maior número de larvas predadas logo no 1º dia de avaliação (Fig. 1). Somente com oferta de água, mais de 50% do total de larvas predadas já haviam sido predadas no 5º dia (aproximadamente 16 larvas) (Fig. 1). Quando foi ofertado alimento, o número diário de larvas predadas não ultrapassou quatro larvas (Fig. 1). Em adultos alimentados com mel a 100% e mel (75%) + azeite (25%), 50% do total de larvas predadas foram verificados no 7º dia e os demais alimentos no 6º dia, sendo que em apenas mel a 10% ultrapassou 10 larvas (Fig. 1).

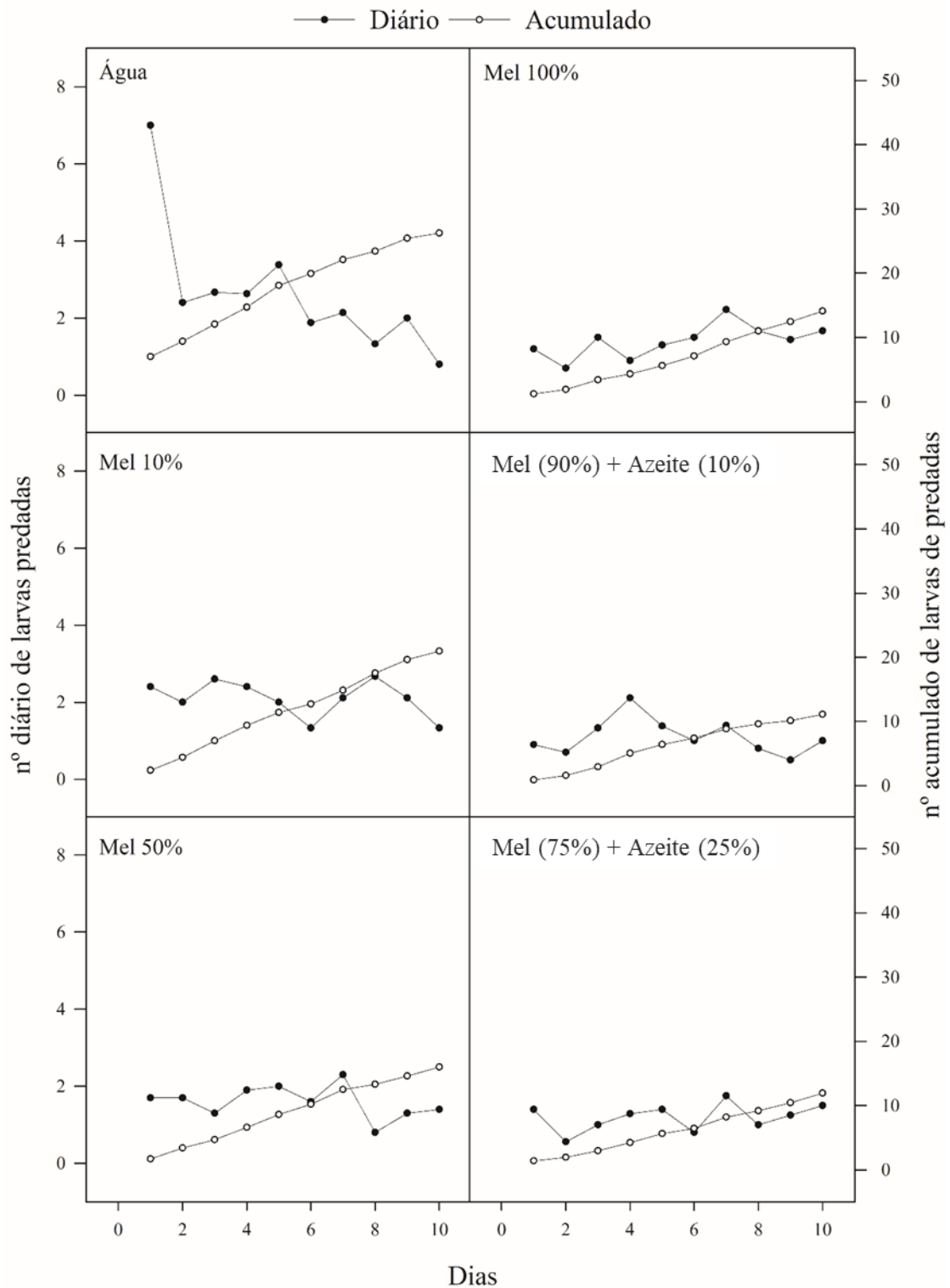


Fig. 1. Predação diária e predação acumulada de *Phaedrotoma scabriventris* em larvas de *Liriomyza sativae* sob influência da alimentação.

O número total de larvas predadas foi influenciado pela composição alimentar ($\chi^2 = 22,54$; g.l. = 5; $p \leq 0,001$). Com a oferta de água ou mel a 10% foi verificada maior predação total de larvas de *L. sativae* por *P. scabriventris*, com médias de 22,0 e 20,0 larvas,

respectivamente (Fig. 2). Com mel (75%) + azeite (25%) e mel (90%) + azeite (10%), os parasitoides predaram menor número de larvas, com média de 6,8 e 8,1 larvas, respectivamente (Fig. 2).

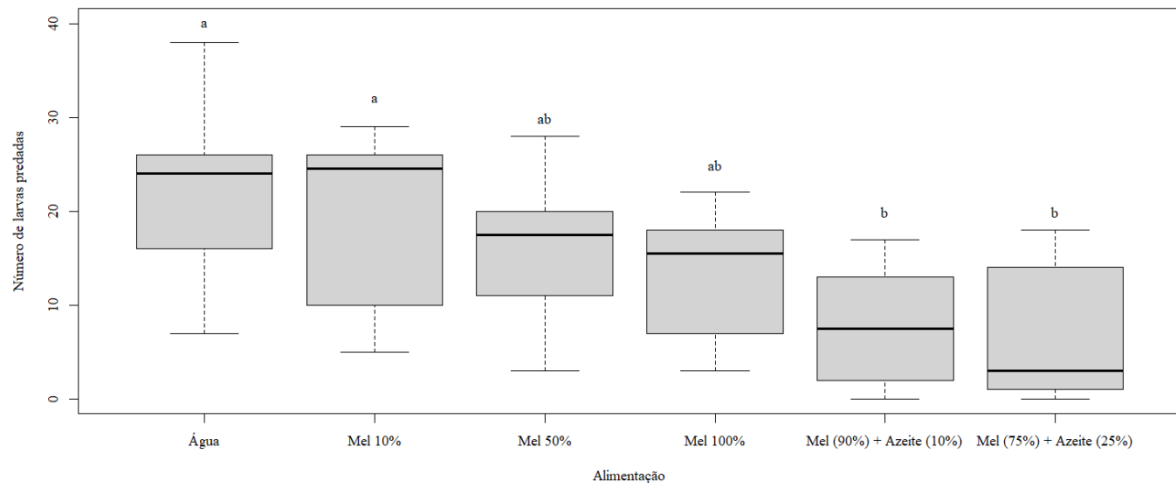


Fig. 2. Total de larvas de *Liriomyza sativae* predadas por *Phaedrotoma scabriventris* sob influência da alimentação. Letras diferentes indicam diferenças significativas pelo teste de Dunn ($p \leq 0,05$).

3.2 Influência da alimentação no parasitismo, longevidade e razão sexual de *P. scabriventris*

As fêmeas de *P. scabriventris* iniciaram o parasitismo já no primeiro dia de avaliação, em todos os tratamentos, não havendo período de pré-oviposição. A média diária de parasitismo não foi afetada pelo alimento ofertado ($\chi^2 = 5,17$; g.l. = 5; $p = 0,3952$). Com a oferta de apenas água e com mel a 10%, os picos de parasitismo foram observados no 6º e 7º dias de vida, com médias de 24,8 e 25,2 larvas parasitadas, respectivamente (Fig. 3). Nas concentrações maiores de mel, mel a 50% e mel a 100%, o pico de larvas parasitadas ocorreu no 4º dia, com médias de 24,7 e 23,0 larvas, respectivamente (Fig. 3). Com mel (90%) + azeite (10%), houve dois picos de parasitismo com 18,1 e 17,0 larvas parasitadas, no 4º e 8º dias de avaliação, respectivamente. Com a oferta de mel (75%) + azeite (25%), os picos de parasitismo ocorreram no 8º e 9º dias de avaliação, com médias de 19,0 e 19,3 larvas parasitadas (Fig. 3). As fêmeas mantidas em alimentação com mel a 50% foram as que parasitaram por maior período de tempo, até o 40º dia de vida, seguidas pelas fêmeas que se alimentavam de mel a 10% (até 35º dia) (Fig. 3). Com exceção do tratamento controle, 50% do parasitismo total já haviam ocorrido no

8º dia de vida das fêmeas, tendo sido verificado maior parasitismo no mel a 10% (164,5 larvas parasitadas) (Fig. 3).

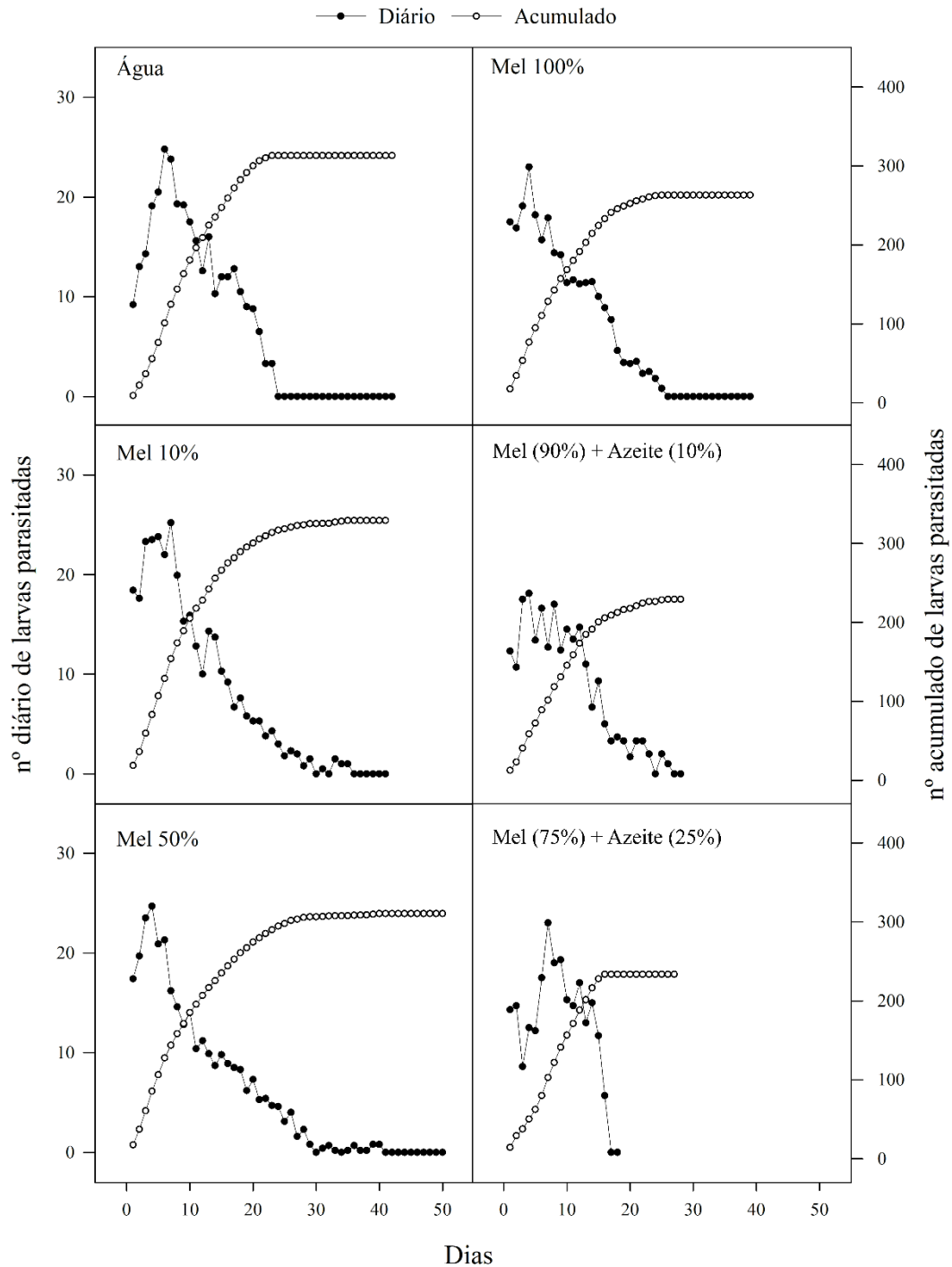


Fig. 3. Parasitismo diário e parasitismo acumulado de *Phaedrotoma scabriventris* em larvas de *Liriomyza sativae* sob influência da alimentação.

A composição da alimentação influenciou o total de larvas parasitadas ($\chi^2 = 15,30$; g.l. = 5; $p = 0,0092$). Com a oferta de mel a 50%, foi observado maior número total de larvas parasitadas, com média de 302,5 larvas (Fig. 4). Nos tratamentos de mel com azeite, por sua

vez, o total de larvas parasitadas foi inferior, obtendo-se as médias de 136,4 e 114,67 larvas com a oferta de mel (90%) + azeite (10%) e mel (75%) + azeite (25%), respectivamente (Fig. 4).

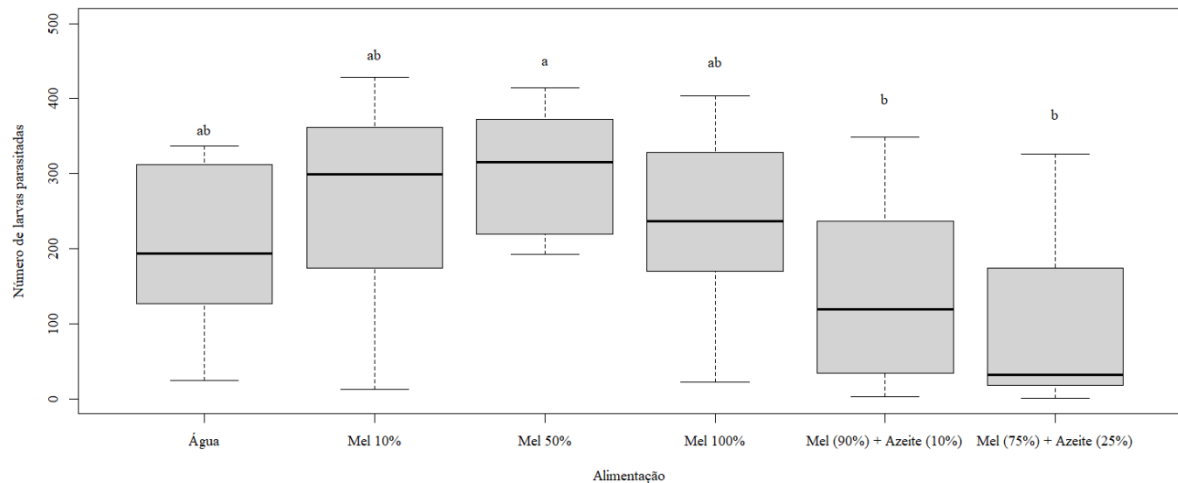


Fig. 4. Total de larvas de *Liriomyza sativae* parasitadas por *Phaedrotoma scabriventris* sob a influência da alimentação. Letras diferentes indicam diferenças significativas pelo teste de Dunn ($p \leq 0,05$).

A longevidade de machos de *P. scabriventris* foi influenciada pela alimentação ofertada ($\chi^2 = 16,93$; g.l. = 5; $p = 0,0046$), assim como a longevidade das fêmeas ($\chi^2 = 25,16$; g.l. = 5; $p \leq 0,001$). Quando ofertado mel a 50%, tanto fêmeas quanto machos viveram mais, não diferindo da longevidade dos machos mantidos com oferta de mel a 10%. Quando alimentados com mel (75%) + azeite (25%), machos e fêmeas tiveram menor período de vida (Tab. 1).

Tab. 1. Longevidade de machos e fêmeas (dias) de *Phaedrotoma scabriventris* alimentados com diferentes fontes de alimentação.

Alimentação	Longevidade de machos		Longevidade de fêmeas	
	Rank	Média±Erro-padrão	Rank	Média±Erro-padrão
Água destilada	23,20	13,90±3,76 ab	27,95	19,50±5,17 bc
Mel a 10%	40,05	30,70±4,40 a	32,85	21,30±3,62 ac
Mel a 50%	40,90	32,40±3,42 a	49,80	38,70±3,85 a
Mel a 100%	34,20	26,60±5,67 ab	33,45	20,80±2,84 ab
Mel (90%) + Azeite 10%	24,55	17,60±5,89 ab	20,45	12,30±2,95 bc
Mel (75%) + Azeite 25%	15,67	8,67±3,27 b	13,89	8,44±2,20 c

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

A proporção sexual dos parasitoides emergidos foi tendenciosa para machos nos alimentos ofertados, principalmente quando disponibilizada apenas água ($p \leq 0,001$) (Tab. 2).

Somente em mel a 10% a proporção de machos e fêmeas não foi afetada ($p = 0,1704$), verificando-se proporção sexual equilibrada de 0,5 (Tab. 2).

Tab. 2. Proporção sexual de machos e fêmeas da geração F1 de *Phaenotoma scabriventris* alimentados com diferentes fontes de alimentação.

	Fêmeas	Machos	GL	χ^2	p-valor
Água destilada	27,90	72,10	1	39,42	<0,001
Mel a 10%	45,84	54,16	1	1,88	0,170
Mel a 50%	40,56	59,44	1	10,78	0,001
Mel a 100%	32,62	67,38	1	28,29	<0,001
Mel (90%) + Azeite 10%	38,34	61,66	1	7,41	0,006
Mel (75%) + Azeite 25%	33,04	67,79	1	13,19	<0,001

GL: graus de liberdade; χ^2 : valor de qui-quadrado.

4 DISCUSSÃO

Nosso estudo mostrou maior predação de larvas por *P. scabriventris* quando foi fornecida apenas água, demonstrando que esse parasitoide necessita de suplementação alimentar para desempenhar suas funções biológicas vitais. Apesar da redução na taxa de predação do hospedeiro, proporcionada pelo aumento da concentração de mel na alimentação, nós observamos que a oferta apenas de mel, mesmo que seja mel puro (100%), não foi suficiente para reduzir significativamente a predação de larvas de *Liriomyza* por *P. scabriventris*. Mel é uma importante fonte de energia para *P. scabriventris*, mas nossos resultados mostraram que esse parasitoide necessita suplementar sua alimentação com outros nutrientes. Liu et al. (2015) observaram que o mel a 10% não reduziu a predação de *Neochrysocharis formosa* Westwood (Hymenoptera: Eulophidae) em larvas de *Liriomyza*. Além disso, alguns estudos têm demonstrado que alimento à base exclusivamente de mel não atende todas as necessidades nutricionais requeridas por espécies de parasitoides sinovigênicos (Visser e Ellers 2008; Visser et al., 2010; Wang et al. 2014; Costa-Lima et al., 2019). Assim, nosso estudo confirmou que quando *P. scabriventris* se alimenta de apenas mel, esse parasitoide necessita predação de algumas larvas hospedeiras, em busca dessa suplementação alimentar.

Parasitoides fêmeas alimentadas com mel suplementado com o azeite de oliva, no nosso estudo, se alimentaram menos do hospedeiro e possivelmente gastaram menos lipídios do seu estoque corporal. Isso provavelmente aconteceu porque o alimento forneceu uma fonte de lipídio para manutenção do corpo e reprodução (Visser e Ellers, 2012). Para o controle de *L. sativae* em campo é vantajoso o comportamento de predação, por ser mais uma forma de matar a praga além do parasitismo, sendo indesejado, porém, em criações massais, nas quais a

predação pode reduzir o número de descendentes do parasitoide, já que foi constatado que a predação de *P. scabriventris* é não concorrente e destrutiva, como observado na maioria das espécies de parasitoides de *Liriomyza* spp. que se alimentam do hospedeiro (Zhang et al., 2010; Liu et al., 2015).

A alta taxa de parasitismo dos adultos mantidos apenas com água mostra que, com a alimentação do hospedeiro, as fêmeas receberam a nutrição necessária à manutenção corporal e maturação dos ovos. Assim, elas puderam investir tanto na reprodução atual quanto em futuras reproduções, já que o parasitismo oscilou ao longo da vida das fêmeas. Essa alta taxa de parasitismo também pode ser explicada pelo fato de adultos dessa espécie apresentarem tamanho corporal grande, com as fêmeas possuindo, conseqüentemente, um abdome relativamente grande, capaz de armazenar boa quantidade de nutrientes requeridos para sua reprodução em um único evento de predação (Zhang et al., 2014). Em estudo realizado por Zhang et al. (2011), também foi constatado que *Diglyphus isaea* (Walker; Hymenoptera: Eulophidae) com acesso apenas ao hospedeiro aumentou o parasitismo e prolongou a longevidade das fêmeas desse parasitoide sinovigênico de *Liriomyza* spp., em comparação a parasitoides que não foi ofertado nem mesmo hospedeiro para se alimentar.

O esperado era que sem uma fonte de carboidrato, como o mel, as fêmeas tivessem parasitado menor quantidade de hospedeiros, porque elas podem reabsorver seus ovos maduros ou o parasitismo pode se concentrar nos primeiros dias de vida, reduzindo a longevidade e as chances de futuras oviposições, garantindo a descendência dessas fêmeas logo no início da vida reprodutiva (Takano e Takasu, 2019). A alimentação do hospedeiro facilita a rápida oogênese e maturação dos ovos de vespas parasitoides por meio dos lipídios obtidos nos tecidos do hospedeiro, o que pode favorecer o maior parasitismo no início da fase adulta das fêmeas (Liu et al., 2014; Liu et al., 2015).

Apesar da alimentação com mel a 50% ter proporcionado maior parasitismo e longevidade dos parasitoides, 100% do número de descendentes só foram alcançados no 40º dia de vida das fêmeas. Olhando por esse fator (parasitismo), o mel a 50% torna-se mais oneroso em criações massais de *P. scabriventris*, pois há maior gasto com alimentação, já que, além de ser utilizado em maior concentração, precisa alimentar os insetos por mais dias para obtenção da quantidade total esperada de seus descendentes. Nesse caso, em comparação ao mel a 50%, a alimentação com mel a 10% torna-se mais vantajosa, pois 100% de parasitismo foram atingidos no 35º dia de vida das fêmeas, com parasitismo total semelhante, além de ter alcançado 50% do parasitismo com maior número de descendentes. Porém, como em mel a 10% foi verificado maior número de larvas predadas, o ideal seria ofertar maior número de

hospedeiros para fêmeas de *P. scabriventris*, de forma a não ter sua descendência afetada, já que terão número suficiente para essas fêmeas se alimentarem e parasitarem.

A suplementação alimentar com azeite de oliva reduziu a longevidade de fêmeas e machos, além de ter proporcionado parasitismo inferior aos demais tratamentos. Visser e Ellers (2012) verificaram que o uso do azeite de oliva, utilizado nas mesmas concentrações desta pesquisa, reduziu mais que o dobro da sobrevivência de adultos de *Cotesia glomerata* Linnaeus (Himenoptera: Braconidae) em comparação com o uso do mel puro, sugerindo que o azeite pode apresentar toxidez para a espécie estudada; com relação ao parasitismo, eles não avaliaram as características reprodutivas das fêmeas.

Assim como Visser e Ellers (2012), esperávamos que o azeite de oliva fosse um suplemento lipídico ideal para ser utilizado na alimentação de parasitoides que predam hospedeiro, pois esse óleo vegetal apresenta como componente principal triglicerídeos com uma composição total de ácidos graxos que se mostra mais semelhante àquela dos himenópteros parasitoides em comparação a outros óleos. Porém, uma toxidez pode ser acarretada pela quantidade de ácido oleico ser maior no azeite (entre 68% e 82%) do que nesses parasitoides (aproximadamente 46%) (Thompson, 1973; Ramírez-Tortosa et al., 2006; Belitz et al., 2009; Visser e Ellers, 2012). Seria interessante testar uma menor concentração dessa fonte de lipídios (por exemplo, 5%) para avaliar o comportamento dessa espécie em relação à sua sobrevivência e reprodução, pois seria ideal que esse componente reduzisse a predação e ao mesmo tempo induzisse a uma maior descendência. Supõe-se que os parasitoides limitam o consumo de alimentos pelo volume do estômago que possuem e não pela quantidade de calorias que o alimento contém, o que pode levá-los a ingerir alimentos altamente concentrados e afetar negativamente a sobrevivência (Ellers et al., 2011).

Neste estudo, mel a 10% foi o único alimento em que foi verificado maior número de descendentes fêmeas em comparação aos outros alimentos, observando-se que a proporção sexual não foi afetada. A razão sexual de *P. scabriventris* foi registrada em outros trabalhos apresentando um valor aproximado de 0,5 em condições de laboratório (Akutse et al., 2015; Foba et al., 2015; Costa-Lima et al., 2019). As fêmeas podem alterar a proporção sexual de seus descendentes conforme o tipo de alimento que elas ingerem. Nesse caso, fêmeas sem uma fonte de carboidrato tendem a produzir mais descendentes machos. Quando são ofertados alimentos com componentes nutricionais essenciais, como o mel, as fêmeas tendem a produzir um número equilibrado de machos e fêmeas ou maior número de descendentes fêmeas (Berndt e Wratten, 2005; Onagbola et al., 2007; Takano e Takasu, 2019). Sem uma fonte alimentar adequada, a qualidade de espermatozoides pode ser reduzida, bem como pode ocorrer queda na fertilização dos

ovos (Benelli et al., 2017). Isso pode explicar a baixa razão sexual de descendentes de fêmeas às quais foi ofertada apenas água no presente estudo.

5 CONCLUSÕES

Os alimentos ofertados a adultos de *P. scabriventris* afetaram o comportamento de predação, parasitismo, longevidade de machos e fêmeas, como também a razão sexual dessa espécie. Sem uma fonte alimentar ou com baixa fonte de carboidratos e lipídios, a predação tende a ser maior, principalmente nos primeiros dias de vida adulta do parasitoide. A suplementação alimentar com azeite de oliva, uma fonte de lipídio, reduziu a predação. Mel a 50% é uma alternativa para alimentação de *P. scabriventris* em criação em laboratório, porque favorece maior parasitismo e longevidade, além de reduzir a predação. No entanto, o mel a 10% se torna mais viável na criação de *P. scabriventris* porque não afeta sua razão sexual, aspecto muito importante para criações em massa de uma espécie, além de atingir maior número acumulado de larvas parasitadas antes do mel a 50%, o que pode reduzir os custos de produção.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- Akutse, K.S., Van Den Berg, J., Maniania, N.K., Fiaboe, K.K.M., Ekesi, S., 2015. Interactions between *Phaenodotoma scabriventris* Nixon (Hymenoptera: Braconidae) and *Diglyphus isaea* Walker (Hymenoptera: Eulophidae), parasitoids of *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) (Diptera: Agromyzidae). *Biol. Control* 80, 8–13. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2014.09.008>.
- Belitz, H.D., Grosch, W., Schieberle, P., 2009. Edible fats and oils, pp. 640–669. In: *Food Chemistry*. Springer, Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Benelli, G., Giunti, G., Tena, A., Desneux, N., Caselli, A., Canale, A., 2017. The impact of adult diet on parasitoid reproductive performance. *J. Pest Sci.* 90, 807–823. <https://doi.org/10.1007/s10340-017-0835-2>.
- Berndt, L.A., Wratten, S.D., 2005. Effects of alyssum flowers on the longevity, fecundity, and sex ratio of the leafroller parasitoid *Dolichogenidea tasmanica*. *Biol. Control* 32, 65–69. <http://doi:10.1016/j.biocontrol.2004.07.014>.

- Calvo, F.J., Soriano, J.D., Stansly, P.A., Belda, J.E., 2016. Can the parasitoid *Necremnus tutae* (Hymenoptera: Eulophidae) improve existing biological control of the tomato leafminer *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae)? Bull. Entomol. Res. 106 (4), 502–511. <https://doi.org/10.1017/S0007485316000183>.
- Chabi-Olaye, A., Mwikya, N.M., Fiaboe, K.K.M., 2013. Acceptability and suitability of three *Liriomyza* species as host for the endoparasitoid *Phaedorotoma scabriventris*: Implication for biological control of leafminers in the vegetable production system of Kenya. Biol. Control 65, 1–5. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2013.01.007>.
- Costa-Lima, T.C., Chagas, M.C.M., Parra, J.R.P., 2019. Comparing Potential as Biocontrol Agents of Two Neotropical Parasitoids of *Liriomyza sativae*. Neotrop. Entomol. 48, 660–667. <https://doi.org/10.1007/s13744-018-00667-0>.
- Ellers, J., Ruhe, B., Visser, B., 2011. Discriminating between energetic content and dietary composition as an explanation for dietary restriction effects. J. Insect Physiol. 57 (12), 1670–1676. <http://doi:10.1016/j.jinsphys.2011.08.020>.
- Espinosa, M.S., Hill, J.G., Virla, E.G., 2021. Supplementary nutrient sources improve biological performance of *Gonatopus bonaerensis* (Hymenoptera: Dryinidae), decreasing unwanted destructive host-feeding. Biol. Control 160, 104659. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104659>.
- Foba, C.N., Lagat, Z.O., Gitonga, L.M., Akutse, K.S., Fiaboe, K.K.M., 2015. Interaction between *Phaedorotoma scabriventris* Nixon and *Opius dissitus* Muesebeck (Hymenoptera: Braconidae): Endoparasitoids of *Liriomyza* Leafminer. Afr. Entomol. 23 (1), 120–131. <https://doi.org/10.4001/003.023.0110>.
- Giron, D., Casas, J., 2003. Lipogenesis in an adult parasitic wasp. J. Insect Physiol. 49 (2), 141–147. [https://doi.org/10.1016/S0022-1910\(02\)00258-5](https://doi.org/10.1016/S0022-1910(02)00258-5).
- Hajirajabi, N., Fazel, M.M., Harvey, J.A., Arbab, A., Asgari, S., 2016. Dietary sugars and proline influence biological parameters of adult *Trissolcus grandis*, an egg parasitoid of Sunn pest, *Eurygaster integriceps*. Biol. Control 96, 21–27. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2016.01.009>.
- Harvey, J.A., Cloutier, J., Visser, B., Ellers, J., Wäckers, F.L., Gols, R., 2012. The effect of different dietary sugars and honey on longevity and fecundity in two hyperparasitoid wasps. J. Insect Physiol. 58, 816–823. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jinsphys.2012.03.002>.
- Heimpel, G.E., Collier, T.R., 1996. The evolution of host-feeding behaviour in insect parasitoids. Biol. Rev. 71, 373–400. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.1996.tb01279.x>.
- Jervis, M.A., Kidd, N.A.C., 1986. Host feeding strategies in hymenopteran parasitoids. Biol. Rev. 61, 395–434. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.1986.tb00660.x>.
- Jervis, M.A., Ellers, J., Harvey, J.A., 2008. Resource acquisition, allocation, and utilization in parasitoid reproductive strategies. Annu. Rev. Entomol. 53, 361–385. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.53.103106.093433>.

- Kidd, N.A.C., Jervis, M.A., 1989. The effects of host-feeding behaviour on the dynamics of parasitoid-host interactions, and the implications for biological control. *Res. Popul. Ecol.* 31, 235–274. <https://doi.org/10.1007/BF02513204>.
- Liu, T., Kang, L., Lei, Z., Hernandez, R., 2011. Hymenopteran Parasitoids and Their Role in Biological Control of Vegetable *Liriomyza* Leafminers, pp. 228-243. In: Liu, T., Kang, L., (eds.). *Recent Advances in Entomological Research*. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-17815-3_22.
- Liu, W.X., Wang, W., Cheng, L.S., Guo, J.Y., Wan, F.H., 2014. Contrasting patterns of ovarian development and oogenesis in two sympatric host-feeding parasitoids, *Diglyphus isaea* and *Neochrysocharis formosa* (Hymenoptera: Eulophidae). *Appl. Entomol. Zool.* 49, 305-314. <https://doi.org/10.1007/s13355-014-0251-5>.
- Liu, W.X., Wang, W.X., Zhang, Y.B., Wang, W., Lu, S.L., Wan, F.H., 2015. Adult diet affects the life history and host-killing behavior of a host-feeding parasitoid. *Biol. Control* 81, 58-64. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2014.11.002>.
- Mondy, N., Corio-Costet, M.F., Bodin, A., Mandon, N., Vannier, F., Monge, J.P., 2006. Importance of sterols acquired through host feeding in synovigenic parasitoid oogenesis. *J. Insect Physiol.* 52 (9), 897–904. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2006.03.007>.
- Onagbola, E.O., Fadamiro, H.Y., Mbata, G.N., 2007. Longevity, fecundity, and progeny sex ratio of *Pteromalus cerealellae* in relation to diet, host provision, and mating. *Biol. Control* 40 (2), 222–229. <http://doi:10.1016/j.biocontrol.2006.10.010>.
- R Core Team, 2023. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.
- Ramírez-Tortosa, M.C., Granados, S., Quiles, J.L., 2006. Chemical composition, types and characteristics of olive oil, pp. 45-62. In: Quiles, J.L., Ramírez-Tortosa, M.C., Yaqoob, P. (Eds.), *Olive Oil and Health*. CABI Publishing, Oxford.
- Rivero, A., West, S.A., 2005. The costs and benefits of host feeding in parasitoids. *Anim. Behav.* 69, 1293-1301. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2004.10.008>.
- Systat Software, Inc., 2018. SigmaPlot v. 14.5 for Windows. San Jose, CA. <https://systatsoftware.com/>
- Takano, S.I., Takasu, K., 2019. Food deprivation increases reproductive effort in a parasitoid wasp. *Biol. Control* 133, 75-80. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.03.010>.
- Thompson, S.N., 1973. A review and comparative characterization of fatty acid compositions of seven insect orders. *Comp. Biochem. Physiol.* 45 (2), 467-482. [https://doi.org/10.1016/0305-0491\(73\)90078-3](https://doi.org/10.1016/0305-0491(73)90078-3).
- Visser, B., Ellers, J., 2008. Lack of lipogenesis in parasitoids: A review of physiological

- mechanisms and evolutionary implications. *J. Insect Physiol.* 54 (2), 1315-1322. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2008.07.014>.
- Visser, B., Le Lann, C., den Blanken, F.J., Harvey, J.A., van Alphen, J.J.M., Ellers, J., 2010. Loss of lipid synthesis as an evolutionary consequence of a parasitic lifestyle. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 107 (19), 8677-8682. <https://doi.org/10.1073/pnas.1001744107>.
- Visser, B., Ellers, J., 2012. Effects of a lipid-rich diet on adult parasitoid income resources and survival. *Biol. Control* 60 (2), 119-122. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2011.11.008>.
- Wang, W., Lu, S.L., Liu, W.X., Cheng, L.S., Zhang, Y.B., Wan, F.H., 2014. Effects of Five Naturally Occurring Sugars on the Longevity, Oogenesis, and Nutrient Accumulation Pattern in Adult Females of the Synovigenic Parasitoid *Neochrysocharis Formosa* (Hymenoptera: Eulophidae). *Neotrop. Entomol.* 43, 564-573. <https://doi.org/10.1007/s13744-014-0247-4>.
- Xuan, J.L., Liu, W.X., Zhang, Y.B., Cheng, X.Q., Guo, J.Y., Wan, F.H., 2018. Interactions between *Diglyphus isaea* and *Neochrysocharis Formosa* (Hymenoptera: Eulophidae), two parasitoids of agromyzid leafminers. *Biol. Control* 126, 45-52. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.07.005>.
- Zhang, Y.B., Liu, W.X., Wan, F.H., Li, Q., 2010. Oviposition and host feeding behavior of *Diglyphus isaea* female wasp on the larval of *Liriomyza sativae*. *Chin. J. Biol. Control*, 26 (3), 248-253. (in Chinese)
- Zhang, Y.B., Liu, W.X., Wang, W., Wan, F.H., Li, Q., 2011. Lifetime gains and patterns of accumulation and mobilization of nutrients in females of the synovigenic parasitoid, *Diglyphus isaea* Walker (Hymenoptera: Eulophidae), as a function of diet *J. Insect Physiol.* 57 (7), 1045-1052. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2011.05.002>.
- Zhang, Y.B., Yang, N.W., Wang, J.J., Wan, F.H., 2014. Effect of six carbohydrate sources on the longevity of a whitefly parasitoid *Eretmocerus hayati* (Hymenoptera: Aphelinidae). *J. Asia Pac. Entomol.* 17 (4), 723-728. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2014.07.009>.