**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Bioecologia e competição de duas espécies de parasitoides
neotropicais (Hymenoptera: Braconidae e Eulophidae) de *Liriomyza
sativae* Blanchard, 1938 (Diptera: Agromyzidae)**

Tiago Cardoso da Costa-Lima

**Tese apresentada para obtenção do título de Doutor
em Ciências. Área de concentração: Entomologia**

**Piracicaba
2011**

Tiago Cardoso da Costa-Lima
Bacharel em Ciências Biológicas

**Bioecologia e competição de duas espécies de parasitoides neotropicais
(Hymenoptera: Braconidae e Eulophidae) de *Liriomyza sativae* Blanchard, 1938
(Diptera: Agromyzidae)**

Orientador:
Prof. Dr. JOSÉ ROBERTO POSTALI PARRA

**Tese apresentada para obtenção do título de Doutor
em Ciências. Área de concentração: Entomologia**

Piracicaba
2011

***Aos meus pais, que sempre me deram a liberdade e o apoio
necessário para as escolhas das trilhas que decidi percorrer.***

***Aos meus irmãos, laços eternos de um mesmo ninho,
ofereço.***

Dedico

***a meu amor, Cacau, que esteve sempre ao
meu lado em toda essa jornada.***

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. José Roberto Postali Parra, por todos os ensinamentos nesses cinco anos de convívio e pela confiança em mim depositada;

Ao Dr. Marcone César Mendonça das Chagas, pela amizade e parceria que possibilitou a realização dessa pesquisa;

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), pela oportunidade de realizar o curso de pós-graduação;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos;

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) pelo suporte financeiro ao projeto de pesquisa;

À Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN) por todo suporte garantido que viabilizou a realização dessa tese;

Ao Dr. Prof. Elton Araujo, por ajudar na obtenção de insetos para a criação de laboratório como na troca de experiências sobre o manejo da mosca-minadora em melão;

Ao Dr. Valmir Antonio Costa pelo auxílio com a identificação dos parasitoides da família Eulophidae e Pteromalidae e por sua sempre prontidão em ajudar;

Ao Dr. Maxmilian Fischer pela identificação das amostras de parasitoides da família Braconidae.

Ao Dr. Eric Wajnberg pelas orientações das análises estatísticas da pesquisa.

À Neide Zério, por toda amizade e colaboração nos trabalhos de laboratório desde os tempos de mestrado;

A todos os professores do Setor de Entomologia que muito engrandeceram minha formação;

Aos funcionários do Setor de Entomologia, sempre prestativos quando necessário;

Aos funcionários da EMPARN pelo suporte logístico necessários à realização desta tese;

À bibliotecária Eliana Maria Garcia pelas correções das normas da tese;

Ao Biólogo André Guedes pela colaboração no Laboratório de Entomologia da EMPARN;

Ao amigo Leandro Geremias por toda sua colaboração desde os tempos de mestrado que em muito engrandeceram a formação dessa tese;

Ao estagiário e amigo Alexandre Begiato, que além das ajudas diárias no laboratório, engrandeceu bastante esse trabalho com suas ideias e habilidades para concretizá-las;

Aos amigos do Laboratório de Biologia de Insetos da ESALQ/USP e agregados, Agustín, Alexandre, Aline Rocha, Aloísio, Ângela, Bruno, Guilherme, Gustavo, Levi e Rízia e aos demais colegas que ajudaram no andamento da pesquisa ou com discussões que somaram a essa tese.

Aos amigos da pós, Angelina, Cristiane Nardi, Eliane, Érika, Fábio, Fernando, Jaci, Oderlei, Rafael Pitta e Raphael Castilho.

SUMÁRIO

RESUMO	13
ABSTRACT	15
1 INTRODUÇÃO	17
Referências	18
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1 Sistemática de Agromyzidae: ênfase no gênero <i>Liriomyza</i>	21
2.2 Importância econômica de <i>Liriomyza</i> spp.	22
2.2 Inimigos naturais de <i>Liriomyza</i> spp.	24
2.2.1 Parasitoides	24
2.2.2 Predadores	25
2.2.3 Nematóides e fungos entomopatogênicos	26
2.3 Parasitoides de <i>Liriomyza</i> spp. no Brasil	27
2.3.1 <i>Chrysocharis vonones</i> (Walker, 1839): taxonomia, distribuição, hospedeiros e biologia	30
2.3.2 <i>Opius (Gastrosema) scabriventris</i> Nixon, 1955: taxonomia, distribuição, hospedeiros e biologia	31
2.4 Alimentação hospedeira em insetos parasitoides	32
2.5 Competição interespecífica de parasitoides	34
2.6 Controle biológico de <i>Liriomyza</i> spp.	35
2.6.1 Conservativo (Natural)	35
2.6.2 Clássico	36
2.6.3 Aplicado (Aumentativo)	37
2.7 Criação de insetos com ênfase no gênero <i>Liriomyza</i>	38
Referências	39
3 EXIGÊNCIAS TÉRMICAS DE DUAS ESPÉCIES DE PARASITOIDES NEOTROPICAIS (HYMENOPTERA: BRACONIDAE E EULOPHIDAE) DA MOSCA-MINADORA <i>Liriomyza sativae</i> BLANCHARD, 1938 (DIPTERA: AGROMYZIDAE)	57
Resumo	57
Abstract	58
3.1 Introdução	58
3.2 Material e métodos	60

3.2.1 População inicial e criação da mosca-minadora <i>Liriomyza sativae</i> Blanchard, 1939 e dos parasitoides <i>Opius (Gastrosema) scabriventris</i> Nixon, 1955 e <i>Chrysocharis vonones</i> (Walker, 1839)	60
3.2.2 Influência da temperatura no desenvolvimento de <i>Opius (Gastrosema) scabriventris</i> Nixon, 1955 e <i>Chrysocharis vonones</i> (Walker, 1839).....	60
3.3 Resultados	63
3.3.1 Efeito da temperatura no desenvolvimento de <i>Opius (Gastrosema) scabriventris</i> Nixon, 1955 e <i>Chrysocharis vonones</i> (Walker, 1839).....	63
3.4 Discussão.....	66
3.4.1 Efeito da temperatura no desenvolvimento de <i>Opius (Gastrosema) scabriventris</i> Nixon, 1955 e <i>Chrysocharis vonones</i> (Walker, 1839).....	66
3.5 Conclusões	68
Referências	69
4 PARASITISMO E COMPETIÇÃO DE DUAS ESPÉCIES DE PARASITOIDES NEOTROPICAIS (HYMENOPTERA: BRACONIDAE E EULOPHIDAE) DA MOSCA-MINADORA, <i>Liriomyza sativae</i> BLANCHARD, 1938 (DIPTERA: AGROMYZIDAE) EM DUAS CONDIÇÕES TÉRMICAS	73
Resumo.....	73
Abstract.....	74
4.1 Introdução	75
4.2 Material e métodos.....	76
4.2.1 População inicial e criação da mosca-minadora <i>Liriomyza sativae</i> Blanchard, 1938 e dos parasitoides <i>Opius (Gastrosema) scabriventris</i> Nixon, 1955 e <i>Chrysocharis vonones</i> (Walker, 1839)	76
4.2.2 Ínstar preferencial de parasitismo e predação de larvas de <i>Liriomyza sativae</i> Blanchard, 1938 (Diptera: Agromyzidae) pelos parasitoides <i>Opius (Gastrosema) scabriventris</i> Nixon, 1955 (Hymenoptera: Braconidae) e <i>Chrysocharis vonones</i> (Walker, 1839) (Hymenoptera: Braconidae).....	77
4.2.3 Capacidade de parasitismo e predação e longevidade de <i>O. scabriventris</i> e <i>C. vonones</i> sobre <i>L. sativae</i> em duas temperaturas	80
4.2.4 Competição de <i>O. scabriventris</i> e de <i>C. vonones</i> no parasitismo e predação de larvas de <i>L. sativae</i>	81
4.2.5 Simulação da proporção de parasitoides a serem liberados em relação ao número de larvas de <i>L. sativae</i>	82
4.3 Resultados	83
4.3.1 Ínstar preferencial de parasitismo e predação de larvas de <i>Liriomyza sativae</i> Blanchard, 1938 (Diptera: Agromyzidae) por <i>Opius (Gastrosema) scabriventris</i> Nixon,	

1955 (Hymenoptera: Braconidae) e <i>Chrysocharis vonones</i> (Walker, 1839) (Hymenoptera: Eulophidae).....	83
4.3.2 Capacidade de parasitismo e predação e longevidade de <i>O. scabriventris</i> e <i>C. vonones</i> sobre <i>L. sativae</i> em duas temperaturas.....	84
4.3.3 Simulação da proporção de parasitoides a serem liberados em relação ao número de larvas de <i>L. sativae</i>	89
4.3.4 Competição de <i>O. scabriventris</i> x <i>C. vonones</i>	92
4.4 Discussão	93
4.4.1 Ínstar preferencial de parasitismo e predação de larvas de <i>Liriomyza sativae</i> Blanchard, 1938 por <i>Opius (Gastrosema) scabriventris</i> Nixon, 1955 e <i>Chrysocharis vonones</i> (Walker, 1839)	93
4.4.2 Capacidade de parasitismo e predação e longevidade de <i>O. scabriventris</i> e <i>C. vonones</i> sobre <i>L. sativae</i> em duas temperaturas.....	95
4.4.3 Competição de <i>O. scabriventris</i> x <i>C. vonones</i>	98
4.4.4 Simulação da proporção de parasitoides a serem liberados em relação ao número de larvas de <i>L. sativae</i>	100
4.5 Conclusões	103
Referências	104
5 SISTEMA DE CRIAÇÃO DA MOSCA-MINADORA <i>Liriomyza sativae</i> BLANCHARD, 1938 (DIPTERA: AGROMYZIDAE), COMO BASE PARA A MULTIPLICAÇÃO DE PARASITOIDES	113
Resumo	113
Abstract	114
5.1 Introdução.....	115
5.2 Material e métodos	116
5.2.1 Planta hospedeira.....	116
5.2.2 Manutenção dos estágios imaturos e adultos de <i>L. sativae</i>	117
5.2.3 Avaliação da eficiência do sistema de criação de <i>L. sativae</i>	119
5.2.4 Avaliação da qualidade do sistema de criação de <i>L. sativae</i>	120
5.3 Resultados.....	121
5.3.1 Eficiência e qualidade do sistema de criação de <i>Liriomyza sativae</i> Blanchard, 1938	121
5.4 Discussão	123
5.5 Conclusões.....	126
Referências	126

RESUMO

Bioecologia e competição de duas espécies de parasitoides neotropicais (Hymenoptera: Braconidae e Eulophidae) de *Liriomyza sativae* Blanchard, 1938 (Diptera: Agromyzidae)

A presente pesquisa teve por objetivo estudar a biologia de duas espécies de parasitoides associadas a *Liriomyza sativae* Blanchard, 1938 no Rio Grande do Norte. As duas espécies estudadas foram o parasitoide cenobionte larva-pupa, *Opius* (*Gastrosema*) *scabriventris* (Hymenoptera: Braconidae) e o parasitoide idiobionte larval, *Chrysocharis* *vonones* (Hymenoptera: Eulophidae). Foram avaliados para os dois parasitoides: influência da temperatura no desenvolvimento ovo-adulto e suas respectivas exigências térmicas; ínstar preferencial para parasitismo e predação; capacidade de parasitismo e predação e longevidade a 25 e 30°C e a competição dos inimigos naturais. Paralelamente, desenvolveu-se uma técnica de criação da mosca-minadora, *L. sativae*, para servir de base à produção de parasitoides desta praga. Os limiares térmicos inferiores de desenvolvimento para o período ovo-adulto de *O. scabriventris* e *C. vonones* foram similares, 7,3 e 7,4°C, respectivamente. Estimaram-se 29,4 gerações anuais de *O. scabriventris* e 30,5 de *C. vonones* em Mossoró-RN, região produtora de melão no RN, ou seja, 4,9 e 6,0 gerações a mais do que o hospedeiro, *L. sativae*, respectivamente. O parasitismo total a 25°C e 30°C de *O. scabriventris* e *C. vonones* foram similares. No entanto, a 25°C, a longevidade do eulofídeo foi em média 12,9 dias inferior ao do braconídeo, causando uma maior média de parasitismo diário. O comportamento de predação foi responsável por 24% e 32% da mortalidade total de *L. sativae* por *O. scabriventris* e *C. vonones*, respectivamente. Essa porcentagem se manteve em 26%, para ambas as espécies, a 30°C. Nos dois testes de competição, em que disponibilizaram-se duas quantidades de larvas de *L. sativae*, a espécie *C. vonones* superou *O. scabriventris*, em ambos experimentos. De acordo com os estudos biológicos e de competição, a 25°C a espécie *C. vonones* foi a mais indicada como agente de controle biológico de *L. sativae*, enquanto a 30°C ambos os parasitoides demonstraram capacidade similar para controle de *L. sativae*. O sistema de criação de *L. sativae* foi eficiente e possui características para sua aplicação em escala comercial, com a utilização de materiais de baixo custo, por ocupar espaço reduzido e por otimizar o tempo gasto com a redução de etapas do processo de criação. Esta técnica de criação da mosca-minadora funciona como base para a multiplicação de parasitoides para aplicação em programas de controle biológico clássico ou aplicado.

Palavras-chave: Alimentação hospedeira; Ínstar preferencial; Criação de insetos; Temperatura

ABSTRACT

Bioecology and competition of two neotropical parasitoid species (Hymenoptera: Braconidae and Eulophidae) of *Liriomyza sativae* Blanchard, 1938 (Diptera: Agromyzidae)

We studied the biology of two species of parasitoids associated with *Liriomyza sativae* Blanchard, 1938 in the state of Rio Grande do Norte (RN), Brazil: the koinobiont larval-pupal parasitoid *Opius (Gastrosema) scabriventris* (Hymenoptera: Braconidae) and the larval idiobiont parasitoid *Chrysocharis vonones* (Hymenoptera: Eulophidae). The following parameters were evaluated: the influence of temperature on the egg-adult development and their thermal requirements; instar preference for parasitism and host killing; capacity of parasitism, host killing, and longevity at 25 and 30°C; and competition of these species. The study also aimed to develop a rearing technique of the leafminer *L. sativae* for the production of parasitoids of this pest. The threshold temperatures for the egg-adult period of *O. scabriventris* and *C. vonones* were similar, 7.3 and 7.4°C, respectively. Our data afforded an estimate of 29.4 annual generations of *O. scabriventris* and 30.5 of *C. vonones* in Mossoró, a melon production region in RN, i.e., 4.9 and 6.0 more generations than the host *L. sativae*, respectively. The total parasitism at 25 and 30°C of *O. scabriventris* and *C. vonones* was similar between the species. However, at 25°C the life span of eulophid females was on average 12.9 days less than the braconid, causing a higher mean daily parasitism. The host-killing behavior at 25°C was responsible for 24% and 32% of the total mortality of *L. sativae* larvae for *P. scabriventris* and *C. vonones*, respectively. This percentage remained approximately the same, 26% for both species, at 30°C. In both competition tests where two larvae quantities of *L. sativae* were available, the species *C. vonones* overcame *O. scabriventris*. According to the results of the biological parameters and of competition, at 25°C, *C. vonones* was more indicated as a biological control agent of *L. sativae*, while at 30°C, both parasitoids, *O. scabriventris* and *C. vonones*, demonstrated a similar capacity for the control of *L. sativae*. The *L. sativae* rearing system is efficient and suitable for commercial application: it uses low-cost materials, requires little space, and optimizes the time spent with the reduction of stages in the rearing process. This technique for rearing the leafminer can form a basis for mass rearing of parasitoids for application in classical or applied biological control programs.

Keywords: Host feeding; Instar preference; Insect rearing; Temperature

1 INTRODUÇÃO

Existem três espécies de maior importância de moscas-minadoras (Diptera: Agromyzidae): *L. trifolii* (Burgess, 1880), *L. sativae* Blanchard, 1938 e *L. huidobrensis* (Blanchard, 1926) que são pragas cosmopolitas de várias culturas e plantas ornamentais (MURPHY; LASALLE, 1999). A quantidade de publicações relacionadas a um inseto praga em geral reflete a importância econômica associada. Isso pode ser observado com as moscas-minadoras, pois na revisão de Parrella (1987), nota-se que a grande maioria das citações são da década de 70 e 80, principalmente dos EUA, país em que ocorriam diversos surtos relacionados com as espécies *L. trifolii* e *L. sativae*. Em revisão recente de Kang et al. (2009) sobre a influência da temperatura e da ecologia química na distribuição e controle de *Liriomyza*, constata-se que a maior parte dos artigos atuais são oriundos de países asiáticos como a China e o Japão. Esse fato é decorrente da atual importância desses insetos nessas regiões, que possuem sua origem no continente americano e hoje se encontram em expansão no sudoeste asiático (MURPHY; LASALLE, 1999; RAUF; SHEPARD; JOHNSON, 2000).

Muitos desses países que sofreram com a invasão dessas moscas-minadoras polípagas, optaram pela importação de duas espécies de parasitoides *Diglyphus isaea* (Walker, 1838) e *Dacnusa sibirica* Telenga, 1935, como por exemplo o Japão (OZAWA et al., 1993). Esses dois agentes biológicos são amplamente comercializados desde a década de 80 principalmente na Europa e América do Norte, por várias empresas de controle biológico direcionadas a culturas em casa-de-vegetação. No entanto, hoje já é muito discutida a questão do risco ambiental na introdução de inimigos naturais (BIGLER; BABENDREIER; KUHLMANN, 2006) advindo daí a necessidade de explorar os agentes biológicos nativos presentes na área.

Na presente pesquisa, foram selecionadas duas espécies de parasitoides associadas a *L. sativae* no Rio Grande do Norte, *Opius (Gastrosema) scabriventris* Nixon, 1955 (Braconidae) e *Chysocharis vonones* (Walker, 1839) (Eulophidae). O braconídeo, *O. scabriventris*, é um parasitoide cenobionte larva-pupa, relatado como uma das espécies mais abundantes associadas a *L. sativae* na cultura do meloeiro. O eulofídeo, *C. vonones*, é um parasitoide idiobionte larval com registro de 21 espécies de

agromizídeos como hospedeiros (NOYES, 2011). O presente estudo objetivou estudar a biologia e competição dos parasitoides *O. scabriventris* e *C. vonones*, visando à aplicação em programas de controle biológico contra a mosca-minadora, *L. sativae*. Paralelamente, buscou-se desenvolver um sistema de criação da mosca-minadora, *L. sativae*, para servir de base à multiplicação em escala comercial dessas duas espécies de parasitoides.

Referências

BIGLER, F.; BABENDREIER, D.; KUHLMANN, U. **Environmental impact of invertebrates for biological control of arthropods: methods and risk assessment**. Cambridge: CABI Publishing, 2006. 299 p.

KANG, L.; CHEN, B.; WEI, J.N.; LIU, T.X. Roles of thermal adaptation and chemical ecology in *Liriomyza* distribution and control. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 54, p. 127-145, 2009.

MURPHY, S.T.; LASALLE, J. Review article: balancing biological control strategies in the IPM of new world invasive *Liriomyza* leafminers in field vegetable crops. **Biocontrol News and Information**, Wallingford, v. 20, n. 3, p. 91-104, 1999.

NOYES, J. **Universal Chalcidoidea Database**. Disponível em: <<http://www.nhm.ac.uk/jdsml/research-curation/research/projects/chalcidoids/>>. Acesso em: 11 fev. 2011.

OZAWA, A.; KOBAYASHI, H.; AMANO, T.; IKARI, T.; SAITO, T. Evaluation of imported parasitic wasps as biological control agents of the legume leaf miner, *Liriomyza trifolii* Burgess, in Japan. II. A field test on cherry tomatoes in a plastic greenhouse, in Shizuoka Prefecture. **Proceedings of the Kanto-Tosan Plant Protection Society**, Tokyo, v. 40, p. 239-241, 1993.

PARRELLA, M.P.A. Biology of *Liriomyza*. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 32, p. 201-224, 1987.

RAUF, A.; SHEPARD B.M.; JOHNSON, M.W. Leafminers in vegetables, ornamental plants and weeds in Indonesia: surveys of host crops, species composition and parasitoids. **International Journal of Pest Management**, London, v. 46, n. 4, p. 257–66, 2000.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sistemática de Agromyzidae: ênfase no gênero *Liriomyza*

A família Agromyzidae pertence à ordem Diptera e é conhecida pelo hábito das larvas se alimentarem do mesófilo foliar causando a formação de minas, comportamento este correspondente a 75% das espécies. A fase larval das demais 25% das espécies pode atacar as raízes, caules, galhos, vagens, hastes e capítulos (SPENCER, 1973). Estudos paleontológicos sugerem uma diversificação dos agromizídeos no período Paleogeno recente, sendo da época do Paleoceno (em torno de 65 milhões de anos atrás) o mais antigo icnofóssil registrado (WINKLER et al., 2010). Acreditava-se que o hábito minador da maioria dos agromizídeos era derivado de espécies que se alimentavam do caule (NOWAKOWSKI, 1962; TSCHIRNHAUS, 1971; SPENCER, 1990); no entanto, estudos recentes, avaliando caracteres morfológicos e moleculares não encontraram nenhuma evidência neste sentido (DEMPEWOLF, 2005; SCHEFFER; WINKLER; WIEGMANN, 2007). A maioria dos agromizídeos são especialistas, 95% se alimentam de espécies de apenas uma família botânica (WARD; SPALDING, 1993). Espécies polífagas, que possuem plantas hospedeiras de diferentes ordens, são muito raras e apenas 14 espécies são registradas de um total de 1.190 com hospedeiros conhecidos (SPENCER, 1990).

O gênero *Liriomyza* é o que possui o maior número de hospedeiros relatados (SCHEFFER; WINKLER; WIEGMANN, 2007). Há o registro de mais de 300 espécies de *Liriomyza*, sendo 23 de importância econômica; destas, cinco são consideradas polífagas: *Liriomyza trifolii* (Burgess, 1880), *L. bryoniae* Kaltenbach, 1858, *L. huidobrensis* Blanchard, 1926, *L. sativae* Blanchard, 1938 e *L. strigata* Meigen, 1830 (SPENCER, 1973; PARRELLA, 1987).

A taxonomia dos agromizídeos polífagos, principalmente os do gênero *Liriomyza*, mostrou-se bastante confusa no passado. Isso ocorreu em virtude da grande quantidade de hospedeiros comuns a diferentes espécies e a uma similaridade morfológica (PARRELLA, 1982). Os trabalhos de Spencer (1973) e Spencer e Steyskal (1986) sobre sistemática de Agromyzidae trouxeram uma grande contribuição para a

taxonomia do grupo, sendo a identificação das espécies, em grande parte, baseada na genitália masculina.

Com o crescimento da importância econômica das espécies polífagas de *Liriomyza*, novas técnicas passaram a ser importantes para a identificação dos estágios imaturos e das fêmeas adultas. Isso foi possível com a evolução de técnicas moleculares biológicas, baseados no sequenciamento de uma região gênica mitocondrial única (geralmente a Citocromo Oxidase I), denominado de “barra de códigos” do DNA (HEBERT et al., 2003). Esta técnica foi aplicada com sucesso para diferenciação das principais espécies polífagas de *Liriomyza* (KOX, et al. 2005; SCHEFFER; LEWIS; JOSHI, 2006).

Por meio de trabalhos de caracterização molecular de moscas-minadoras também foi possível verificar a presença de espécies crípticas. Para *L. huidobrensis* foi confirmada a presença de duas espécies, passando a população da América do Norte a ser denominada *L. langei* Frick, 1951 e a da América do Sul manteve o nome de *L. huidobrensis* (SCHEFFER, 2000; SCHEFFER; LEWIS, 2001). Para as espécies *L. trifolii* e *L. sativae* foram evidenciados diferentes clados nas populações estudadas que também sugerem a presença de um complexo de espécies crípticas (SCHEFFER; LEWIS, 2005; 2006).

2.2 Importância econômica de *Liriomyza* spp.

As moscas-minadoras podem provocar danos diretos e indiretos às suas plantas hospedeiras. No primeiro caso, a maior importância é relacionada à alimentação larval, que provoca uma redução da capacidade fotossintética da planta (MINKENBERG; LENTEREN, 1986). Em caso de um alto nível de infestação, pode ocasionar a queda prematura de folhas, que em culturas como a do tomate e do melão, pode provocar a “queima” dos frutos (MUSGRAVE; POE; WEEMS, 1975; PALUMBO; KERNS, 1998). As puncturas de alimentação, realizadas pelas fêmeas, também causam danos às plantas, que junto com a atividade larval podem reduzir a velocidade de crescimento ou até ocasionar a morte de plantas pequenas (ELMORE; RANNEY, 1954; TRUMBLE; TING; BATES, 1985). No caso das plantas ornamentais, as puncturas e minas das moscas-

minadoras reduzem o valor estético do produto (PARRELLA; ALLEN; MORISHITA, 1981).

Os danos indiretos surgem em virtude das aberturas realizadas nas folhas para alimentação e oviposição, as quais servem como porta de entrada para bactérias e vírus. Price e Harbaugh (1981) relataram o aumento da bactéria *Pseudomonas cichorii* (Swing) Stapp em crisântemo infestado por *L. trifolii*. Na literatura há dois registros sobre a transmissão de vírus de plantas por mosca-minadoras. Costa, Silva e Duffus (1958) relataram a transmissão do vírus do mosaico do fumo (TMV) e do vírus do mosaico do quenopódio (SoMV) por *L. langei*. Zitter e Tsai (1977) verificaram a transmissão de três potivírus por *L. sativae* em plantas de aipo e abobrinha. Em ambos os casos, os autores não identificaram a exata relação do vírus com o inseto. O mais provável é que o vírus seja transportado pelo ovipositor como um contaminante; no entanto, também há a possibilidade desse transporte ocorrer por meio das peças bucais do adulto.

O impacto econômico das moscas-minadoras pode atingir valores elevados, como relatado na indústria do crisântemo na Califórnia entre 1981 e 1985, em que as perdas, acarretadas pela espécie *L. trifolii*, atingiram 93 milhões de dólares (PARRELLA, 1987). Na Oceania, em Vanuatu, na década de 80, *L. sativae* foi responsável pela perda de 70% da produção na cultura de tomate (WATERHOUSE; NORRIS, 1987). No Peru, as perdas econômicas acarretadas pela espécie *L. huidobrensis*, em batata, atingiram 35% em 1984 (CHAVEZ; RAMAN, 1987). Na década de 90, foi relatado que a espécie *L. huidobrensis* acarretou uma perda de 100% da produção em plantações de batata e perdas de até 70% em outras culturas em áreas da Indonésia (SHEPARD; SAMSUDIN; BRAUN, 1998). Na cultura do melão do estado do Rio Grande do Norte, houve um incremento de custo de R\$ 900,00 por hectare, apenas com o uso de inseticidas para o controle de mosca-minadora. Na safra de 2004-2005, ocorreram perdas de 10-15% da área, em função do baixo teor de sólidos solúveis totais dos frutos a serem exportados (ARAUJO et al., 2007).

2.2 Inimigos naturais de *Liriomyza* spp.

Em revisão sobre a evolução e adaptação do hábito minador dos insetos, Connor e Taverner (1997) relataram que esse grupo de insetos é o que apresenta uma maior riqueza de parasitoides em relação às demais guildas. Não é diferente para as moscas-minadoras do gênero *Liriomyza*, que apresentam uma maior diversidade de parasitoides em relação a predadores e entomopatógenos (LIU et al., 2009).

2.2.1 Parasitoides

Em geral, os parasitoides de *Liriomyza* parasitam a fase larval, com exceção da espécie *Gronotoma micromorpha* (Perkins, 1910), que possui a capacidade de parasitar também o estágio de ovo (ABE, 2001). Esses himenópteros podem ser ecto ou endoparasitoides, sendo que algumas espécies emergem da mina formada na folha (ex. *Diglyphus* spp.) enquanto outras do pupário (ex. *Opius* spp.) (MURPHY; LASALLE, 1999). Existem algumas espécies de hiperparasitoides, como *Neochrysocharis formosa* (Westwood, 1833), que é um hiperparasitoide de *D. isaea* (Walker, 1838) e parasitoide de outras espécies de *Liriomyza* (OZAWA; OTA; KOBAYASHI, 2002).

De acordo com as revisões de Minkenberg e Lenteren (1986) e de Murphy e LaSalle (1999), a maior parte dos parasitoides de *Liriomyza* são das famílias Eulophidae e Braconidae, mas também há representantes de Pteromalidae, Eucoilidae e Tetracampidae. Atualmente, já foram registradas mais de 140 espécies de parasitoides associados a *Liriomyza* (LIU et al., 2009). O conhecimento da diversidade e biologia de inimigos naturais de *Liriomyza* são, em sua maioria, da América do Norte, Europa e do leste da Ásia; outras regiões como a Neotropical ainda são pouco exploradas (MURPHY; LASALLE, 1999).

Enquanto algumas espécies, como o eucoílideo *Ganaspidium utilis* (Beardsley, 1988), possuem uma distribuição mais restrita, alguns parasitoides têm apresentado uma distribuição global. Este é o caso de alguns representantes dos gêneros *Opius* (Braconidae), *Chrysocharis* e *Diglyphus* (Eulophidae) e *Halticoptera* (Pteromalidae),

mostrando-se associados às moscas-minadoras em quase todas as regiões em que houve invasões dessa praga (MURPHY; LASALLE, 1999).

Em relação à especificidade hospedeira, em geral consideram-se os parasitoides de *Liriomyza* spp. como não específicos, sendo inclusive comum encontrarem-se espécies semelhantes em levantamentos de inimigos naturais de lepidópteros minadores, como *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville, 1842) (MIRANDA, 2009).

2.2.2 Predadores

Há relatos de predadores de diferentes ordens que se alimentam de moscas-minadoras como registrado nas revisões de Murphy e LaSalle (1999) e Liu et al. (2009); no entanto, diferentemente dos parasitoides, são inexistentes trabalhos de biologia com esses insetos para avaliar o potencial como agentes de controle biológico de *Liriomyza* spp.

Cisnero e Mujica (1999) ao estudarem os inimigos naturais de *L. huidobrensis* na cultura da batata no Peru, registraram a presença de representantes de cinco ordens de insetos predando os diferentes estágios de desenvolvimento da mosca-minadora. Os percevejos *Orius insidiosus* (Say, 1832) e *Geocoris punctipes* (Say, 1832) foram observados predando a fase de ovo e *Nabis punctipennis* Blanchard, 1872 os estágios de ovo e larva de *L. huidobrensis*. A fase de pupa mostrou-se a mais predada, por coleópteros (Carabidae, Cicindellidae e Staphilinidae), dermápteros (Labiduridae) e formigas (Formicidae). As moscas das famílias Dolichopodidae e Empididae foram observadas se alimentando de adultos de moscas-minadoras. No mesmo estudo, registraram a presença de cinco famílias de aranhas predando pupas e adultos de *L. huidobrensis*.

Estudos em casas-de-vegetação na Europa relataram três espécies de mirídeos como os predadores mais comuns de moscas-minadoras (SALAMERO; GABARRA; ALBAJES, 1987; CARVALHO; MEXIA, 2000; LUCAS; ALOMAR, 2002; CASTAÑÉ et al., 2004). Em Israel há registros de moscas das famílias Empididae e Muscidae predando *L. trifolii* (FREIDBERG; GIJSWIJT, 1984) e na Indonésia algumas espécies de Dolichopodidae (RAUF; SHEPARD; JOHNSON, 2000). Larvas de *L. trifolii* também já

foram registradas como presas de ninfas e adultos da espécie de tripes, *Franklinothrips vespiformis* (Crawford, 1909) (ARAKAKI; OKAJIMA, 1998).

2.2.3 Nematóides e fungos entomopatogênicos

Até o momento, foram identificadas apenas cinco espécies de nematóides associados a *Liriomyza* spp.: *Heterohabditis heliothidis* Khan, Brooks e Hirschmann, 1976, *H. megidis* Poinar, Jackson e Klein, 1987, *Heterohabditis* sp. (linhagem UK 211), *Steinernema carpocapsae* (Weiser, 1955) e *S. feltiae* (Filipjev, 1934) (HARRIS; BEGLEY; WARKENTIN, 1990; HARA et al., 1993; WILLIAMS; MACDONALD, 1995; HEAD; PALMER; WALTERS, 2003).

Os nematóides penetram na mina feita pela mosca-minadora a partir das puncturas de alimentação ou de oviposição. Após o contato com a larva, os nematóides, em geral, penetram via ânus, ao invés da boca ou espiráculos. Estes agentes de controle biológico podem matar larvas, pré-pupas e pupas recém formadas de moscas-minadoras. Após a penetração, as larvas de primeiro e segundo ínstaes de *Liriomyza* spp. morrem rapidamente, enquanto as pré-pupas necessitam de, mais ou menos, 15h para morrer (LIU et al., 2009).

Existem estudos que demonstram uma alta mortalidade larval de *Liriomyza* spp. (85 a 97%) em virtude da aplicação de nematóides (BROADBENT; OLTHOF, 1995; HEAD; PALMER; WALTERS, 2002); no entanto, uma das principais restrições se deve à necessidade de umidade relativa do ar elevada (acima de 92%) para a eficiência do controle (HARA et al., 1993).

Head, Palmer e Waters (2003) estudaram a relação dos parasitoides de *L. huidobrensis*, *D. isaea* e *Dacnusa sibirica* Telenga, 1935, com o nematóide *S. feltiae*. A aplicação foliar do nematóide provocou uma redução na sobrevivência dos parasitoides. Testes de preferência com *D. isaea*, mostraram que o parasitoide não distinguiu entre larvas intactas e infectadas com *S. feltiae* para alimentação, por outro lado, 98% dos parasitismo ocorreu em larvas não infectadas.

As espécies de fungos entomopatogênicos identificados infestando *Liriomyza* foram: *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. 1912, *Paecilomyces fumosoroseus* (Wize)

Brown e Smith 1957, *P. lilacinus* Vaginitis 1974, *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin 1883 e *Lecanicillium muscarium* (Petch) Zare e Gams 2001 (YANO, 2004). Há estudos com diferentes isolados dessas espécies em que demonstram efeito sobre o estágio de pupa de *L. trifolii*, *L. sativae* e *L. bryoniae* (BORDAT; ROBERT; RENAND, 1988; BORISOV; USHCHEKOV, 1997) e sobre adultos de *L. huidobrensis* (MIGIRO et al., 2010).

Além de avaliar o efeito de diferentes isolados de *M. anisopliae* e *B. bassiana* sobre *L. huidobrensis*, Migiro et al. (2010) testaram a autoinoculação de *M. anisopliae* em campo. Foram utilizados dispositivos de contaminação, armadilhas atrativas de cor amarela contendo conídeos do fungo, fixados em plantios de feijão. Um dia após a fixação dos dispositivos, os adultos adquiriram, em média $4,1 \pm 0,7 \times 10^5$ conídeos e $39,6 \pm 4,0 \times 10^5$ conídeos após cinco dias. Em outro estudo, Migiro et al. (2011) verificaram que as fêmeas de *L. huidobrensis* contaminadas com *M. anisopliae* tiveram uma maior mortalidade e uma menor fecundidade, em três diferentes hospedeiros, em relação a fêmeas não expostas ao fungo.

2.3 Parasitoides de *Liriomyza* spp. no Brasil

No Brasil há registro de 11 espécies de parasitoides de *Liriomyza* e 16, com relato apenas do gênero. No total, há representantes de 11 gêneros pertencentes a cinco famílias. Na Tabela 1 pode-se visualizar a lista completa, com a espécie/família do parasitoide, espécie da mosca-minadora, planta hospedeira, local de coleta e referência bibliográfica. Semelhante a outros países, as famílias Braconidae e Eulophidae são as que predominaram (MURPHY; LASALLE, 1999), principalmente representantes do gênero *Opius* e *Chrysocharis*, respectivamente. O gênero *Opius* foi registrado em todas as regiões do Brasil em que houve levantamentos, ou seja, nordeste (ARAUJO et al., 2007), centro-oeste (GUIMARÃES et al., 2010), sudeste (CRUZ et al., 1988; CRUZ; NAKANO; BERTI-FILHO, 1988; WATANABE et al., 1992; PEREIRA et al., 2002;) e sul (RIBEIRO et al., 2007; SANTOS et al., 2007). Apenas no trabalho de Santos et al. (2007) com plantas espontâneas no Rio Grande do Sul, foram registrados quatro espécies de *Opius* associados a *Liriomyza*. Em virtude da dificuldade

Tabela 1.1 - Espécies e famílias de parasitoides de *Liriomyza* spp. com registros denocorrência no Brasil, com seus respectivos hospedeiros, plantas-hospedeiras, local de coleta e referência bibliográfica*

(continua)

Parasitoide	Mosca-minadora	Planta-hospedeira	Cidade/Estado	Referência
BRACONIDAE				
<i>Centistidea</i> sp. 1	<i>Liriomyza commelinae</i>	<i>Commelina diffusa</i>	Montenegro (RS)	Santos et al., 2007
<i>Centistidea</i> sp. 2	<i>Liriomyza</i> sp. 1	<i>Baccharis anomala</i>		
<i>Opius</i> sp.	<i>L. trifolii</i> ¹ , <i>L. huidobrensis</i> ^{2,3,4} , <i>L. sativae</i> ⁵ e <i>Liriomyza</i> sp. ^{6,7,8}	<i>C. melo</i> ^{1,2} , <i>Lycopersicon</i> <i>esculentum</i> ^{5,7} , <i>Solanum</i> <i>tuberosum</i> ⁴ e <i>Phaseolus vulgaris</i> ^{4,8}	Mossoró (RN) ¹ , Guaíra ⁷ , Monte-Mor ⁶ (SP), Brasília (DF) ² , Avelar ³ , Itaguaí ³ , Vassouras ⁵ (RJ), Alfenas (MG) ⁴ e Santa Maria (RS) ⁸	Araujo et al., 2007 ¹ ; Cruz; Nakano; Berti-Filho, 1988 ³ ; Cruz et al., 1988 ⁶ ; Guimarães et al., 2010 ² ; Oliveira et al., 1991 ⁵ ; Pereira et al., 1997 ⁴ ; Watanabe et al., 1992 ⁷ ; Ribeiro et al., 2007 ⁸
<i>Opius</i> sp.1	<i>L. commelinae</i>	<i>C. diffusa</i>	Montenegro (RS)	Santos et al., 2007
<i>Opius</i> sp.2	<i>L. mikaniae</i>	<i>M. micrantha</i>		
<i>Opius</i> sp.3	<i>Liriomyza</i> sp. 2	<i>C. bonariensis</i>	Bauru (SP)	Campos et al., 1984
<i>Opius</i> sp.5	<i>L. commelinae</i>	<i>C. diffusa</i>		
<i>Opius scabriventris</i>	<i>Liriomyza</i> sp.	<i>P. vulgaris</i>		
EULOPHIDAE				
<i>Chrysocharis perditor</i>	<i>L. trifolii</i>	<i>C. melo</i>	Mossoró (RN)	Araujo et al., 2007
<i>C. vonones</i>	<i>L. commelinae</i>	<i>C. diffusa</i>	Montenegro (RS) ¹	Santos et al., 2007 ¹
<i>C. caribea</i>	<i>L. sativae</i>	<i>P. vulgaris</i>	Piracicaba (SP)	Campos et al., 1984
<i>C. tristis</i>	<i>L. commelinae</i>	<i>C. diffusa</i>	Montenegro (RS)	Santos et al., 2007
<i>C. bedius</i>	<i>Liriomyza</i> sp.	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Santa Maria (RS)	Ribeiro et al., 2007
<i>Chrysocharis</i> sp.	<i>L. commelinae</i>	<i>C. diffusa</i>	Montenegro (RS)	Santos et al., 2007
<i>Chrysocharis</i> sp.	<i>Liriomyza</i> sp.	<i>L. esculentum</i>	Guaíra (SP)	Watanabe et al., 1992

Tabela 1.1 - Espécies e famílias de parasitoides de *Liriomyza* spp. com registros de ocorrência no Brasil, com seus respectivos hospedeiros, plantas-hospedeiras, local de coleta e referência bibliográfica.

(conclusão)

Parasitoide Família/Espécie	Mosca-minadora	Planta-hospedeira	Cidade/Estado	Referência
EULOPHIDAE				
<i>Chrysocharis</i> sp.	<i>L. sativae</i>	<i>C. melo</i> , <i>L. esculentum</i> , <i>Citrus lanatus</i> e <i>Tagetes</i> sp.	Petrolina (PE)	Ramalho; Moreira, 1979
<i>Chrysonotomyia</i> sp.	<i>L. sativae</i>	<i>C. melo</i> , <i>L. esculentum</i> , <i>Citrus lanatus</i> e <i>Tagetes</i> sp.	Petrolina (PE)	Ramalho; Moreira, 1979
<i>Closterocerus coffeellae</i>	<i>Liriomyza</i> sp. 1 ¹ e <i>Liriomyza</i> sp. 2 ²	<i>B. punctulata</i> ¹ e <i>C.</i> <i>bonariensis</i> ²	Montenegro (RS)	Santos et al., 2007
<i>Closterocerus</i> sp.	<i>L. huidobrensis</i>	<i>C. melo</i>	Brasília (DF)	Guimarães et al., 2010
<i>Diaulinopsis callichroma</i>	<i>L. trifolii</i>	<i>C. melo</i>	Mossoró (RN)	Guimarães et al., 2007; Araujo et al., 2007
<i>Diglyphus insularis</i>	<i>L. trifolii</i>	<i>C. melo</i>	Mossoró (RN)	Araujo et al., 2007
<i>Diglyphus</i> sp.	<i>L. sativae</i>	<i>C. melo</i> , <i>L. esculentum</i> , <i>Citrus lanatus</i> e <i>Tagetes</i> sp.	Juazeiro (BA)	Ramalho; Moreira, 1979
<i>Neochrysocharis</i> sp. 1	<i>L. trifolii</i>	<i>C. melo</i>	Mossoró (RN)	Guimarães et al., 2007
<i>Neochrysocharis</i> sp. 2	<i>L. trifolii</i>	<i>C. melo</i>	Mossoró (RN)	Guimarães et al., 2007
FIGITIDAE				
<i>Agrostocynips clavatus</i>	<i>L. commelinae</i> ¹ , <i>L.</i> <i>mikaniae</i> ¹ e <i>L.</i> <i>huidobrensis</i> ²	<i>C. diffusa</i> ¹ e <i>M. micrantha</i> ¹	Montenegro (RS) ¹ e Monte- Mor (SP) ²	Santos et al., 2007 ¹ ; Cruz; Nakano; Berti-Filho, 1988 ²
<i>Zaeucoila uncarinata</i>	<i>L. sativae</i>	<i>C. sativus</i>	Morretes (PR)	Lorini; Foerster, 1985
MIMARIDAE				
<i>Anagrus</i> sp.	<i>Liriomyza</i> sp.	<i>L. esculentum</i>	Guaíra (SP)	Watanabe et al., 1992

* Os números referem-se às correspondências entre as diferentes colunas.

de identificação deste gênero no Brasil, a maior parte dos trabalhos não apresentam o nome específico. Para o gênero *Chrysocharis*, há registro de cinco espécies e em dois trabalhos é relatado apenas o gênero, com ocorrência no nordeste (ARAUJO et al., 2007), sudeste (WATANABE et al., 1992) e sul do Brasil (RIBEIRO et al., 2007; SANTOS et al., 2007). A região norte é a única do Brasil em que ainda não se desenvolveram trabalhos relacionados a parasitoides de *Liriomyza* spp.

Recentemente, foram identificados pela primeira vez no Brasil, três espécies do gênero *Diglyphus*, *D. begini*, *D. intermedius* e *D. isaea* em Minas Gerais (CARVALHO et al., 2011). Essas espécies não foram inseridas na tabela, pois os hospedeiros destes parasitoides foram identificados apenas como pertencentes à família Agromyzidae.

2.3.1 *Chrysocharis vonones* (Walker, 1839): taxonomia, distribuição, hospedeiros e biologia

A espécie *C. vonones* possui como sinônimas *Phytomyzophaga albipes* Brethes, 1923 e *Chrysocharis brethesi* Schauff e Salvo, 1993 (SCHAUFF; SALVO, 1993; HANSSON, 1997). De acordo com a base de dados universal de Chalcidoidea, *C. vonones* possui o registro de 21 espécies de agromizídeos como hospedeiros, pertencentes a nove gêneros (NOYES, 2011). Além da ordem Diptera, há relato de associação com o bicho mineiro, *L. coffeella* (MIRANDA, 2009). Esta ampla gama de hospedeiros também mostra-se associada a plantas de 14 famílias botânicas. Esta espécie possui uma distribuição neotropical, com registros desde a Argentina até os EUA (NOYES, 2011).

O primeiro relato de *C. vonones* (como *Phytomyzophaga albipes* Bréthes, 1923) no Brasil foi de Costa-Lima (1962) associado a dois agromizídeos, *Phytomyza platensis* Bréthes, 1923 e *P. williamsoni* Blanchard, 1954. Outros registros incluem o estado da Bahia, São Paulo (SANTIS, 1980) e Rio Grande do Sul, neste último, associado a *L. commelinae* (SANTOS et al., 2007).

Pouco é conhecido sobre a biologia de *C. vonones*, havendo apenas o relato de Schauff e Salvo (1993) que indica que a espécie é geralmente um parasitoide larva-

pupa mas que ocasionalmente pode emergir antes da formação da pupa do hospedeiro (parasitoide larva-larva).

2.3.2 *Opius (Gastrosema) scabriventris* Nixon, 1955: taxonomia, distribuição, hospedeiros e biologia

A espécie *O. scabriventris* foi descrita por Nixon em 1955 a partir de exemplares coletados na Ilha Juan Fernandez no Chile (NIXON, 1955). Fischer (1977) incluiu o subgênero no nome da espécie, como *Opius (Gastrosema) scabriventris* Nixon, 1955. Achterberg e Salvo (1997) restringiram o nome *Opius* Wesmael, 1835 para o grupo com formato derivado da mandíbula. Os demais membros de *Opius* foram divididos em grupos menores e um gênero cosmopolita maior, *Phaedorotoma*, no qual se inseriu *P. scabriventris* (Walker, 1955). Atualmente é possível encontrar os dois nomes sendo utilizados na literatura. Kula (2003) discordou da divisão realizada no gênero, considerando que apenas alguns representantes de *Gastrosema* possuem as características utilizadas para definição do gênero *Phaedorotoma sensu* Achterberg e Salvo (1997) e que este não aparenta ser um grupo monofilético. Dessa forma, Kula (2003) afirmou preferir o conceito de Fischer (1977).

O braconídeo, *O. scabriventris* é um parasitoide de agromizídeos com registros de ocorrência natural apenas na América do Sul, nos seguintes países: Argentina (ACHERBERG; SALVO, 1997), Brasil (CAMPOS et al., 1984), Chile (NIXON, 1955) e Peru (CISNERO; MUJICA, 1999). Dentre as 69 espécies de parasitoides de agromizídeos identificados na região de Córdoba na Argentina, *O. scabriventris* mostrou-se como a mais abundante (SALVO; VALLADARES, 1998), considerada a mais importante associada a *L. huidobrensis* (Valladares; Salvo, 1999; Valladares; SALVO; VIDELA, 1999). No Brasil, o registro de Campos et al. (1984) foi no município de Bauru (SP) associado a *Liriomyza* sp. em cultivo de feijão, *Phaseolus vulgaris* L.

Recentemente em 2009, um projeto do ICIPE (International Centre of Insect Physiology and Ecology) em parceria com o CIP (Centro Internacional de la Papa) introduziram no Kenya três espécies de parasitoides de *Liriomyza* do Peru, incluindo *O. scabriventris* (ICIPE, 2011a). O braconídeo estabeleceu-se na região, aumentando sua

população entre estações e apresentando uma taxa de parasitismo médio de 17,9% nos locais de liberação. Criações em larga escala da espécie estão sendo mantidas no Kenya para continuidade do projeto (ICIPE, 2011b).

O gênero *Opius* é um dos maiores da família Braconidae e mais da metade dos hospedeiros registrados são agromizídeos (BELOKOBYSKIY; WHARTON; La SALLE, 2004). Em virtude do tamanho do gênero, poucos são os especialistas no mesmo, o que provavelmente explica a ausência do nome específico para a maioria dos relatos do gênero associado a *Liriomyza* no Brasil (ARAUJO et al., 2007; CRUZ; NAKANO; BERTI-FILHO, 1988; CRUZ et al., 1988; GUIMARÃES et al., 2010; OLIVEIRA et al., 1991; PEREIRA et al., 1997; WATANABE et al., 1992; RIBEIRO et al., 2007; SANTOS et al., 2007).

Até o momento, todas as espécies de Opiinae com hospedeiros conhecidos são endoparasitoides cenobiontes de dípteros ciclorrafos, com registros para as famílias Agromyzidae, Tephritidae e Anthomyiidae (SHAW; HUDDLESTON, 1991). Para *O. scabriventris* há relato de sete agromizídeos como hospedeiros, incluindo três espécies de *Liriomyza*, *L. huidobrensis*, *L. langei* e *L. brassicae* Riley, 1885 (ACHERBERG; SALVO, 1997).

2.4 Alimentação hospedeira em insetos parasitoides

Um importante comportamento dos parasitoides é a alimentação hospedeira, em que as fêmeas consomem a hemolinfa e/ou tecidos dos hospedeiros (JERVIS; KIDD, 1986; HEIMPEL; COLLIER, 1996). Kidd e Jervis (1989) estimaram que um terço das espécies de parasitoides apresentam este hábito.

Em revisão sobre estratégias de alimentação hospedeira em himenópteros parasitoides, Jervis e Kidd (1986) realizaram algumas classificações sobre esse comportamento. Primeiramente classificaram como **simultânea**, quando a fêmea utiliza o mesmo hospedeiro para alimentação e parasitismo e como **não simultânea**, quando diferentes hospedeiros são utilizados para cada comportamento. Em uma segunda classificação foi considerada estratégia **não-destrutiva**, quando o hospedeiro sobrevive e **destrutiva**, quando o hospedeiro morre em decorrência do encontro com o

parasitoide. A maioria dos parasitoides avaliados na revisão possuem alimentação hospedeira do tipo destrutiva não simultânea.

A hemolinfa dos insetos é rica em aminoácidos livres, além de possuir proteínas, lipídeos, inibidores de proteases e outros constituintes orgânicos, como carboidratos (CHAPMAN, 1998). A necessidade protéica das fêmeas sinovigênicas está relacionada à produção dos ovos. Esta hipótese foi confirmada por meio do rastreamento de aminoácidos marcados radioativamente que foram localizados incorporados aos ovos de *Dinarmus basalis* (Rondani, 1877), um ectoparasitoide de *Callosobruchus maculatus* (Fabricius, 1775) (RIVERO; CASAS, 1999). Em outro estudo com o mesmo parasitoide, os autores observaram que as fêmeas de *D. basalis* necessitaram de 4-5 dias para utilização dos recursos provenientes da alimentação hospedeira, sendo que a reserva proteica advinda da fase larval manteve a produção de ovos nos primeiros dias (RIVERO; GIRON; CASAS, 2001).

A decisão do parasitoide de se alimentar do hospedeiro ou parasitar é uma balança dinâmica entre um investimento reprodutivo imediato ou futuro (HEIMPEL; ROSENHEIM, 1995; RIVERO; WEST, 2004). Vários estudos já foram realizados para desenvolvimento de modelos relacionados à escolha do parasitoide em ovipositar ou predação, em que chegaram à conclusão de que esta decisão está diretamente associada à quantidade de ovos que a fêmea possui no momento da escolha (CHAN; GODFRAY, 1993; MCGREGOR, 1997; HEIMPEL; COLLIER, 1996; JERVIS; KIDD, 1999).

Considerando-se a influência da alimentação hospedeira pelo parasitoide no controle biológico, deve-se sempre avaliar este comportamento, pois caso contrário se estaria subestimando a capacidade do inimigo natural. Em alguns casos, os parasitoides matam uma maior quantidade de hospedeiros por predação ao invés do parasitismo, como foi observado para o parasitoide de mosca-minadora, *D. begini* (Ashmead, 1904) (ALLEN; CHARLTON, 1981). Jervis, Hawkins e Kidd (1996) revisando trabalhos sobre o controle biológico clássico de hemípteros, avaliaram dados relacionados à capacidade do inimigo natural se estabelecer na área e controlar a praga alvo. Os autores concluíram que os parasitoides que se alimentam do hospedeiro são provavelmente melhores ou no mínimo se igualam a outras espécies que não predam.

Por outro lado, o comportamento de alimentação hospedeira pode reduzir a produtividade em criações massais, pelo fato de que uma parcela dos hospedeiros serão mortos ao invés de serem utilizados para o parasitismo. Neste caso, esforços devem ser direcionados para evitar esse efeito deletério com a substituição da dieta dos adultos (WAAGE et al., 1985). House (1980) conseguiu aumentar em quatro vezes a população do parasitoide *Itopectis conquisitor* (Say, 1835) fornecendo aos adultos uma dieta com fontes de proteínas, carboidratos, sais minerais e vitaminas. Anteriormente à introdução da dieta, em torno de um terço das pupas fornecidas na criação eram predadas pelas fêmeas de *I. conquisitor*. Para o parasitoide *Aphytis melinus* DeBach, 1959 a dieta com 50% de solução de sacarose e 5% de hidrolisado de levedura permitiu uma elevada carga de ovos e uma menor tendência de se alimentar do hospedeiro (HEIMPEL; ROSENHEIM, 1995).

2.5 Competição interespecífica de parasitoides

A competição é uma interação de organismos em decorrência de uma necessidade de compartilhamento de recursos, que ocasiona uma redução de sobrevivência, crescimento e/ou reprodução em pelo menos um dos indivíduos envolvidos (BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2006).

A competição pode ser classificada em dois tipos: extrínseca, relacionada à localização do hospedeiro pelos adultos dos parasitoides e intrínseca, quando ocorre competição entre múltiplas larvas que se desenvolvem sobre ou no interior de um mesmo hospedeiro (GODFRAY, 1994; MILLS, 2006). A competição intrínseca envolve ataque físico e/ou supressão fisiológica (veneno). Larvas de primeiro ínstar de vários himenópteros parasitoides possuem mandíbulas grandes, em que muitas vezes são utilizadas para atacar outras larvas localizadas no mesmo hospedeiro (SALT, 1961). A supressão fisiológica pode ser resultante da injeção de toxinas ou vírus durante a oviposição ou da secreção de toxina logo após a eclosão, que inibe o desenvolvimento dos competidores (FISHER, 1961; VINSON; IWANTSCH, 1980; MACKAUER, 1990). A espécie “inferior”, na competição intrínseca, muitas vezes utilizam-se de outras adaptações para conseguir coexistir. Uma delas é a hipótese da espécie “fugitiva”, em

que a espécie “inferior” teria uma maior capacidade de localizar novos hospedeiros, reproduzir e dispersar antes de ser encontrada pelo competidor superior (HUTCHINSON, 1951).

Compreender e buscar prever potenciais interações de parasitoides torna-se importante ao se considerar os programas de controle biológico que envolvam múltiplas espécies (MURDOCH; BRIGGS; NISBET, 1996; PEDERSEN; MILLS, 2004). Há vários exemplos para *Liriomyza* spp., como a introdução de nove espécies de parasitoides no Senegal para controle de *L. trifolii* (NEUENSCHWANDER; MURPHY; COLY, 1987), ou mesmo a comercialização conjunta de *D. isaea* com *D. sibirica* por empresas de controle biológico, como exemplo da Koppert Biological System (2011).

Mitsunaga e Yano (2004) verificaram que os ectoparasitoides idiobiontes, *D. isaea* e *Hemiptarsenus varicornis* (Girault, 1913) parasitaram na mesma intensidade larvas de *L. trifolii*, previamente parasitadas pelo braconídeo cenobionte *D. sibirica*, e aquelas não parasitadas. Em condições de semi-campo Bader et al. (2006) não conseguiram detectar a existência de competição entre *D. isaea* e *D. sibirica*, em baixa densidade de *L. langei* em plantio de crisântemo. Os tratamentos envolveram liberações isoladas, alternadas e simultâneas, e a utilização conjunta das espécies não demonstrou diferença do resultado daquela utilizando-se uma única espécie.

2.6 Controle biológico de *Liriomyza* spp.

2.6.1 Conservativo (Natural)

O controle biológico conservativo, corresponde aos inimigos naturais presentes naturalmente, em que deve-se buscar preservar ou mesmo aumentar as populações desses insetos por meio de manipulações do ambiente (PARRA et al., 2002).

Para os parasitoides de *Liriomyza* spp., estudos relataram a preferência de algumas espécies por determinadas culturas (JOHNSON; HARA, 1987; GRATTON; WELTER, 2001). Baseando-se nesta preferência, Pereira et al. (2002) conseguiram duplicar o parasitismo de *Opius* sp. na cultura da batata, por meio do plantio intercalado de feijão, uma cultura preferencial do parasitoide. Alguns autores destacam a importância da existência de áreas com plantas espontâneas nas proximidades da

cultura alvo, para que funcionem como reservatórios de parasitoides (GENUNG, 1981; SCHUSTER et al., 1982).

Na Indonésia, o trabalho de extensionistas em áreas com baixa aplicação de produtos químicos obteve sucesso junto aos agricultores. Os esforços consistiram em redistribuir moscas-minadoras parasitadas para áreas com baixas populações de parasitoides, como nos cultivos de couve-flor (ZAMZAMI, 1999). Estudo semelhante foi realizado na cultura do melão em Mossoró (RN), ao se manejar adultos de parasitoides de moscas-minadoras de áreas em que a colheita já havia sido realizada para áreas novas (ARAUJO et al., 2009).

Das medidas que visem preservar os parasitoides de *Liriomyza* spp. na cultura, os estudos sobre seletividade de produtos químicos são, provavelmente, os de maior importância (LIU et al., 2009). Um exemplo é o trabalho de Hossain e Poehling (2006), sobre o efeito de inseticidas sobre diferentes estágios de desenvolvimento de parasitoides de *L. sativae*.

2.6.2 Clássico

O controle biológico clássico é baseado na premissa de que a praga era originalmente limitada a densidades menores em sua área de origem por inimigos naturais. Entretanto, na nova área de ocorrência da espécie invasora esses insetos benéficos não se encontram e conseqüentemente há a necessidade de importação de agentes de controle biológico da área de origem da praga para controlá-la (DRIESCHE; HODDLE, 2003).

Em revisão de Murphy e LaSalle (1999), os autores relataram as importações de parasitoides de *Liriomyza* spp. das décadas de 70 a 90. As espécies alvo foram principalmente *L. sativae* e *L. trifolii*. A maioria dos casos revelaram insucessos de estabelecimento do inimigo natural ou a ausência de resultados da importação.

Os fracassos de alguns programas de controle biológico clássico ocorreram por diversos motivos. Como exemplo, no programa do Senegal (África) houve uma grande mortalidade no transporte dos inimigos naturais, dificultando a fixação de uma população adequada (NEUENSCHWANDER; MURPHY; COLY, 1987). Os autores

Johnson e Hara (1987) ressaltaram a necessidade de se conseguir combinar o inimigo natural mais efetivo com a espécie de *Liriomyza* e a cultura, para se obter sucesso no controle biológico da praga.

Johnson (1993) relatou alguns casos de sucesso no controle de *Liriomyza* spp. obtido em ilhas do Pacífico nas décadas de 70 e 80. No Havaí, a introdução do eucoílideo *Ganaspidium utilis* (Beardsley, 1988), teve um grande impacto sobre *L. trifolii* e *L. sativae* em melancia, enquanto o eulofídeo *N. diastatae* (Howard, 1881) mostrou-se importante no controle das duas espécies de moscas-minadoras em melancia, feijão e tomate. Em Tonga (Oceania), os parasitóides *G. utilis* e *C. oscinidis* Ashmead, 1888 foram liberados em 1988 para o controle de *L. trifolii* em melancia, abóbora, tomate, feijão e batata. Essas espécies controlaram as moscas-minadoras não havendo mais a necessidade do controle químico

2.6.3 Aplicado (Aumentativo)

Empresas comercializam parasitoides de *Liriomyza* spp. desde a década de 80, (LENTEREN; WOETS, 1988), mas poucos são os estudos de controle biológico aplicado. Os trabalhos existentes são direcionados a cultivos protegidos. Em crisântemo, há relatos de sucesso no controle de *Liriomyza* spp. com *D. intermedius* (Girault, 1916) e *C. parksi* (Crawford, 1912) (JONES; PARRELLA; HODEL, 1986), *D. begini* (HEINZ; NUNNEY; PARRELLA, 1993) e *D. isaea* (CHOW; HEINZ, 2006). No Japão, relatou-se êxito no controle de *L. trifolii* em tomate com uso de *D. isaea* e *D. sibirica* (OZAWA; SAITO; OTA, 2001). Também em crisântemo, Parrella, Jones e Christie (1987) não tiveram sucesso no estabelecimento de *C. parksi*. Os autores atribuíram o resultado a fatores abióticos, em virtude de telas muito finas que utilizaram para isolamento das casas-de-vegetação adjacentes, que reduziram a circulação de ar causando um incremento térmico. Por outro lado, no mesmo estudo verificaram-se altas taxas de parasitismo de *Diglyphus* spp. de ocorrência natural; no entanto, estas taxas elevadas ocorreram no final da safra, insuficiente para evitar danos. Em trabalho com liberação de *D. isaea* em feijão nas Ilhas Canárias (Espanha) verificou-se alto parasitismo do eulofídeo, porém, já havia ocorrido comprometimento ao cultivo (PEÑA,

1988). O autor considerou a espécie com potencial para ser liberado no cultivo de feijão, no entanto, segundo ele, que devem ser aprimoradas as táticas de liberação iniciais para impedir o crescimento populacional da praga.

A quantidade de parasitoides liberados nesses estudos são relacionados à área ou ao número de plantas, a partir do surgimento da praga. Esses mesmos parâmetros são utilizados por empresas que comercializam *D. isaea* e *D. sibirica*, como a Koppert Biological System (2011) e a Syngenta Bioline Ltd. (2011). A determinação do mínimo de parasitoides a ser liberado, distribuição e frequência das liberações são parâmetros de difícil determinação, fazendo com que a maior parte dos programas se baseiem em dados empíricos, ao invés de cálculos oriundos de estudos de dispersão e capacidade reprodutiva do inimigo natural (LENTEREN; WOETS, 1988).

2.7 Criação de insetos com ênfase no gênero *Liriomyza*

A criação de insetos pode apresentar diversas finalidades, desde situações não comuns no Brasil, como sua utilização na educação e alimentação humana, como em pesquisas nas áreas agrônômicas e médicas, manejo de pragas e polinização (PARRA, 2007, 2009). Os métodos biológicos para o manejo de pragas mostram-se como principal destino para os insetos criados em laboratório. Um desses métodos, o controle biológico, gerou uma indústria global na produção e venda de inimigos naturais (LEPPLA, 2003).

Mesmo com o advento de dietas artificiais para criação de uma grande diversidade de insetos (PARRA, 2009), ainda hoje a maioria dos inimigos naturais comercializados no mundo são multiplicados sobre a praga criada na sua planta hospedeira (LENTEREN, 2000). Esta constatação pode ser realizada para importantes artrópodes-pragas como moscas-minadoras (HENDRIKSE, 1980), pulgões (MACKAUER; BISDEE, 1965), moscas-brancas (SCOPES, 1969) e ácaros (FOURNIER; MILLOT; PRALAVORIO, 1985).

Para os parasitoides de *Liriomyza* spp., *D. isaea*, *D. sibirica* e *O. pallipes* Wesmael, 1835, a comercialização ocorre desde a década de 80, principalmente na Europa e América do Norte direcionados, em grande parte, para cultivos protegidos

(EPPO, 2010; WHITE; JOHNSON, 2010). Na literatura podem ser encontrados estudos relacionados à criação de *L. sativae* (PETIT; WIETLISBACH, 1994; PETIT et al., 1996) e das espécies de parasitóides: *D. sibirica*, *O. pallipes* (HENDRIKSE, 1980), *D. isaea* (ODE; HEINZ, 2002), *D. begini* (PARRELLA et al., 1989) e *N. formosa* (HONDO; KANDORI; SUGIMOTO, 2006; SALEH; ALLAWI; GHABEISH, 2010).

Referências

ABE, Y. Egg-pupal and larval-pupal parasitism in the parasitoid *Gronotoma micromorpha* (Hymenoptera: Eucoilidae). **Applied Entomology and Zoology**, Tokyo, v. 36, n. 4, p. 479-482, 2001.

ACHTERBERG, C. van; SALVO, A. Reared Opiinae (Hymenoptera: Braconidae) from Argentina. **Zoologische Medelingen Leiden**, Leiden, v. 71, n. 1/18, p. 189-214, 1997.

ALLEN, W.W.; CHARLTON, C.A. The biology of *Diglyphus begini* and its performance in caged releases on chrysanthemums. In: INSTITUTE OF FOOD AND AGRICULTURE SCIENCES-INDUSTRY CONFERENCE ON BIOLOGICAL CONTROL OF *LIRIOMYZA* LEAFMINERS, 1981, Gainesville. **Proceedings...** Gainesville: University of Florida, 1981, p. 75-81.

ARAKAKI, N.; OKAJIMA, S. Notes on the biology and morphology of a predatory thrips, *Franklinothrips vespiformis* (Crawford) (Thysanoptera: Aeolothripidae): first record from Japan. **Entomological Science**, Kyoto, v. 1, n. 4, p. 359-363, 1998.

ARAUJO, E.L.; FERNANDES, D.R.R.; GEREMIAS, L.D.; MENEZES-NETTO, A.C.; FILGUEIRA, M.A. Mosca minadora associada à cultura do meloeiro no semi-árido do Rio Grande do Norte. **Caatinga**, Mossoró, v. 20, n. 3, p. 210-212, 2007.

ARAUJO, E.L.; ALBUQUERQUE, G.H.S.; PONTES, N.C.; NOGUEIRA, C.H.F.; SOMBRA, K.D.S.; BRAGA-SOBRINHO, R. Incremento do parasitismo de *Opius* sp. (Hymenoptera: Braconidae) sobre a mosca-minadora *Liriomyza* spp., após liberações em campo. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 11., 2009, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: Sociedade Entomológica do Brasil, 2009. 1 CD-ROM.

ARAUJO, E.L.; FERANDES, D.R.R.; GEREMIAS, L.D.; GUIMARÃES, J.A.; COSTA, V.A.; MENEZES NETTO, A.C. Relatos de parasitoides associados à mosca minadora (Diptera: Agromyzidae) na cultura do meloeiro, semi-árido do Rio Grande do Norte. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 10., 2007, Brasília. **Anais...** Brasília: Sociedade Entomológica do Brasil, 2007. 1 CD-ROM.

BADER, A.E.; HEINZ, K.M.; WHARTON, R.A.; BOGRÁN, C.E. Assessment of interspecific interactions among parasitoids on the outcome of inoculative biological control of leafminers attacking chrysanthemum. **Biological Control**, Orlando, v. 39, n. 3, p. 441–452, 2006.

BEGON, M.; TOWNSEND, C.R.; HARPER, J.L. **Ecology**: from individuals to ecosystems. Malden: Blackwell Publishing, 2006, 746 p.

BELOKOBYSKIY, S.A.; WHARTON, R.A.; LA SALLE, J. Australian species of the genus *Opius* Wesmael (Hymenoptera: Braconidae) attacking leaf-mining Agromyzidae, with the description of a new species from Southeast Asia. **Australian Journal of Entomology**, Richmond, v. 43, n. 2, p. 138-147, 2004.

BORDAT, D.; ROBERT, P.; RENAND, M. Susceptibility of *Liriomyza trifolii* (Burgess) and *L. sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) to eleven strains of entomopathogenic fungi. **Agronomia Tropical**, Maracay, v. 43, n. 11, p. 68-73, 1988.

BORISOV, B.A.; USHCHEKOV, A.T. Entomogenous fungi - hyphomycetes against the nightshade leaf miner. **Zashchita Karantin Rastenii**, Moscou, v. 5, p. 10-11, 1997.

BROADBENT, A.B; OLTHOF, T.H.A. Foliar application of *Steinernema carpocapsae* (Rhabditida: Steinernematidae) to control *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) larvae in chrysanthemums. **Environmental Entomology**, College Park, v. 24, n. 2, p. 431-435, 1995.

CAMPOS, T.B.; TAKEMATSU, A.P.; RODRIGUES NETO, S.M.; BITRAN, E.A.; OLIVEIRA, D.A.; CHIBA, S. Controle químico do díptero minador *Liriomyza* sp. em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **O Biológico**, Campinas, v. 50, n. 2, p. 33-38, 1984.

CARVALHO, A.R.; BUENO, V.H.P.; SILVA, D.B.; COSTA, V.A. Record of *Diglyphus* Walker (Hymenoptera: Eulophidae) species in Brazil. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 40, n. 2, p. 290-291, 2011.

CARVALHO, P.; MEXIA, A. First approach on the potential role of *Dicyphus cerastii* Wagner (Hemiptera: Miridae), as natural control agent in Portuguese greenhouses. **Bulletin of IOBC/WPRS**, Paris, v. 23, n. 1, p. 261-264, 2000.

CASTAÑÉ, C.; ALOMAR, O.; GOULA, M.; GABARRA, R. Colonization of tomato greenhouses by the predatory mirid bugs *Macrolophus caliginosus* and *Dicyphus tamaninii*. **Biological Control**, Orlando, v. 30, n. 3, p. 591-597, 2004.

CHAN, M.S.; GODFRAY, H.C.J. Host-feeding strategies of parasitoid wasps. **Evolutionary Ecology**, London, v. 7, n. 6, p. 593-604, 1993.

CHAPMAN, R.F. **The insects**: structure and function. Cambridge: Cambridge University Press, 1998. 770 p.

CHAVEZ, G.L.; RAMAN, K.V. Evaluation of trapping and trap types to reduce damage to potatoes by the leaf miner *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae). **Insect Science and its Application**, Elmsford, v. 8, n. 3, p. 369-372, 1987.

CHOW, A.; HEINZ, K.M. Control of *Liriomyza langei* on chrysanthemum by *Diglyphus isaea* produced with a standard or modified parasitoid rearing technique. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 130, n. 2, p. 113-121, 2006.

CISNERO, F.; MUJICA, N. The leafminer fly in potato: plant reaction and natural enemies as natural mortality factors. In: INTERNATIONAL POTATO CENTER. **Program report 1997-98**. Lima: CIP; 1999. p. 130-140.

CONNOR, E.F.; TAVERNER, M. The evolution and adaptive significance of the leaf-mining habit. **Oikos**, Copenhagen, v. 79, n. 1, p. 6-25, 1997.

COSTA, A.S.; SILVA, D.M.; DUFFUS, J.E. Plant virus transmission by a leaf-miner fly. **Virology**, New York, v. 5, n. 1, p. 145-149, 1958.

COSTA-LIMA, A.M. **Insetos do Brasil**. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Agronomia, 1962. t. 12: Himenópteros, 2ª parte, 393p.

CRUZ, C.A.; NAKANO, O.; BERTI-FILHO, E. Ocorrência de *Agrostocynips clavatus* Diaz, 1976 (Hym.-Eucolidae) e *Opius* n.sp. (Hym.-Braconidae) em pupário de *Liriomyza huidobrensis* Blanchard, 1926 (Dip.-Agromyzidae). In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE BIOLÓGICO DE PRAGAS E VETORES, 1., 1988, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Entomológica do Brasil, 1988. p. 15-18.

CRUZ, C.A.; OLIVEIRA, A.M.; RIBEIRO, L.C.; OLIVEIRA, J.C.L. Ocorrência de parasitismo por *Opius* sp. (Hymenoptera, Braconidae) no gênero *Liriomyza* (Diptera: Agromyzidae). **Pesquisa em Andamento/PESAGRO**, Rio de Janeiro, v. 48, p. 1-2, 1988.

DEMPEWOLF, M. Dipteran leaf miners. In: RAMAN, A., SCHAEFER, C.W., WITHERS, T.M. **Biology, ecology, and evolution of gall-inducing arthropods**. Plymouth: Science Publishers, 2005. v. 2, p. 407-429.

DRIESCHE, R.G. van; HODDLE, M.S. Biological control of insect pests. In: RESH, V.H.; CARDÉ, R.T. **Encyclopedia of insects**. Amsterdam: Academic Press, 2003. p. 103-115.

ELMORE, J.C.; RANNEY, C.A. Jr. Injury to pepper plants by the pea leaf miner. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 47, n. 2, p. 357-358, 1954.

EPPO. **List of biological control agents widely used in the EPPO region, version 2010**. Disponível em:
<http://archives.eppo.org/EPPOStandards/biocontrol_web/bio_list.htm#biolist>. Acesso em: 05 nov. 2010.

FISCHER, M. **Hymenoptera. Braconidae (Opiinae II - Amerika) — Das Tierreich 91**. Berlin: Walter de Gruyter, 1977. 1040 p.

FISHER, R.C. A study in insect multiparasitism. II. The mechanism and control of competition for possession of the host. **The Journal of Experimental Biology**, Cambridge, v. 38, p. 605-628, 1961

FOURNIER, F.; MILLOT, P.; PRALAVORIO, M. Rearing and mass production of the predatory mite *Phytoseiulus persimilis*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 38, n. 1, p. 97-100, 1985.

FREIDBERG, A.; GIJSWIJT, M.J. A list and preliminary observations on natural enemies of the leafminer, *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) in Israel. **Israel Journal of Entomology**, Tel Aviv, v. 17, p.115-116, 1984.

GENUNG, W.G. Weed hosts of *Liriomyza* and parasite incidence in the celery agroecosystem at Belle Glade Florida. In: INSTITUTE OF FOOD AND AGRICULTURE SCIENCES-INDUSTRY CONFERENCE ON BIOLOGICAL CONTROL OF *LIRIOMYZA* LEAFMINERS, 1981, Gainesville. **Proceedings...** Gainesville: University of Florida, 1981. p. 61-69.

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

GRATTON, C.; WELTER, S.C. Parasitism of natural populations of *Liriomyza helianthi* Spencer and *Calycomyza platyptera* (Thomson) (Diptera: Agromyzidae). **Biological Control**, Orlando, v. 22, n. 1, p. 81-97, 2001.

GUIMARÃES, J.A.; OLIVEIRA, V.R.; MICHEREFF, M.; LIZ, R.S. Ocorrência da mosca minadora sul-americana e seus himenópteros parasitoides em meloeiro no Distrito Federal. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 2, p. 790-794, 2010. Suplemento. Apresentado no CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 50., 2010, Guarapari.

GUIMARÃES, J.A.; FIGUEIREDO, K.L.; GURGEL, L.S.; ARAUJO, E.L.; COSTA, V.A.; SOBRINHO, R.B.; MESQUITA, A.L.M.; BASTOS, M.S.R. Percentagem de parasitismo de três espécies de Eulophidae (Hymenoptera) sobre larvas da mosca-minadora *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) em meloeiro no semi-árido de Mossoró, RN. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 10., 2007, Brasília. **Anais...** Brasília: Sociedade Entomológica do Brasil, 2007. 1 CD-ROM.

HANSSON, C.H. Survey of *Chrysocharis* Forster and *Neochrysocharis* Kurdjumov (Hymenoptera, Eulophidae) from Mexico, including eight new species. **Miscel-lània Zoológica**, Barcelona, v. 20, n. 1, p. 81-95, 1997.

HARA, A.H.; KAYA, H.K.; GAUGLER, R.; LEBECK, L.M.; MELLO, C.L. Entomopathogenic nematodes for biological control of the leafminer, *Liriomyza trifolii* (Dipt.: Agromyzidae). **Entomophaga**, Paris, v. 38, n. 3, p.359–369,1993.

HARRIS, M.A.; BEGLEY, J.W.; WARKENTIN, D.L. *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) suppression with foliar applications of *Steinernema carpocapsae* (Rhabditida: Steinernematidae) and abamectin. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 83, n. 6, p. 2380-2384, 1990.

HEAD, J.; PALMER, L.F.; WALTERS, K.F.A. Development of an integrated control strategy for leafminers in leafy salads with potential for extrapolation to other cropping systems. **Bulletin of IOBC/WPRS**, Paris, v. 25, n. 1, p. 97-100, 2002.

_____. The compatibility of control agents used for the control of the South American leafminer, *Liriomyza huidobrensis*. **Biocontrol Science and Technology**, Oxford, v. 13, n. 1, p. 77-86, 2003.

HEBERT, P.D.N.; CYWINSKA, A.; BALL, S.L.; DEWAARD J.R. Biological identifications through DNA barcodes. **Proceedings of the Royal Society B**, London, v. 270, n. 1512, p. 313-321, 2003.

HEIMPEL, G.E.; COLLIER, T.R. The evolution of host-feeding behaviour in insect parasitoids. **Biological Reviews**, Cambridge, v. 71, n. 3, p. 373-400, 1996.

HEIMPEL, G.E.; ROSENHEIM, J.A. Dynamic host feeding by the parasitoid *Aphytis melinus*: the balance between current and future reproduction. **Journal of Animal Ecology**, Oxford, v. 64, n. 2, p. 153-167, 1995.

HEINZ, K.M.; NUNNEY, L.; PARRELLA, M.P. Toward predictable biological control of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) infesting greenhouse cut chrysanthemums. **Environmental Entomology**, College Park, v. 22, n. 6, p. 1217-1233, 1993.

HENDRIKSE, A. A method for rearing two braconid parasites (*Dacnusa sibirica* and *Opius pallipes*) of the tomato leafminer (*Liriomyza bryoniae*). **Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen Rijksuniversiteit Gent**, Gent v. 45, n. 3, p. 563-571, 1980.

HONDO, T.; KANDORI, I.; SUGIMOTO, T. Mass production process of *Neochrysocharis formosa* as the biological control agent against *Liriomyza trifolii*. **Memoirs of the Faculty of Agriculture of Kinki University**, Osaka, v. 39, p. 41-54, 2006.

HOSSAIN, M.B.; POEHLING, H.M. Non-target effects of three biorational insecticides on two endoparasitoids of *Liriomyza sativae* (Dipt., Agromyzidae). **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 130, n. 6-7, p. 360-367, 2006.

HOUSE, H.L. Artificial diets for the adult parasitoid *Itoplectis conquisitor* (Hymenoptera: Ichneumonidae). **Canadian Entomologist**, Ottawa, v. 112, n. 3, p. 315-320, 1980.

HUTCHINSON, G.E. Copepodology for the ornithologist. **Ecology**, Temp, v. 32, n. 3, p. 571-577, 1951.

INTERNATIONAL CENTRE OF INSECT PHYSIOLOGY AND ECOLOGY.

Tackling *Liriomyza* leafmining flies: invasive pests of global proportions. Disponível em: <<http://www.icipe.org/research/4-h-paradigm/plant-health/254-tackling-liriomyza-leafmining-flies-invasive-pests-of-global-proportions.html>> Acesso em: 13 fev. 2011a.

_____. **Expanding the rational and biological control of invasive *Liriomyza* leafminer flies to major horticultural production systems of east Africa.** Disponível em: <<http://www.icipe.org/research/4-h-paradigm/plant-health/255-expanding-the-rational-and-biological-control-of-invasive-liriomyza-leafminer-flies-to-major-horticultural-production-systems-of-east-africa.html>> Acesso em: 13 fev. 2011b.

JERVIS, M.A.; KIDD, N.A.C. Host-feeding strategies in hymenopteran parasitoids. **Biological Reviews**, Cambridge, v. 61, n. 4, p. 395-434, 1986.

_____. Parasitoid nutritional ecology: implications for biological control. In: HAWKINS, B.A.; CORNELL, H.V. (Ed.). **Theoretical approaches to biological control.** Cambridge: Cambridge University Press, 1999. p. 131-151.

JERVIS, M.A.; HAWKINS, B.A.; KIDD, N.A.C. The usefulness of destructive host feeding parasitoids in classical biological control: theory and observation conflict. **Ecological entomology**, London, v. 21, n. 1, p. 41-46, 1996.

JOHNSON, M.W. Biological control of *Liriomyza* leafminers in the Pacific Basin. **Micronesica Supplement**, Mangilao, v. 4, p. 81-92, 1993. Suplemento. Apresentado no INTERNATIONAL CONGRESS OF ENTOMOLOGY, 19., 1992, Beijing.

JOHNSON, M.W.; HARA, A.H. Influence of host crop on parasitoids (Hymenoptera) of *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae). **Environmental Entomology**, College Park, v. 16, n. 2, p. 339-344, 1987.

JONES, V.P.; PARRELLA, M.P.; HODEL, D.R. Biological control of leafminers in greenhouse chrysanthemums. **California Agriculture**, Berkeley, v. 40, p. 10-12, 1986.

KIDD, N.A.C.; JERVIS, M.A. The effects of host-feeding behaviour on the dynamics of parasitoid-host interactions, and the implications for biological control. **Researches on Population Ecology**, Tokyo, v. 31, n. 2, p. 235-274, 1989.

KOPPERT BIOLOGICAL SYSTEM. **Leaf miners**. Disponível em:
<<http://www.koppert.com/pests/leaf-miner/detail/leaf-miners/>> Acesso em: 02 abr. 2011.

KOX, L.F.F.; BELD, H.E. van den; LINDHOUT, B.I.; GOFFAU, L.J.W. de. Identification of economically important *Liriomyza* species by PCR-RFLP analysis. **Bulletin OEPP/EPPO**, Paris, v. 35, n. 1, p. 79-85, 2005.

KULA, R.R. Morphological Variation in *Opius* Wesmael (Hymenoptera: Braconidae) with an emphasis on Nearctic species in the subgenus *Gastrosema* Fischer. **The Journal of Hymenoptera Research**, Madison, v. 12, n. 2, p. 278-302, 2003.

LENTEREN, J.C. van. Success in biological control of arthropods by augmentation of natural enemies. In: GURR, G.; WRATTEN, S. **Biological control: measures of success**. Dordrecht: Kluwer Academic, 2000. p. 77-104.

LENTEREN, J.C. van; WOETS, J. Biological and integrated pest control in greenhouses. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 33, p. 329-369, 1988.

LEPPLA, N.C. Rearing insects. In: RESH, V.H.; CARDÉ, R.T. **Encyclopedia of insects**. Amsterdam: Academic Press, 2003. p. 975-979.

LIU, T.X.; KANG, L.; HEINZ, K.M.; TRUMBLE, J. Biological control of *Liriomyza* leafminers: progress and perspective. **CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources**, Wallingford, v. 4, n. 4, p. 1-16, 2009.

LORINI, I.; FOERSTER, L.A. Flutuação populacional e parasitismo de *Liriomyza sativae* Blanchard, 1938 (Diptera: Agromyzidae) na cultura do pepino (*Cucumis sativus* L.). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 14, n. 2, p. 244-249, 1985.

LUCAS, E.; ALOMAR, O. Impact of *Macrolophus caliginosus* presence on damage production by *Dicyphus tamaninii* (Heteroptera: Miridae) on tomato fruits. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 95, n. 6, p. 1123-1129, 2002.

MACKAUER, M. Host discrimination and larval competition in solitary endoparasitoids. In: MACKAUER, M.; EHLER, L.E.; ROLAND, J. **Critical issues in biological control**. Andover: Intercept, 1990. p. 14-62.

MACKAUER, M.; BISDEE, H.E. Two simple devices for rearing aphids. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 58, n. 2, p. 365-366, 1965.

MCGREGOR, R. Host-feeding and oviposition by parasitoids on hosts of different fitness value: influence of egg load and encounter rate. **Journal of Insect Behavior**, New York, v. 10, n. 3, p. 451-462, 1997.

MIGIRO, L.N.; MANIANIA, N.K.; CHABI-OLAYE, A.; VANDENBERG, J. Pathogenicity of entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* (Hypocreales: Clavicipitaceae) isolates to the adult pea leafminer (Diptera: Agromyzidae) and prospects of an autoinoculation device for infection in the field. **Environmental Entomology**, College Park, v. 39, n. 2, p. 468-475, 2010.

_____. Effect of infection by *Metarhizium anisopliae* (Hypocreales: Clavicipitaceae) on the feeding and oviposition of the pea leafminer *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) on different host plants. **Biological Control**, Orlando, v. 56, n. 2, p. 179-183, 2011.

MILLS, N. Interspecific competition among natural enemies and single versus multiple interactions in biological control. In: BRODEUR, J., BOIVIN, G. (Ed.). **Trophic and guild interactions in biological control**. Dordrecht: Springer, 2006. p. 191-220.

MINKEBERG, O.P.J.M.; LENTEREN, J.C. van. The leafminers *Liriomyza bryoniae* and *L. trifolii* (Diptera: Agromyzidae), their parasites and host plants: a review. **Agriculture University Wageningen Papers**, Wageningen, v. 86, n. 2, p. 1-50, 1986.

MIRANDA, N.F. **Parasitoides (Hym., Eulophidae) de bicho-mineiro *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville) (Lep., Lyonetiidae)**. 1999. 44 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia Agrícola) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 1999.

ITSUNAGA, T.; YANO, E. The effect of multiple parasitism by an endoparasitoid on several life history traits of leafminer ectoparasitoids. **Applied Entomology and Zoology**, Tokyo, v. 39, n. 2, p. 315–320, 2004.

MURDOCH, W.W.; BRIGGS, C.J.; NISBET, R.M. Competitive displacement and biological control in parasitoids: a model. **American Naturalist**, Chicago, v. 148, n. 5, p. 807-826, 1996.

MURPHY, S.T.; LASALLE, J. Review article: balancing biological control strategies in the IPM of new world invasive *Liriomyza* leafminers in field vegetable crops. **Biocontrol News and Information**, Wallingford, v. 20, n. 3, p. 91-104, 1999.

MUSGRAVE, C.A.; POE, S.L.; WEEMS, H.V. Jr. **The vegetable leaf miner, *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae), in Florida**. Gainesville: University of Florida, Florida Department of Agriculture and Consumer Services Entomology, 1975. 4 p. (Circular, 162).

NEUENSCHWANDER, P.; MURPHY, S.T.; COLY, E.V. Introduction of exotic parasitic wasps for the control of *Liriomyza trifolii* (Dipt., Agromyzidae) in Senegal. **Tropical Pest Management**, Basingstoke, v. 33, n. 4, p. 290-297, 1987.

NIXON, G.E.J. Los insectos de las Islas Juan Fernandez. 26. Braconidae (Hymenoptera). **Revista Chilena de Entomologia**, Santiago, v. 4, p.159-165, 1955.

NOWAKOWSKI, J.T. Introduction to a systematic revision of the family Agromyzidae (Diptera) with some remarks on host plant selection by these flies. **Annales Zoologici**, Warszawa, v. 20, p. 67-183, 1962.

NOYES, J. **Universal Chalcidoidea Database**. Disponível em: <<http://www.nhm.ac.uk/jdsml/research-curation/research/projects/chalcidoids/>>. Acesso em: 11 fev. 2011.

ODE; P.J.; HEINZ, K.M. Host-size-dependent sex ratio theory and improving mass-reared parasitoid sex ratios. **Biological Control**, Orlando, v. 24, n. 1, p. 31-41, 2002.

OLIVEIRA, A.M.; CRUZ, C.A.; GOMES, G.L.; LIBERAL, M.T. **Larva minadora da folhagem em tomateiro no Estado do Rio de Janeiro**: perspectivas para um manejo integrado. Niterói: PESAGRO-RIO, 1991. 32 p. (Boletim Técnico, 14).

OZAWA, A.; OTA M.; KOBAYASHI, H. Hyperparasitism of *Neochrysocharis formosa* (Westwood) on the primary parasitoid, *Diglyphus isaea* Walker, of the American serpentine leafminer, *Liriomyza trifolii* (Burgess). **Annual Report of Kanto-Tosan Plant Protection Society**, Tsukuba, v. 49, 109-112, 2002

OZAWA, A.; SAITO, T.; OTA, M. Biological control of the american serpentine leafminer *Liriomyza trifolii* on tomato in greenhouses by parasitoids. II Evaluation of biological control by *Diglyphus isaea* (Walker) and *Dacnusa sibirica* Telenga in comercial greenhouses. **Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology**, Tokyo, v. 45, n. 2, p. 61-74, 2001.

PALUMBO, J.C.; KERNS, D.L. **Melon insect pest management in Arizona**. Tucson: University of Arizona, 1998. 7 p.

PARRA, J.R.P. **Técnicas de criação de insetos para programas de controle biológico**. Piracicaba: FEALQ, 2007. 133 p.

_____. A evolução das dietas artificiais e suas interações em ciência e tecnologia. In: PANIZZI, A.R.; PARRA J.R.P. **Bioecologia e nutrição de insetos**: base para o manejo integrado de pragas. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. cap. 3, p. 91-174.

PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M.S. Controle biológico: terminologia. In: PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M.S. (Ed.). **Controle biológico no Brasil**: parasitóides e predadores. São Paulo: Manole, 2002. p. 1-16.

PARRELLA, M.P. A review of the history and taxonomy of economically important serpentine leafminers (*Liriomyza* spp.) in California. **Pan-Pacific Entomologist**, San Francisco, v. 58, p. 302-308, 1982.

_____. Biology of *Liriomyza*. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 32, p. 201-224, 1987.

PARRELLA, M.P.; ALLEN, W.W.; MORISHITA, P. Leafminer species causes California mum growers new problems. **California Agriculture**, Berkeley, v. 35, n. 9-10, p. 28-30, 1981.

PARRELLA, M.P.; JONES, V.P.; CHRISTIE, G.D. Feasibility of parasites for biological control of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) on commercially grown chrysanthemum. **Environmental Entomology**, College Park, v. 16, n. 3, p. 832-837, 1987.

PARRELLA, M.P.; YOST, J.T.; HEINZ, K.; FERRENTINO, G.W. Mass rearing of *Diglyphus begini* (Hymenoptera: Eulophidae) for biological control of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 82, n. 2, p. 420-425, 1989.

PEDERSEN, B.S.; MILLS, N.J. Single vs. multiple introduction in biological control: the role of parasitoid efficiency, antagonism and niche overlap. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 41, n. 5, p. 973-984, 2004.

PEÑA, M.A. Primeras experiencias de lucha biológica contra *Liriomyza trifolii* (Burg.) (Dipt., Agromyzidae) com *Diglyphus isaea* (Walk.) (Hym., Eulophidae) en las Islas Canarias. **Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas**, Madrid, v. 14, n. 3, p. 439-445, 1988.

PEREIRA, D.I.P.; SOUZA, J.C.; SANTA-CECÍLIA, L.V.C. Flutuação populacional da mosca-minadora *Liriomyza huidobrensis* e de seu parasitóide *Opius* sp. em batata, no plantio de inverno, na região de Alfenas-MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 16., 1997, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Entomológica do Brasil, 1997. p. 203.

PEREIRA, D.I.P.; SOUZA, J.C.; SANTA-CECÍLIA, L.V.C.; REIS, P.R.; SOUZA, M.A. Parasitismo de larvas da mosca-minadora *Liriomyza huidobrensis* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) pelo parasitoide *Opius* sp. (Hymenoptera: Braconidae) na cultura da batata com faixas de feijoeiro intercaladas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 5, p. 955-963, 2002.

PETITT, F.L.; WIETLISBACH, D.O. Laboratory rearing and life history of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) on lima bean. **Environmental Entomology**, College Park, v. 23, n. 6, p. 1416-1421, 1994.

PETITT, F.L.; SHUMAN, D.S.; WIETLISBACH, D.O.; COFFELT, J.A. An automated system for collection and counting of parasitized leafminer (Diptera: Agromyzidae) larvae. **Florida Entomologist**, v. 79, n. 3, p. 450-454, 1996.

PRICE, J.F.; HARBAUGH, B.K. Effect of cultural practices on *Liriomyza*. In: INSTITUTE OF FOOD AND AGRICULTURE SCIENCES-INDUSTRY CONFERENCE ON BIOLOGICAL CONTROL OF *LIRIOMYZA* LEAFMINERS, 1981, Gainesville. **Proceedings...** Gainesville: University of Florida, 1981. p. 156-185.

RAMALHO, F.S.; MOREIRA, J.O.T. Algumas moscas minadoras (Diptera, Agromyzidae) e seus inimigos naturais do trópico semi-árido do Brasil. **Ciência e Cultura**, v. 31, n. 7., p. 8, 1979. Apresentado na REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 31., 1979, Fortaleza.

RAUF, A.; SHEPARD B.M.; JOHNSON, M.W. Leafminers in vegetables, ornamental plants and weeds in Indonesia: surveys of host crops, species composition and parasitoids. **International Journal of Pest Management**, London, v. 46, n. 4, p. 257–66, 2000.

RIBEIRO, L.P.; SAUSEN, C.D. ; EGEWARTH, R.; STURZA, V.S.; DEQUECH, S.B. Flutuação populacional de *Liriomyza* sp. (Diptera: Agromyzidae) e parasitoides em cultivo de feijão-de-vagem em estufa plástica. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 16., 2007, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2007. 1 CD-ROM.

RIVERO, A.; CASAS, J. Rate of nutrient allocation to egg production in a parasitic wasp. **Proceedings of the Royal Society of London B**, London, v. 266, n. 1424, p. 1169-1174, 1999.

RIVERO, A.; WEST, S.A. The costs and benefits of host feeding in parasitoids. **Animal Behaviour**, London, v. 69, n. 6, p. 1293-1301, 2005

RIVERO, A.; GIRON, D.; CASAS, J. Lifetime allocation of juvenile and adult nutritional resources to egg production in a holometabolous insect. **Proceedings of the Royal Society of London B**, London, v. 268, n. 1473, p. 1231-1237, 2001.

SALAMERO, A.; GABARRA, R.; ALBAJES, R. Observations on the predatory and phytophagous habits of *Dicyphus tamaninii* Wagner (Heteroptera: Miridae **Bulletin of IOBC/WPRS**, Paris, v.10, n. 2, p. 165-169, 1987.

SALEH, A.; ALLAWI T.F.; GHABEISH, I. Mass rearing of *Neochrysocharis formosa* (Westwood) (Eulophidae: Hymenoptera), a parasitoid of leafminers (Agromyzidae: Diptera). **Journal of Pest Science**, Heidelberg, v. 83, n. 2, p. 59-67, 2010.

SALT, G. Competition among insect parasitoids. In: MILTHORPE, F.L. (Ed.) **Symposia of the Society for Experimental Biology, XV, Mechanisms in Biological Competition**. London: Academic Press, 1961. p. 96-119.

SALVO, A.; VALLADARES, G. Taxonomic composition of hymenopteran parasitoid assemblages from agromyzid leaf-miners sampled in central Argentina. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, Lisse, v. 33, n. 2, p. 116-123, 1998.

SANTIS, L. de. **Catalogo de los himenopteros brasileños de la serie Parasitica incluyendo Bethyloidea**. Curitiba: Editora da Universidade Federal do Paraná, 1980. 395 p.

SANTOS, J.P.; REDAELLI, L.R. SOGLIO, F.K.D. Dípteros minadores e seus parasitoides em plantas de crescimento espontâneo em pomar orgânico de citros em Montenegro, RS, Brasil. **Iheringia**, Porto Alegre, v. 97, n. 3, p. 280-285, 2007.

SCHAUFF, M.E; SALVO, A. Taxonomic and biological notes on the genus *Phytomyzophaga* (Hymenoptera: Eulophidae). **Proceedings of the Entomological Society of Washington**, Washington, v. 95, n. 4, p. 587-589, 1993.

SCHEFFER, S.J. Molecular evidence of cryptic species within the *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 93, n. 4, p. 1146-1151, 2000.

SCHEFFER, S.J.; LEWIS, M.L. Two nuclear genes confirm mitochondrial evidence of cryptic species within *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae). **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 94, n. 5, p. 648-653, 2001.

_____. Mitochondrial phylogeography of vegetable pest *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae): divergent clades and invasive populations. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 98, n. 2, p. 181-186, 2005.

_____. Mitochondrial phylogeography of the vegetable pest *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae): divergent clades and invasive populations. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 99, n. 6, p. 991-998, 2006.

SCHEFFER, S.J.; LEWIS, M.L.; JOSHI, R.C. DNA barcoding applied to invasive leafminers (Diptera: Agromyzidae) in the Philippines. **Annals of Entomological Society of America**, College Park, v. 99, n. 2, p. 204-210, 2006.

SCHEFFER, S.J.; WINKLER, I.S.; WIEGMANN, B.M. Phylogenetic relationships within the leaf-mining flies (Diptera: Agromyzidae) inferred from sequence data from multiple genes. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, Orlando, v. 42, n. 3, p. 756-775, 2007.

SCHUSTER, D.J.; ZOEBISCH, T.G.; GILREATH, J.P. Ovipositional preferences and larval development of *Liriomyza trifolii* on selected weeds. In: ANNUAL INDUSTRY CONFERENCE ON THE LEAFMINER, 3., 1982, San Diego. **Proceedings...** San Diego: SAF, 1982. p. 137-145.

SCOPES, N.E.A. The economics of mass rearing *Encarsia formosa*, a parasite of the whitefly *Trialeurodes vaporariorum*, for use in commercial horticulture. **Plant Pathology**, Chichester, v. 18, n. 3, p. 130-132, 1969.

SHAW, M.R.; HUDDLESTON, T. **Handbooks for the identification of British insects: classification and biology of braconid wasps**. London: British Museum, 1991. 126 p.

SHEPARD, B.M.; SAMSUDIN; BRAUN, A.R. Seasonal incidence of *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) and its parasitoids on vegetables in Indonesia. **International Journal of Pest Management**, London, v. 44, n. 1, p. 43-47, 1998.

SPENCER, K.A. **Agromyzidae (Diptera) of economic importance**. London: Kluwer, 1973. 418 p. (Series Entomologica, 9).

_____. **Host specialization in the world Agromyzidae (Diptera)**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1990. 444 p.

SPENCER, K.A.; STEYSKAL, G.C. **Manual of the Agromyzidae (Diptera) of the United States**. Washington: USDA, 1986. 478 p. (Agriculture Handbook, 638).

SYNGENTA BIOLINE. **Digline**. Disponível em: < <http://www.syngenta-bioline.co.uk/productdocs/html/Digline1.htm> > Acesso em: 02 abr. 2011.

TRUMBLE, J.T.; TING, P.I.; BATES, L. Analysis of physiological, growth and yield responses of celery to *Liriomyza trifolii*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 38, n. 1, p. 15-21, 1985.

TSCHIRNHAUS, M. von. Unbekannte stridulationsorgane bei dipteren und ihre bedeutung fur taxonomie und phylogenetik der Agromyziden. **Beiträge zur Entomologie**, Berlin, v. 21, p. 551–579. 1971.

VALLADARES, G.; SALVO, A. Insect–plant food webs could provide new clues for pest management. **Environmental Entomology**, College Park, v. 28, n. 4, p. 539-544, 1999.

VALLADARES, G.; SALVO, A.; VIDELA, M. Moscas minadoras en cultivos de Argentina. **Horticultura Argentina**, Mendoza, v. 18, p. 56-61, 1999.

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

WAAGE, J.K.; CARL, K.P.; MILLS, N.J.; GREATHEAD, D.J. Rearing entomophagous insects. In: SINGH, P.; MOORE, R.F. (Ed.). **Handbook of insect rearing**. Amsterdam: Elsevier, 1985. v. 1, p. 45-66.

WARD, L.K.; SPALDING, D.F. Phytophagous British insects and mites and their food-plant families: total numbers and polyphagy. **Biological Journal of the Linnean Society**, London, v. 49, p.257-276, 1993.

WATANABE, M.A.; FERRAZ, J.M.G.; TAMBASCO, F.J.; SILOTO, R.C. Parasitismo em pupários de *Liriomyza* spp. em tomateiro na região de Guaira-SP. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 10, n. 2, p. 108-110, 1992.

WATERHOUSE, D.F.; NORRIS, K.R. **Biological control**: Pacific prospects. Melbourne: Inkata Press, 1987. 454 p.

WHITE, J.; JOHNSON, D. **Vendors of beneficial organisms in North America**.

Diponível em: < <http://www.ca.uky.edu/entomology/entfacts/ef125.asp>>. Acesso em: 19 nov. 2010.

WILLIAMS, E.C.; MACDONALD, O.C. Critical factors required by the nematode *Steinernema feltiae* for the control of the leafminers *Liriomyza huidobrensis*, *Liriomyza bryoniae* and *Chromatomyia syngenesiae*. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v.127, n. 2, p. 329-341, 1995.

WINKLER, I.S.; LABANDEIRA, C.C.; WAPPLER, T.; WILF, P. Distinguishing Agromyzidae (Diptera) leaf mines in the fossil record: new taxa from the paleogene of North America and Germany and their evolutionary implications. **Journal of Paleontology**, Ithaca, v. 84, n. 5, p. 935-954, 2010.

YANO, E. Recent development of biological control and IPM in greenhouses in Japan. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, Seoul, v. 7, n. 1, p. 5-11, 2004

ZAMZAMI Augmentation of parasitoids (*Hemiptarsenus* spp. and braconids) to control *Liriomyza* spp. in Alaha Panjang District, West Sumatra Province, Indonesia. In: WORKSHOP ON LEAFMINERS OF VEGETABLES IN SOUTHEAST ASIA, 1999, Serdang. **Proceedings...** Serdang: CAB International Southeast Asia Regional Centre, 1999. p. 54-56.

ZITTER, T.A.; TSAI, J.H. Transmission of three polyviruses by the leafminer *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae). **Plant Disease Reporter**, Washington, v. 61, n. 12, p. 1025-1029, 1977.

3 EXIGÊNCIAS TÉRMICAS DE DUAS ESPÉCIES DE PARASITOIDES NEOTROPICAIS (HYMENOPTERA: BRACONIDAE E EULOPHIDAE) DA MOSCA-MINADORA *Liriomyza sativae* BLANCHARD, 1938 (DIPTERA: AGROMYZIDAE)

Resumo

A presente pesquisa avaliou duas espécies de parasitoides neotropicais, com ocorrência natural no nordeste brasileiro, associadas a *Liriomyza sativae* Blanchard, 1938, ou seja, *Opius (Gastrosema) scabriventris* Nixon, 1955 (Hymenoptera: Braconidae) e *Chrysocharis vonones* (Walker, 1839) (Hymenoptera: Eulophidae). Objetivou-se conhecer a influência da temperatura no desenvolvimento ovo-adulto e as respectivas exigências térmicas dessas duas espécies de parasitoides de *L. sativae* em feijão-caupi. Foi estudada a influência de sete temperaturas (15, 18, 20, 25, 30, 32 e 35 $\pm$ 1°C) na duração do período ovo - adulto e na viabilidade de estágios imaturos dos parasitoides *O. scabriventris* e *C. vonones*. Para *O. scabriventris*, na faixa de 15 a 30°C, o incremento térmico causou uma redução da duração do período ovo-adulto, de 29,8 a 11,2 dias, respectivamente. No entanto, a 32°C a duração foi de 13,3 dias, valor superior ao observado a 30°C. A viabilidade pupal de *O. scabriventris* também foi alterada de acordo com as diferentes temperaturas. Não houve diferença da sobrevivência do estágio de pupa na faixa de 15 a 30°C (86,1 - 92,9%), ocorrendo uma acentuada redução a 32°C (6,6%) e a não emergência do braconídeo a 35°C. Para o eulofídeo *C. vonones*, a elevação da temperatura reduziu a duração do período ovo-adulto na faixa de 15 a 30°C, enquanto não houve diferença entre 30 e 32°C. O incremento térmico reduziu a duração da fase de pupa até 25°C, estabilizando a velocidade de desenvolvimento a partir de 30°C. A viabilidade do estágio de larva do eulofídeo se mostrou similar entre 15 e 30°C, havendo uma redução a partir da temperatura de 32°C (16,6%) e não houve formação de pupas a 35°C. Nas duas menores temperaturas estudadas, *O. scabriventris* apresentou uma menor duração do período ovo-adulto em relação a *C. vonones*. No entanto, nas temperaturas de 20, 25 e 32°C, esse período foi menor para *C. vonones*, não havendo diferenças entre as duas espécies a 30°C. A temperatura base (Tb) do período ovo-adulto de *O. scabriventris* foi de 7,3°C com constante térmica de 257,1 GD. Para a espécie *C. vonones*, registrou-se uma Tb de 7,4°C para o ciclo total e de 6,2°C para a fase de pupa, com constante térmica de 246,3 e 140,3 GD, respectivamente. É possível, ocorrerem, 29,4 gerações anuais de *O. scabriventris* e 30,5 de *C. vonones* em região produtora de melão no RN, valores equivalentes a 4,9 e 6,0 gerações a mais do que o hospedeiro, *L. sativae*. Esses resultados demonstram que as duas espécies estudadas possuem potencial para sua aplicação em programas de controle biológico da mosca-minadora, *L. sativae*.

Palavras-chave: *Opius (Gastrosema) scabriventris*; *Chrysocharis vonones*; Inseto minador; Temperatura

Abstract

We studied two species of neotropical parasitoids that occur naturally in northeastern Brazil and are associated with *Liriomyza sativae* Blanchard, 1938: *Opius (Gastrosema) scabriventris* Nixon, 1955 (Hymenoptera: Braconidae) and *Chrysocharis vonones* (Walker, 1839) (Hymenoptera: Eulophidae). We evaluated the influence of seven temperatures (15, 18, 20, 25, 30, 32 and 35 $\pm$ 1°C) on the duration of the egg-adult period and on the survivorship of the immature stages of the parasitoids, *O. scabriventris* and *C. vonones*. A temperature increase from 15 to 30°C reduced the egg-adult period of *O. scabriventris*, from 29.8 to 11.2 days, respectively. However, at 32°C, the egg-adult duration was 13.3 days, above that observed at 30°C. The pupal survival of *O. scabriventris* also changed in the different temperatures. No difference was observed in the survival of the pupal stage between 15 and 30°C (86.1 – 92.9%), with an accentuated reduction at 32°C (6.6%) and no emergence of the braconids at 35°C. For the eulophid *C. vonones*, the increased temperature reduced the duration of the egg-adult period in the range of 15 to 30°C, whereas it had no effect over the interval of 30 to 32°C. The temperature increase reduced the duration of the pupal stage at 25°C, and the development rate stabilized at 30°C. The survival of the larval stage of the eulophid was similar between 15 and 30°C, occurring a reduction beginning at 32°C (16.6%) and with no pupa formation at 35°C. In the two lowest temperatures studied, *O. scabriventris* showed a shorter duration of the egg-adult period compared to *C. vonones*. However, in the temperatures of 20, 25 and 32°C, this period was shorter for *C. vonones*, with no difference at 30°C. The threshold temperature (T_t) of the egg-adult period for *O. scabriventris* was 7.3°C with a thermal constant (K) of 257.1 DD. For the species *C. vonones* the T_t was 7.4°C for the total cycle and 6.2°C for the pupal stage, with a thermal constant of 246.3 and 140.3 DD, respectively. These data allow an estimate of 29.4 annual generations of *O. scabriventris* and 30.5 of *C. vonones* in a melon production region in the state of Rio Grande do Norte, values that are equivalent to 4.9 and 6.0 more generations than the host, *L. sativae*. These results demonstrate that both species studied have potential for application in biological control programs against the leafminer fly *L. sativae*.

Keywords: *Opius (Gastrosema) scabriventris*; *Chrysocharis vonones*; Leafminer; Temperature

3.1 Introdução

As moscas-minadoras do gênero *Liriomyza* trazem prejuízos para produtores de olerícolas e plantas ornamentais em todo o mundo (MURPHY; LASALLE, 1999). No Brasil não é diferente, sendo praga importante nas culturas do melão (MORAES, 1982; ARAUJO et al., 2007), feijão (CAMPOS et al., 1984), batata (BUENO et al., 2007), alface, pepino (COSTA; CARVALHO; SILVA, 1961) e tomate (LOPES-FILHO, 1990). O principal dano da mosca-minadora é provocado pela larva ao se alimentar do mesófilo

foliar que, em altas densidades, pode acarretar a redução da produção e/ou morte da planta (SPENCER, 1989). A maior dificuldade de controle dessa praga deve-se à rápida seleção de populações resistentes a diferentes produtos químicos (FERGUSON, 2004; NADAGOUDA et al., 2010), tornando o controle biológico uma alternativa viável a ser inserida no manejo da praga (PARRELLA; HANSEN; LENTEREN, 1999).

As espécies de *Liriomyza* de maior importância econômica na agricultura, *L. trifolii*, *L. sativae* e *L. huidobrensis*, são todas de originárias do continente americano (SPENCER, 1973). No entanto, os estudos relacionados à biologia de seus parasitoides nesse continente são realizados basicamente aos EUA, principalmente com *Diglyphus begini* (Ashmead, 1904) (HEINZ; PARRELLA, 1989; HEINZ; PARRELLA, 1990). A comercialização desde a década de 80 das espécies *D. isaea* e *Dacnusa sibirica* como agentes de controle biológico de sucesso de moscas-minadoras em casas-de-vegetação (LENTEREN; WOETS, 1988), provavelmente desestimulou a busca por outras opções.

No entanto, de acordo com o hábito alimentar dos insetos, os minadores são os que apresentam uma maior riqueza de parasitoides associados (CONNOR; TAVERNER, 1997), pois apenas o gênero *Liriomyza* possui registro superior a 140 espécies (LIU et al., 2009), mas poucas tiveram suas biologias estudadas. No Brasil, ainda não há empresas de controle biológico que comercializem parasitoides de moscas-minadoras, embora haja um crescimento do interesse por esses agentes, principalmente em culturas de alto valor comercial, como o melão no nordeste do país.

Assim, duas espécies de parasitoides associadas a *L. sativae* no estado do Rio Grande do Norte, *Opius (Gastrosema) scabriventris* Nixon, 1955 e *Chrysocharis vonones* (Walker, 1839), foram selecionadas para estudo. O braconídeo, *O. scabriventris*, é um parasitoide cenobionte larva-pupa, relatado como uma das espécies mais abundantes associadas a *L. sativae* na cultura do melão. O eulofídeo, *C. vonones*, é um parasitoide idiobionte com registro de 21 espécies de agromizídeos como hospedeiros (NOYES, 2011). Objetivou-se conhecer a influência da temperatura no desenvolvimento ovo-adulto e respectivas exigências térmicas das duas espécies mencionadas associadas a *L. sativae* em feijão-caupi, hospedeiro de criação em laboratório.

3.2 Material e métodos

3.2.1 População inicial e criação da mosca-minadora *Liriomyza sativae* Blanchard, 1939 e dos parasitoides *Opius (Gastrosema) scabriventris* Nixon, 1955 e *Chrysocharis vonones* (Walker, 1839)

A população inicial da mosca-minadora *L. sativae* foi obtida no estágio larval em folhas de melão (*C. melo*) em Mossoró, Rio Grande do Norte. As espécies de parasitoides *O. scabriventris* e *C. vonones* foram coletados em campo associados a *L. sativae* em cultivo de melão (Mossoró/RN) e feijão-caupi (Natal/RN), respectivamente.

A espécie *O. scabriventris* foi identificada pelo Dr. Maximilian Fisher (Museu de História Natural da Áustria) e o parasitoide *C. vonones* pelo Dr. Valmir Antonio Costa (Centro Experimental Central do Instituto Biológico de São Paulo). As espécimens “voucher” de *C. vonones* e *O. scabriventris*, ficaram depositados na Coleção de Insetos Entomófagos “Oscar Monte”, do Instituto Biológico (Campinas, SP) e na coleção de himenópteros do Museu de História Natural de Viena (Áustria), respectivamente. A espécime “voucher” de *L. sativae* ficou depositado no Museu de Entomologia e Acarologia da ESALQ/USP.

As plantas de feijão-caupi, *Vigna unguiculata* (L.) Walp., cultivar BRS Amapá, foram utilizadas para a manutenção da criação de *L. sativae* e serviram de hospedeiro para multiplicação dos parasitoides. Esta escolha pela planta de feijão-caupi se deveu ao fato desta espécie ser um hospedeiro natural de *L. sativae* no estado do Rio Grande do Norte e apresentar uma maior facilidade de cultivo, se comparada ao melão.

3.2.2 Influência da temperatura no desenvolvimento de *Opius (Gastrosema) scabriventris* Nixon, 1955 e *Chrysocharis vonones* (Walker, 1839)

Foi estudada a influência de sete temperaturas (15, 18, 20, 25, 30, 32 e 35 ± 1°C) na duração do período ovo - adulto e na viabilidade de estágios imaturos dos parasitoides *O. scabriventris* e *C. vonones*. Baseado no resultado do estudo de ínstar preferencial de parasitismo (item 4.3.1), folhas de feijão-caupi com larvas de 2° e 3°

ínstares de *L. sativae* foram oferecidas ao parasitismo por um período de 2h, nas respectivas gaiolas de criação das duas espécies de parasitoides.

As folhas com larvas que foram expostas ao parasitismo por *O. scabriventris* foram colocadas individualmente em placas de Petri e acondicionadas nas câmaras climatizadas com as respectivas temperaturas de estudo, com UR de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h. Nas primeiras 48h, foram realizadas seis avaliações diárias, objetivando a individualização das pré-pupas saídas das folhas, em tubos de ensaio (6,5 cm de altura e 1 cm de diâmetro). Após as 48h iniciais, foram realizadas avaliações diárias para verificar a emergência dos adultos.

As folhas com larvas expostas ao parasitismo por *C. vonones* foram isoladas em recipientes. Estes eram de material plástico de 12 cm de diâmetro na parte inferior, com tela “voile” na face superior (9,5 cm de diâmetro), sendo sua base formada por espuma floral, local onde era inserida a folha contendo as larvas. Os recipientes foram acondicionados nas câmaras climatizadas com as respectivas temperaturas de estudo, com UR de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h.

Diariamente foi verificada a presença de larvas do parasitoide (Figura 3.1) com auxílio de um microscópio estereoscópico (aumento de 40X) com luz por transmissão. Assim que era constatada a presença de pupas (Figura 3.1), cortava-se a área foliar com a presença do inseto e estas eram isoladas em tubos de ensaio de 6,5 cm de altura e 1 cm de diâmetro. Foram realizadas avaliações diárias para verificar a emergência dos adultos.

Para a espécie *C. vonones*, além do período ovo-adulto foi possível registrar a duração da fase de pupa, em virtude da possibilidade de se diferenciar os estágios de larva e pupa. No entanto, para *O. scabriventris*, apenas registrou-se o período ovo-adulto, em virtude do seu desenvolvimento ocorrer em maior parte na fase de pupa da mosca-minadora, impossibilitando a observação dos estágios imaturos.

Figura 3.1 – Diferentes tamanhos de larvas indicados pelas setas vermelhas (A, B e C) e pupa (D) de *C. vonones* sobre *L. sativae* em folhas de feijão-caupi

Com os valores de duração obtidos, o limite térmico inferior de desenvolvimento (temperatura base - T_b) e a constante térmica (K) foram determinados, por meio de do método da hipérbole, para o período ovo-adulto (HADDAD; PARRA; MORAES, 1999).

Considerando-se a importância de *L. sativae* na cultura do melão, utilizaram-se as normais climatológicas de uma das principais regiões produtoras desta olerícola, Mossoró (RN), para estimar o provável número de gerações durante a safra de melão e o número de gerações anuais de *O. scabriventris* e *C. vonones*. Para se obter esses valores, foi utilizada como base a seguinte fórmula:

$K = D (T - T_b)$, onde,

K : constante térmica calculada no presente estudo em graus-dias; T : temperatura média diária do ar para a região de Mossoró, obtida através da Empresa de Pesquisa

Agropecuária do Rio Grande do Norte; Tb: temperatura base obtida na presente pesquisa; D: duração de uma geração. Dividindo-se 365 dias (1 ano) e 272 dias (ciclo do melão) pelo valor calculado de uma geração (D), foi obtido o número estimado de gerações durante o ciclo da cultura e o número de gerações anuais para *O. scabriventris* e *C. vonones* na referida cidade.

O experimento realizado foi inteiramente casualizado, sendo que cada inseto foi considerado uma repetição, com uma variação de 26 a 53 repetições. As médias e desvios padrão das durações do estágio de pupa (*C. vonones*) e do período ovo-adulto (*O. scabriventris* e *C. vonones*) foram calculados pelo estimador de Kaplan Meier e comparadas pelo teste de Log-rank ($P < 0,05$). Os dados de viabilidade foram analisadas por meio de um modelo de regressão logística, um modelo linear generalizado (MLG) especialmente criado para modelagem de dados com distribuição binomial usando-se uma função de ligação logit. Testes comparativos com os diferentes tratamentos foram realizados e um nível de significância de 5% foi mantido utilizando-se o procedimento de Bonferroni. Todas as análises estatísticas do presente estudo foram efetuadas com o programa estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2010).

3.3 Resultados

3.3.1 Efeito da temperatura no desenvolvimento de *Opius* (*Gastrosema*) *scabriventris* Nixon, 1955 e *Chrysocharis vonones* (Walker, 1839)

A temperatura interferiu na duração do período ovo-adulto de *O. scabriventris* ($X^2 = 328,0$; gl = 5; $P < 0,001$) e na duração do estágio de pupa ($X^2 = 119,0$; gl = 5; $P < 0,001$), bem como no período ovo-adulto de *C. vonones* ($X^2 = 135,0$; gl = 5; $P < 0,001$) (Figura 3.1). A 35°C não houve emergência de nenhum indivíduo das duas espécies de parasitoides.

Tabela 3.1 - Duração média ($\pm$ EP), em dias, da fase de pupa e período ovo-adulto de *C. vonones* e do período ovo-adulto de *O. scabriventris*, em diferentes temperaturas (UR $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h) sobre *L. sativae* em feijão-caupi¹

Temperatura (°C)	Fase de pupa	Período Ovo-adulto	
	<i>C. vonones</i>	<i>O. scabriventris</i>	<i>C. vonones</i>
15	24,00 $\pm$ 0,31 a	29,84 $\pm$ 0,34 aA	42,00 $\pm$ 0,31 aB
18	13,53 $\pm$ 0,13 b	24,60 $\pm$ 0,19 bA	25,00 $\pm$ 0,21 bB
20	9,40 $\pm$ 0,17 c	22,54 $\pm$ 0,27 cA	19,20 $\pm$ 0,14 cB
25	7,00 $\pm$ 0,17 d	14,27 $\pm$ 0,11 dA	13,10 $\pm$ 0,16 dB
30	6,12 $\pm$ 0,22 d	11,21 $\pm$ 0,19 eA	11,29 $\pm$ 0,20 eA
32	7,23 $\pm$ 0,16 d	13,33 $\pm$ 0,19 fA	12,18 $\pm$ 0,18 eB

¹As médias e desvios padrão foram calculados pelo estimador de Kaplan Meier. Letras minúsculas correspondem a comparações nas colunas e letras maiúsculas às linhas; letras iguais não diferem entre si a $P < 0,05$ (log-rank test).

Para *O. scabriventris*, na faixa de 15 a 30°C, o incremento térmico causou uma redução da duração do período ovo-adulto, de 29,8 a 11,2 dias, respectivamente. No entanto, a 32°C a duração foi de 13,3 dias, superior ao observado a 30°C, mostrando uma tendência de inadequação da temperatura superior a 30°C. A viabilidade pupal de *O. scabriventris* também foi alterada de acordo com as diferentes temperaturas ($F = 32,9$; $gl = 5$; $P < 0,001$) (Tabela 3.1). Não houve diferença da sobrevivência do estágio de pupa na faixa de 15 a 30°C (86,1 - 92,9%), ocorrendo uma acentuada redução a 32°C (6,6%) e a não constatação da emergência do braconídeo a 35°C, conforme já mencionado.

Tabela 3.2 – Viabilidade larval e pupal de *C. vonones* e viabilidade pupal de *O. scabriventris* sobre *L. sativae*, em feijão-caupi, em diferentes temperaturas (UR de 70% e fotofase de 12h)¹

Temperatura (°C)	Viabilidade larval (%)	Viabilidade pupal (%)	
		<i>O. scabriventris</i>	<i>C. vonones</i>
15	96,6 $\pm$ 1,7 a	6,0 $\pm$ 3,05 a	86,1 $\pm$ 4,15 a
20	100,0 a	88,0 $\pm$ 4,45 b	92,3 $\pm$ 3,71 a
25	100,0 a	96,4 $\pm$ 3,51 b	92,9 $\pm$ 2,76 a
30	93,3 $\pm$ 2,5 a	96,6 $\pm$ 2,20 b	92,3 $\pm$ 3,12 a
32	16,6 $\pm$ 1,8 b	7,2 $\pm$ 3,10 a	6,6 $\pm$ 3,21 b
35	-	..	-

Nota:

- Dado numérico igual a zero não resultante de arredondamento.

.. Não se aplica dado numérico.

¹Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si a $P < 0,05$ (regressão logística).

Para o eulofídeo *C. vonones*, a elevação da temperatura reduziu a duração do período ovo-adulto na faixa de 15 a 30°C, enquanto não houve diferença entre 30 e 32°C. O incremento térmico reduziu a duração da fase de pupa até 25°C, estabilizando a velocidade de desenvolvimento a partir de 30°C. O estágio de pupa foi responsável por valores de 48,9 a 57,9% para o período ovo-adulto de *C. vonones* nas temperaturas estudadas. A temperatura afetou a viabilidade larval ($F = 60,1$; $gl = 4$; $P < 0,001$) e pupal ($F = 32,9$; $gl = 4$; $P < 0,001$) de *C. vonones*. A viabilidade do estágio de larva se mostrou similar entre 15 e 30°C (93,3 – 100,0%), havendo uma redução a partir da temperatura de 32°C (16,6%), enquanto não houve formação de pupas a 35°C (Tabela 3.1).

Nas duas menores temperaturas estudadas, *O. scabriventris* apresentou uma menor duração do período ovo-adulto em relação a *C. vonones*. No entanto, nas temperaturas de 20, 25 e 32°C, esse período foi menor para *C. vonones*, não havendo diferenças entre às duas espécies a 30°C. (Figura 3.1).

O limite térmico inferior de desenvolvimento (T_b) do período ovo-adulto de *O. scabriventris* foi de 7,3°C com constante térmica de 257,1 GD. Para a espécie *C. vonones* registrou-se uma T_b de 7,4°C para o ciclo total e de 6,2°C para a fase de pupa, com constante térmica de 246,3 e 140,3 GD, respectivamente (Tabela 3.3).

Tabela 3.3 – Temperatura base (T_b), constante térmica (K), equação de regressão linear e coeficiente de determinação (R^2) para os parasitoides *O. scabriventris* (ovo-adulto) e *C. vonones* (estágio de pupa e ovo-adulto) sobre *L. sativae* em feijão-caupi, *Vigna unguiculata* (UR de 70% e fotofase de 12h)

Estágio	T_b (°C)	K (GD)	Equação	R^2
<i>O. scabriventris</i>				
Ovo-adulto	7,3	257,1	$-y = 0,0284 + 0,0039x$	0,98
<i>C. vonones</i>				
Pupa	6,2	140,3	$-y = 0,044 + 0,0071x$	0,94
Ovo-adulto	7,4	246,3	$-y = 0,0301 + 0,0041x$	0,97

3.4 Discussão

3.4.1 Efeito da temperatura no desenvolvimento de *Opius* (*Gastrosema*) *scabriventris* Nixon, 1955 e *Chrysocharis vonones* (Walker, 1839)

Uma das características básicas para a eficiência de um agente de controle biológico é que a duração do seu ciclo seja inferior ao do seu hospedeiro. Os parasitoides estudados, *O. scabriventris* e *C. vonones* apresentaram o período ovo-adulto inferior ao de *L. sativae*, em feijão-caupi, ou seja, respectivamente, 2,2 e 3,4 dias a menos na temperatura de 25°C (COSTA-LIMA; GEREMIAS; PARRA, 2009).

Ao se comparar o período ovo-adulto de *O. scabriventris* e de *C. vonones* com outros parasitoides de mosca-minadora, verifica-se um maior tempo de desenvolvimento em relação ao eulofídeo *Diglyphus isaea* (Walker, 1838) (BAZZOCCHI et al., 2003; HAGHANI et al., 2007), com valores mais próximos às espécies *O. dissitus*, *N. formosa* e *C. pentheus* (Walker, 1839) (PETIT; WIETLISBACH, 1993; HONDO; KOIKE; SUGIMOTO, 2006) e mais curtos do que o figitídeo *Gronotoma micromorpha* (Perkins, 1910) (ABE; TAHARA, 2003).

A partir de 32°C constatou-se uma queda da viabilidade dos estágios imaturos de *O. scabriventris* e *C. vonones* e aumento da duração do período ovo-adulto do braconídeo. Este aumento da duração com o incremento térmico demonstra uma inadequação da temperatura mais alta, resultado coincidente ao encontrado para *Hemiptarsenus varicornis* e *C. pentheus* sobre *L. trifolii* ao se elevar a temperatura de 30 para 33°C (HONDO; KOIKE; SUGIMOTO, 2006). As temperaturas elevadas mostraram-se prejudiciais para *O. scabriventris* e para *C. vonones*, pois ambas as espécies não conseguiram completar o ciclo a 35°C. A ocorrência natural de *O. scabriventris* e *C. vonones* no nordeste brasileiro, onde a temperatura pode atingir mais de 40°C nas horas mais quentes do dia, poderia, à primeira vista, indicar uma discrepância com os resultados obtidos na presente pesquisa. No entanto, deve-se enfatizar que o estudo foi realizado com temperaturas constantes, sem uma flutuação térmica que poderia auxiliar na recuperação do estresse sofrido pelo inseto nas horas mais quentes do dia. No caso da espécie *O. scabriventris*, a maior parte do seu desenvolvimento ocorre na fase de pupa da mosca-minadora, que, geralmente se

localiza no solo em locais sombreados com temperaturas mais amenas. A fase de pré-pupa, em virtude do seu comportamento fototrópico negativo, geralmente ocorre no solo em locais sombreados com temperaturas mais amenas (PARRELA, 1987). Consequentemente, o microclima que este parasitoide se desenvolve apresenta temperatura inferior à temperatura do ambiente.

A espécie *C. vonones* demonstrou uma alta mortalidade pupal a 15°C, pois apenas três indivíduos de um total de 50 emergiram, com uma duração do estágio muito superior à das demais temperaturas. As pupas do eulofídeo foram observadas em microscópio estereoscópico e possuíam aspecto brilhante, semelhante ao das pupas viáveis, indicando uma possibilidade de que estas tivessem entrado em diapausa. Uma parcela das pupas foram transferidas para câmaras climatizadas com temperaturas de 25°C, mas não houve emergência de adultos. Outros estudos serão necessários para verificar a possível ocorrência de diapausa em *C. vonones*.

O limite térmico inferior de desenvolvimento (T_b) calculado para *C. vonones* (7,4°C) e *O. scabriventris* (7,3°C) mostraram-se similares ao do hospedeiro, *L. sativae*, que é de 7,3 °C (COSTA-LIMA; GEREMIAS; PARRA, 2009). Ao se comparar com a T_b de outros parasitoides de *Liriomyza*, os valores constatados no presente estudo mostram-se superiores apenas a *C. pentheus* (6,8°C) sobre *L. trifolii* (HONDO; KOIKE; SUGIMOTO, 2006), sendo inferiores aos demais trabalhos cuja variação de T_b foi de 8,1 a 12,8°C (CHEAH, 1987; MINKENBERG, 1989; HONDO; KOIKE; SUGIMOTO, 2006). Deve-se ressaltar que *O. scabriventris* e *C. vonones* não se restringem às regiões de temperatura elevada, como o nordeste brasileiro, pois as duas espécies estão entre as mais abundantes na região central da Argentina, que possui temperatura bem inferior em relação ao local original de coleta da população do presente estudo (SALVO; VALLADARES, 1998).

Com base na constante térmica, *C. vonones* necessitou de 10,8 GD a menos para completar o período ovo-adulto em relação a *O. scabriventris*. Para o eulofídeo, 57% do ciclo total foi responsável pela fase de pupa, semelhante ao observado para *D. isae* sobre *L. trifolii* (MINKENBERG, 1989).

De acordo com as normais térmicas da região de coleta de *L. sativae*, em Mossoró, no Rio Grande do Norte, Brasil, associadas aos dados de exigências térmicas

obtidos para os parasitoides *O. scabriventris* e *C. vonones*, foi possível determinar o número de 29,4 e 30,5 gerações por ano respectivamente. Esses números representam 4,9 (*O. scabriventris*) e 6,0 (*C. vonones*) gerações a mais em relação à praga (COSTA-LIMA; GEREMIAS; PARRA, 2009), mostrando, para ambas as espécies um bom potencial de utilização em programas de controle biológico.

3.5 Conclusões

Com base nos resultados obtidos com *Opius (Gastrosema) scabriventris* Nixon, 1955 e *Chrysocharis vonones* (Walker, 1839) sobre *Liriomyza sativae* Blanchard, 1938 em feijão caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.], pode-se concluir:

- a) Há uma relação inversa entre a duração de desenvolvimento das duas espécies de parasitoides estudadas e o aumento da temperatura na faixa de 15 a 30°C;
- b) Há uma tendência de estabilização do desenvolvimento de *O. scabriventris* e *C. vonones* a partir de 30°C;
- c) A temperatura de 35°C mostra-se letal para ambas as espécies;
- d) A fase de pupa de *C. vonones* tem alta mortalidade a 15°C;
- e) Os limiares térmicos inferiores de desenvolvimento para o período ovo-adulto de *O. scabriventris* e *C. vonones* são similares, ou seja, 7,3 e 7,4°C, respectivamente;
- f) Estimam-se 29,4 gerações anuais de *O. scabriventris* e 30,5 de *C. vonones* em Mossoró-RN, região produtora de melão no RN, ou seja, 4,9 e 6,0 gerações a mais do que o hospedeiro, *L. sativae*, respectivamente.

Referências

- ABE, Y; TAHARA, M. Daily progeny production and thermal influence on development and adult longevity of the leafminer parasitoid, *Gronotoma micromorpha* (Hym., Eucilidae). **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 127, p. 477-480, 2003.
- ARAUJO, E.L.; FERNANDES, D.R.R.; GEREMIAS, L.D.; MENEZES-NETTO, A.C.; FILGUEIRA, M.A. Mosca minadora associada à cultura do meloeiro no semi-árido do Rio Grande do Norte. **Caatinga**, Mossoró, v. 20, n. 3, p. 210-212, 2007.
- BAZZOCCHI, G.G.; LANZONI, A.; BURGIO, G.; FIACCONI, M.R. Effects of temperature and host on the pre-imaginal development of the parasitoid *Diglyphus isaea* (Hymenoptera: Eulophidae). **Biological Control**, Orlando, v. 26, p. 74-82, 2003.
- BUENO, A.F.B.; ZECHMAN, B.; HOBACK, W.W.; BUENO, R.C.O.F; FERNANDES, O.A. Serpentine leafminer (*Liriomyza trifolii*) on potato (*Solanum tuberosum*): field observations and plant photosynthetic responses to injury. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 6, p. 1510-1517, 2007.
- CAMPOS, T.B.; TAKEMATSU, A.P.; RODRIGUES NETO, S.M.; BITRAN, E.A.; OLIVEIRA, D.A.; CHIBA, S. Controle químico do díptero minador *Liriomyza* sp. em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **O Biológico**, Campinas, v. 50, n. 2, p. 33-38, 1984.
- CHEAH, C.S.J Temperature requirements of the chrysanthemum leaf miner, *Chromatomyia syngenesiae* [Dipt.: Agromyzidae], and its ectoparasitoid, *Diglyphus isaea* [Hym.: Eulophidae]. **Entomophaga**, Paris, v. 32, n. 4, p. 357-365, 1987.
- CONNOR, E. F.; TAVERNER, M. The evolution and adaptive significance of the leaf-mining habit. **Oikos**, Copenhagen, v. 79, n. 1, p. 6-25, 1997.
- COSTA, A.S.; CARVALHO, A.M.B; SILVA, D.M. Os dípteros minadores de folhas como importante praga de plantas econômicas em S. Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 20, p. 101-105, 1961.
- COSTA-LIMA, T.C.; GEREMIAS, L.D.; PARRA, J.R.P. Efeito da temperatura e umidade relativa do ar no desenvolvimento de *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) em *Vigna unguiculata*. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 38, n. 6, p. 727-733, 2009.

FERGUSON, J.S. Development and stability of insecticide resistance in the leafminer *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) to Cyromazine, Abamectin, and Spinosad. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 97, n. 1, p. 112-119, 2004.

HADDAD, M.L.; PARRA, J.R.P.; MORAES, R.C.B. **Métodos para estimar os limites térmicos inferior e superior de desenvolvimento de insetos**. Piracicaba: FEALQ, 1999. 29 p.

HAGHANI, M.; FATHIPOUR, Y.; TALEBI, A.A.; BANIAMERI, V. Temperature-dependent development of *Diglyphus isaea* (Hymenoptera: Eulophidae) on *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) on cucumber. **Journal of Pest Science**, Berlin, v. 80, p.71-77, 2007.

HEINZ, K.M.; PARRELA, M.P. Attack behavior and host size selection by *Diglyphus begini* on *Liriomyza trifolii* in chrysanthemum. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 53, n. 2, p. 147-156, 1989.

_____. Holartic distribution of the leafminer parasitoid *Diglyphus begini* (Hymenoptera: Eulophidae) and notes on its life history attacking *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) in chrysanthemum. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 83, n. 5, p. 916-924, 1990.

HONDO, T.; KOIKE, A.; SUGIMOTO, T. Comparison of thermal tolerance of seven native species of parasitoids (Hymenoptera: Eulophidae) as biological control agents against *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) in Japan. **Applied Entomology and Zoology**, Tokyo, v. 41, n. 1, p. 73-82, 2006.

LENTEREN, J.C. van; WOETS, J. Biological and integrated pest control in greenhouses. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 33, p. 329-369, 1988.

LIU, T.X.; KANG, L.; HEINZ, K.M.; TRUMBLE, J. Biological control of *Liriomyza* leafminers: progress and perspective. **CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources**, Wallingford, v. 4, n. 4, p. 1-16, 2009.

LOPES-FILHO, F. Tomate industrial no submédio São Francisco e as pragas que limitam sua produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 2, p. 283-288, 1990.

MINKENBERG, O.P.J.M. Temperature effects on the life history of the eulophid wasp *Diglyphus isaea*, an ectoparasitoid of the leafminers (*Liriomyza* spp.), on tomatoes. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 115, n. 3, p. 381-397, 1989.

MORAES, G.J. Controle químico de *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae), mosca minadora do melão. **Ecossistema**, Espírito Santo do Pinhal, v. 7, p. 112-114, 1982.

MURPHY, S.T.; LASALLE, J. Review article: balancing biological control strategies in the IPM of new world invasive *Liriomyza* leafminers in field vegetable crops. **Biocontrol News and Information**, Wallingford, v. 20, n. 3, p. 91-104, 1999.

NADAGOUDA, S.; PATIL, B.V; VENKATESHALU, V.; SREENIVAS, A.G. Studies on development of resistance in serpentine leaf miner, *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Agromyzidae; Diptera) to insecticides. **Karnataka Journal of Agriculture Sciences**, Karnataka, v. 23, n. 1, p. 56-58, 2010.

NOYES, J. **Universal Chalcidoidea Database**. Disponível em: <<http://www.nhm.ac.uk/jdsml/research-curation/research/projects/chalcidoids/>>. Acesso em: 11 fev. 2011.

PARRELLA, M.P. Biology of *Liriomyza*. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 32, p. 201-224, 1987.

PARRELLA, M.P.; HANSEN, L.S.; LENTEREN, J. van. Glasshouse environments. In: BELLOWS, T.S.; FISHER T.W. **Handbook of biological control**. London: Academic Press, 1999. chap. 31, p. 819-839.

PETIT, F.L.; WIETLISBACH, D.O. Effects of host instar and size on parasitization efficiency and life history parameters of *Opius dissitus*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 66, p. 227-236, 1993.

R DEVELOPMENT CORE TEAM R. **R version 2.12.0**. Vienna, 2010. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 08 jun. 2010.

SALVO, A.; VALLADARES, G. Taxonomic composition of hymenopteran parasitoid assemblages from agromyzid leaf-miners sampled in central Argentina. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, Lisse, v. 33, n. 2, p. 116-123, 1998.

SPENCER, K.A. **Agromyzidae (Diptera) of economic importance**. London: Kluwer, 1973. 418 p. (Series Entomologica, 9).

_____. Leafminers In: KAHN, P.R. **Plant protection and quarantine**. Boca Raton: CRC Press, 1989. v. 2: Selected pests and pathogens of quarantine significance, p. 77-98.

4 PARASITISMO E COMPETIÇÃO DE DUAS ESPÉCIES DE PARASITOIDES NEOTROPICAIS (HYMENOPTERA: BRACONIDAE E EULOPHIDAE) DA MOSCA-MINADORA, *Liriomyza sativae* BLANCHARD, 1938 (DIPTERA: AGROMYZIDAE) EM DUAS CONDIÇÕES TÉRMICAS

Resumo

O presente estudo teve por objetivo avaliar a potencialidade de dois parasitoides associados a *Liriomyza sativae* no Rio Grande do Norte, como agentes de controle biológico desta praga. Foram avaliados parâmetros biológicos a 25 e 30°C, instar preferencial para parasitismo e predação, bem como a competição desses dois inimigos naturais. As espécies estudadas foram o parasitoide cenobionte larva-pupa, *Opius* (*Gastrosema*) *scabriventris* (Hymenoptera: Braconidae) e o parasitoide idiobionte larval, *Chrysocharis vonones* (Hymenoptera: Eulophidae). Os parâmetros biológicos avaliados foram capacidade de parasitismo e predação e longevidade. Ambas as espécies estudadas apresentaram melhor desempenho de parasitismo e predação no 2º e 3º ínstar de *L. sativae*. As fêmeas de *O. scabriventris* foram mais longevas a 25°C ($36,1 \pm 2,70$ dias) em relação a *C. vonones* ($23,2 \pm 0,64$ dias), enquanto não houve diferença a 30°C (*O. scabriventris*: $14,6 \pm 0,85$; *C. vonones*: $14,7 \pm 1,01$). A média de parasitismo diário a 25°C do eulofídeo ($7,6 \pm 0,26$) foi superior ao do braconídeo ($5,4 \pm 0,51$), enquanto a 30°C não houve diferença entre *C. vonones* ($6,4 \pm 0,31$) e *O. scabriventris* ($7,2 \pm 0,46$). A predação diária de *C. vonones* foi superior à de *O. scabriventris* a 25°C e a 30°C não houve diferença entre espécies. A média do total de larvas de *L. sativae* parasitadas por *O. scabriventris* foi de $196,1 \pm 17,70$ a 25°C, superior às $102,5 \pm 8,81$ larvas parasitadas a 30°C. A predação também foi superior na temperatura de 25°C ($62,9 \pm 2,52$ larvas) em relação a 30°C ($35,9 \pm 5,11$ larvas). O eulofídeo reduziu o parasitismo ao se elevar a temperatura de 25 a 30°C, variando de $176,6 \pm 7,24$ a $89,1 \pm 5,66$, respectivamente. O mesmo foi observado para o comportamento de predação, o qual foi reduzido de $82,5 \pm 4,50$ (25°C) para $31,6 \pm 2,55$ (30°C). Entre as duas espécies não houve diferença de parasitismo a 25°C e 30°C. A predação de larvas de *L. sativae* foi mais acentuada a 25°C por *C. vonones*, enquanto não houve diferença de predação entre as espécies a 30°C. Quando disponibilizadas 10 larvas da mosca-minadora por 24h, observou-se que a competição reduziu o parasitismo de *O. scabriventris* e *C. vonones* em relação às mesmas isoladas. Em competição, o eulofídeo registrou média de parasitismo ($6,12 \pm 0,30$) superior ao braconídeo ($1,30 \pm 0,31$). Ao disponibilizar 35 larvas, constatou-se que a competição provocou redução de parasitismo para *O. scabriventris*, não havendo diferença no desempenho de *C. vonones*. Quando competindo, a média de larvas parasitadas pelo eulofídeo ($9,48 \pm 0,43$) foi superior a do braconídeo ($3,80 \pm 0,38$). De acordo com os resultados obtidos a 25°C, *C. vonones* demonstrou um maior potencial como agente de controle biológico de *L. sativae* em virtude do maior parasitismo diário e por se sobressair nos testes de competição. No entanto, visando a regiões de temperaturas mais elevadas, ambas as espécies demonstram capacidade similar baseando-se nos resultados verificados a 30°C.

Estudos em condições de semi-campo e campo são necessários para validação dos resultados obtidos em laboratório.

Palavras-chave: Alimentação hospedeira; *Opius* (*Gastrosema*) *scabriventris*; *Chrysocharis vonones*; Inseto minador; Instar preferencial

Abstract

We evaluate the potential of two parasitoids for biological control agents of *Liriomyza sativae* in the state of Rio Grande do Norte, Brazil. For both parasitoid species, biological parameters were evaluated at 25 and 30°C, instar preference for parasitism and host killing, as well as the competition between these two natural enemies. The two species were the koinobiont larval-pupal parasitoid *Opius* (*Gastrosema*) *scabriventris* (Hymenoptera: Braconidae) and the larval idiobiont parasitoid *Chrysocharis vonones* (Hymenoptera: Eulophidae). The biological parameters evaluated were parasitism, host-killing capacity, and longevity. Both species studied had better parasitism and host-killing performance at the 2nd and 3rd instars of *L. sativae*. The females of *O. scabriventris* lived longer at 25°C (36.1 ± 2.70 days) compared to *C. vonones* (23.2 ± 0.64 days), and showed no difference at 30°C (*O. scabriventris*: 14.6 ± 0.85; *C. vonones*: 14.7 ± 1.01). The eulophid daily parasitism average at 25°C (7.6 ± 0.26) was higher than the braconid (5.4 ± 0.51), while at 30°C there was no difference between *C. vonones* (6.4 ± 0.31) and *O. scabriventris* (7.2 ± 0.46). The daily host killing of *C. vonones* was higher than *O. scabriventris* at 25°C and showed no difference at 30°C. The average of the total *L. sativae* larvae parasitized by *O. scabriventris* was 196.1 ± 17.70 at 25°C, higher than the 102.5 ± 8.81 larvae at 30°C. The host killing was also higher in the temperature of 25°C (62.9 ± 2.52 larvae) compared to 30°C (35.9 ± 5.11 larvae). The eulophid *C. vonones* reduced the parasitism with the increase of temperature from 25 to 30°C, decreasing from 176.6 ± 7.24 to 89.1 ± 5.66, respectively. The same was observed for the behavior of host killing, which decreased from 82.5 ± 4.50 (25°C) to 31.6 ± 2.55 (30°C). The two parasitoid species showed no difference in parasitism at 25 and 30°C. The *L. sativae* larval host killing was more accentuated at 25°C by *C. vonones*, while it did not differ between the species at 30°C. When 10 larvae of *L. sativae* were available for 24 h, the competition reduced the parasitism of *O. scabriventris* and *C. vonones* compared to the same species in isolation. In competition, the eulophid recorded a mean parasitism (6.12 ± 0.30) higher than the braconid (1.30 ± 0.31). When 35 larvae of *L. sativae* were available, the competition caused a reduction in the parasitism of *O. scabriventris*, with no difference in the performance of *C. vonones*. When competing, the *C. vonones* parasitized larval average (9.48 ± 0.43) was higher than *O. scabriventris* (3.80 ± 0.38). According to the results achieved at 25°C, *C. vonones* demonstrated a greater potential as a biological control agent of *L. sativae*, both because of its higher parasitism rate and also by for winning the competition tests. However, considering regions of higher temperatures, both species demonstrated a similar capacity according to the results obtained at 30°C. Studies in field conditions are necessary for the validation of the results obtained in the laboratory.

Keywords: Host feeding; *Opius* (*Gastrosema*) *scabriventris*; *Chrysocharis vonones*; Leafminer; Instar preference

4.1 Introdução

As moscas-minadoras do gênero *Liriomyza* são pragas de grande relevância para a olericultura e plantas ornamentais. Três espécies do gênero se destacam por sua alta polifagia e capacidade de invadir novas áreas, *L. trifolii* (Burgess, 1880), *L. sativae* Blanchard, 1938 e *L. huidobrensis* (Blanchard, 1926), todas com origem no continente americano, mas, que, atualmente, causam prejuízos econômicos em todo o mundo (MURPHY; LASALLE, 1999). Em virtude de muitos problemas de seleção de populações resistentes de *Liriomyza* spp. a vários inseticidas (PARRELLA; KEIL, 1984; FERGUSON, 2004) e do impacto desses produtos aos inimigos naturais das moscas-minadoras (BJORKSTEN; ROBINSON, 2005; HOSSAIN; POEHLING, 2006), cresce o interesse pela aplicação de um manejo que minimize o desequilíbrio gerado por práticas tradicionais, sendo o controle biológico umas das opções a ser utilizada, ao lado de outros métodos (LIU et al., 2009).

Ao consultar as revisões sobre controle biológico de *Liriomyza* spp. realizadas por Murphy e LaSalle (1999) e por Liu et al. (2009), constata-se que a maioria dos trabalhos com parasitoides de mosca-minadora foram realizados na Europa, América do Norte e sudeste Asiático. O conhecimento da diversidade e biologia de inimigos naturais de *Liriomyza* spp. na região Neotropical ainda é reduzido, principalmente na América do Sul, com exceção de países como Argentina e Peru, com trabalhos de Salvo e Valladares (1997, 1998) e Cisnero e Mujica (1999). No Brasil, os estudos com parasitoides de *Liriomyza* spp. começam a aumentar, em virtude dos problemas com as espécies deste gênero em culturas como as do melão, alface, tomate, batata e plantas ornamentais.

Muitos dos países que sofreram com a invasão de moscas-minadoras polípagas, optaram pela importação de duas espécies de parasitoides, *Diglyphus isaea* (Walker, 1838) e *Dacnusa sibirica* Telenga, 1935, como por exemplo o Japão (OZAWA et al., 1993). Esses dois agentes biológicos são amplamente comercializados desde a década de 80, principalmente na Europa e América do Norte, por várias empresas de controle biológico direcionadas à culturas em casa-de-vegetação. No entanto, hoje já é muito discutida a questão do risco ambiental na introdução de inimigos naturais (BIGLER;

BABENDREIER; KUHLMANN, 2006), sugerindo a necessidade de explorar os agentes biológicos nativos presentes.

Considerando-se a América do Sul como centro de origem da espécie *L. sativae*, o mais adequado seria conhecer melhor os potenciais inimigos naturais a serem aplicados em programas controle biológico na região, ao invés de buscar a introdução de uma nova espécie. Desta forma, a presente pesquisa avaliou duas espécies de parasitoides associadas a *L. sativae* no Rio Grande do Norte, Brasil, *Opius (Gastrosema) scabriventris* Nixon, 1955 (Hymenoptera: Braconidae) e *Chrysocharis vonones* (Walker, 1839) (Hymenoptera: Eulophidae), inimigos naturais que ainda não tiveram suas biologias estudadas. O braconídeo, *O. scabriventris*, é um parasitoide cenobionte larva-pupa, relatado como uma das espécies mais abundantes associadas a *L. sativae* na cultura do melão. O eulofídeo, *C. vonones*, é um parasitoide idiobionte com registro de 21 espécies de agromizídeos como hospedeiros (NOYES, 2011). Dessa forma, objetivou-se conhecer a biologia dessas duas espécies associadas a *L. sativae*; definição do ínstar preferencial de parasitismo e predação; capacidade de parasitismo e predação; e longevidade a 25 e 30°C. Assim como, se havia a ocorrência de competição entre as espécies estudadas. Por fim, foram realizadas simulações de liberação dos dois parasitoides, para definir a espécie com maior potencial como agente de controle biológico de *L. sativae*.

4.2 Material e métodos

4.2.1 População inicial e criação da mosca-minadora *Liriomyza sativae* Blanchard, 1938 e dos parasitoides *Opius (Gastrosema) scabriventris* Nixon, 1955 e *Chrysocharis vonones* (Walker, 1839)

A população inicial da mosca-minadora *L. sativae* foi obtida no estágio larval em folhas de melão (*C. melo*) em Mossoró, Rio Grande do Norte. As espécies de parasitoides *O. scabriventris* e *C. vonones* foram coletados em campo associados a *L. sativae* em cultivo de melão (Mossoró/RN) e feijão-caupi (Natal/RN), respectivamente.

A espécie *O. scabriventris* foi identificada pelo Dr. Maximilian Fisher (Museu de

História Natural da Áustria) e o parasitoide *C. vonones* pelo Dr. Valmir Antonio Costa (Instituto Biológico). As espécimens “voucher” de *C. vonones* e *O. scabriventris*, ficaram depositados na Coleção de Insetos Entomófagos “Oscar Monte”, do Instituto Biológico (Campinas, SP) e na coleção de himenópteros do Museu de História Natural de Viena (Áustria), respectivamente. A espécime “voucher” de *L. sativae* ficou depositado no Museu de Entomologia e Acarologia da ESALQ/USP.

As plantas de feijão-caupi, *Vigna unguiculata* (L.) Walp., cultivar BRS Amapá, foram utilizadas para a manutenção da criação de *L. sativae*, que serviram de hospedeiro para multiplicação dos parasitoides. Esta escolha pela planta de feijão-caupi se deveu ao fato desta espécie ser um hospedeiro natural de *L. sativae* no estado do Rio Grande do Norte e apresentar uma maior facilidade de cultivo, se comparada ao melão.

4.2.2 Ínstar preferencial de parasitismo e predação de larvas de *Liriomyza sativae* Blanchard, 1938 (Diptera: Agromyzidae) pelos parasitoides *Opius (Gastrosema) scabriventris* Nixon, 1955 (Hymenoptera: Braconidae) e *Chrysocharis vonones* (Walker, 1839) (Hymenoptera: Braconidae)

Para determinação do ínstar preferencial de *L. sativae* para o parasitismo e predação de *O. scabriventris* e de *C. vonones* foram oferecidas larvas da mosca-minadora de 1º, 2º e 3º ínstaes para as fêmeas, já acasaladas, de 2 dias de idade. Os testes de confinamento foram conduzidos por 24 h em recipientes para cada espécie de parasitoide, separadamente. O recipiente era de material plástico de 12 cm de diâmetro na parte inferior, com tela “voile” na face superior (9,5 cm de diâmetro), sendo sua base formada por espuma floral, local onde era inserida a folha contendo as larvas (Figura 4.1). Com auxílio de um estilete, mel puro foi distribuído nas paredes laterais do recipiente plástico como fonte de alimento para os adultos.

Figura 4.1 – Gaiola utilizada nos estudos biológicos de *O. scabriventris* e *C. vonones*. Vista superior (A) mostrando a tela de “voile” (a); e vista frontal (B), em que visualiza-se a base de esponja floral (b), o recipiente plástico (c) e a folha de feijão-caupi (d) fixada na esponja

As folhas com larvas de *L. sativae* que foram expostas ao parasitismo por *O. scabriventris* foram colocadas individualmente em placas de Petri (9 cm de diâmetro e 1,5 cm de altura) e acondicionadas em câmara climatizada reguladas a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, UR de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h. Após 2 dias, as folhas presentes na placa eram observadas em microscópio estereoscópico, com luz por transmissão, para visualizar a presença de larvas mortas por predação. Larvas predadas eram caracterizadas por apresentarem um aspecto ressecado e por terem uma porção da larva com tecido necrosado, provável local de inserção do ovipositor do parasitoide (Figura 4.2). Após a observação da folha, esta era descartada e os pupários mantidos na placa até à emergência dos parasitoides e das moscas. Os pupários inviáveis foram dissecados para se verificar se houve parasitismo.

Figura 4.2 – Larvas de *L. sativae* mortas pela predação de fêmeas de *O. scabriventris*. Setas indicam área de tecido necrosado em diferentes posições de larvas em consequência da introdução do ovipositor do parasitoide.

As folhas com larvas expostas ao parasitismo de *C. vonones* permaneceram em recipientes similares aos utilizados anteriormente para a manutenção da turgidez das folhas (Figura 4.1) e foram acondicionadas em câmara climatizada ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, UR de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h). O registro de predação de larvas de *L. sativae* foi realizado de forma similar ao descrito para o *O. scabriventris*. Diariamente, foi verificada a presença de larvas do parasitoide *C. vonones* (Figura 4.3) com auxílio de um microscópio estereoscópico (aumento de 40X) com luz por transmissão. Assim que era constatada a presença de pupas (Figura 3.1), cortava-se a área foliar com a presença do inseto, sendo as pupas isoladas em tubos de ensaio de 6,5 cm de altura e 1 cm de diâmetro. Foram realizadas avaliações diárias para verificar a emergência dos adultos.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, sendo que cada gaiola continha uma fêmea do parasitoide, equivalente a uma repetição. Para cada espécie de parasitoide, foram realizadas 25 repetições por instar. Os dados de parasitismo e predação, em diferentes instares de *L. sativae*, por *O. scabriventris* e *C. vonones* foram analisados por meio de um modelo de regressão logística, um modelo linear generalizado (MLG) especialmente criado para modelagem de dados com distribuição de quase-Poisson, usando-se uma função de ligação Log. Testes comparativos com os diferentes tratamentos foram realizados e um nível de significância de 5% foi mantido utilizando-se o procedimento de Bonferroni.

4.2.3 Capacidade de parasitismo e predação e longevidade de *O. scabriventris* e *C. vonones* sobre *L. sativae* em duas temperaturas

Machos e fêmeas recém-emergidos dos parasitoides foram separados em microscópio estereoscópico. Para *O. scabriventris*, esta distinção foi baseada na presença do ovipositor; para *C. vonones*, o sexo foi separado com base na morfologia das antenas (machos possuem maior quantidade de cerdas em relação às fêmeas) e presença de ovipositor. Em seguida, casais de cada espécie de parasitoide foram isolados em um recipiente contendo uma folha de feijão-caupi com larvas de 2º e 3º instares de *Liriomyza sativae* (de 25 a 35 larvas por folha). A gaiola foi similar àquela descrita no item 4.2.1 (Figura 4.1). Com auxílio de um estilete, mel puro foi distribuído nas paredes laterais do recipiente plástico como fonte de alimento para os adultos. As gaiolas foram mantidas em câmaras climatizadas reguladas a 25 e 30 ± 1°C (70 ± 10% de UR e 12h de fotofase).

Diariamente, as folhas de feijão-caupi, com larvas da mosca-minadora, eram trocadas, observando-se se havia ocorrido a morte do macho ou da fêmea. Em caso de morte ou fuga do macho, anteriormente à da fêmea, este era repostado por um macho emergido no dia da avaliação. Apenas os machos do início do experimento foram considerados para cálculo da longevidade. As folhas com larvas que foram expostas ao parasitismo por *O. scabriventris* foram colocadas individualmente em placas de Petri (9 cm de diâmetro e 1,5 cm de altura) e acondicionadas nas câmaras climatizadas à

temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, UR de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h. Após 2 dias, as folhas presentes nas placas eram observadas em microscópio estereoscópico com luz por transmissão para visualizar a presença de larvas mortas por predação, semelhante ao descrito no item 4.2.1 (Figura 4.2). Após a observação da folha, esta era descartada e os pupários eram mantidos na placa até a emergência dos parasitoides e das moscas, os quais eram contabilizados.

As folhas com larvas expostas ao parasitismo de *C. vonones* eram mantidas em espuma floral e acondicionadas nas câmaras climatizadas à temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, UR de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h. Diariamente, foi verificada a presença de larvas do parasitoide (Figura 4.3) com auxílio de um microscópio estereoscópico (aumento de 40X) com luz por transmissão. Assim que era constatada a presença de pupas (Figura 4.3), a folha era isolada em placa de Petri até a emergência dos parasitoides.

O experimento realizado foi inteiramente casualizado, sendo que cada recipiente com um casal do parasitoide foi considerado uma repetição, totalizando 18 repetições. A razão sexual foi calculada pela fórmula: $\text{N}^\circ \text{ fêmeas} / \text{N}^\circ \text{ fêmeas} + \text{N}^\circ \text{ de machos}$ (PARRA; PANIZZI; HADDAD, 2009). As médias e os erros padrão da longevidade de *O. scabriventris* e *C. vonones* foram computadas pelo estimador de Kaplan Meier e comparadas pelo teste de Log-rank ($P < 0,05$).

Os dados de parasitismo e predação em diferentes temperaturas de *O. scabriventris* e *C. vonones* foram analisados por meio de um modelo de regressão logística, um modelo linear generalizado (MLG) especialmente criado para modelagem de dados com distribuição de quase-Poisson, usando-se uma função de ligação Log.

4.2.4 Competição de *O. scabriventris* e de *C. vonones* no parasitismo e predação de larvas de *L. sativae*

Para o estudo de competição foram utilizadas fêmeas de três dias de idade de *O. scabriventris* e *C. vonones*, as quais foram mantidas nos dias anteriores em gaiolas com machos para copularem. Uma fêmea de cada espécie foi liberada simultaneamente em recipiente semelhante ao do item 4.2.1 (Figura 4.1). Com auxílio de um estilete, mel puro foi distribuído nas laterais do recipiente como fonte de alimento

aos adultos. Dois tratamentos distintos de competição foram criados, fornecendo 10 e 35 larvas de *L. sativae* de 2º e 3º ínstaes em folhas de feijão-caupi. Também constaram os tratamentos contendo ambas as espécies isoladas com 10 e 35 larvas de *L. sativae*. A exposição dos parasitoides às larvas da mosca-minadora durou 24h.

As folhas com larvas expostas ao parasitismo foram mantidas em espuma floral e acondicionadas nas câmaras climatizadas à temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, UR de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h. As larvas saídas das folhas eram acondicionadas em placas de Petri (9 cm de diâmetro e 1,5 cm de altura) nas mesmas condições anteriores e acompanhadas para verificar a emergência de *O. scabriventris* ou de *L. sativae*. Por meio de um microscópio estereoscópico, com luz por transmissão, as folhas eram observadas quanto à presença de larvas predadas e de pupas de *C. vonones*. Para os tratamentos de competição, foi contabilizado o número total de larvas predadas, sem haver a possibilidade de determinar a espécie responsável.

O experimento realizado foi inteiramente casualizado, sendo que cada recipiente foi considerado uma repetição, totalizando 25 repetições por tratamento. Os dados de parasitismo e predação de *O. scabriventris* e *C. vonones* foram analisados por meio de um modelo de regressão logística, um modelo linear generalizado (MLG) especialmente criado para modelagem de dados com distribuição de quase-Poisson, usando-se uma função de ligação Log. Todas as análises estatísticas do presente estudo foram efetuadas com o programa estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2010).

4.2.5 Simulação da proporção de parasitoides a serem liberados em relação ao número de larvas de *L. sativae*

Baseado nos resultados biológicos obtidos de *O. scabriventris* e *C. vonones* no presente estudo e com os dados de *L. sativae* de Costa-Lima, Geremias e Parra (2009, 2010), foi realizada uma simulação da quantidade de parasitoides a serem liberados em relação ao número de larvas de mosca-minadora em um área de melão.

Primeiramente, considerou-se uma infestação hipotética de uma larva por planta em uma área de melão, correspondendo a 10.000 larvas/ha, não contabilizando a existência de migração de adultos na área. Para isso, foram considerados a taxa de

oviposição de *L. sativae* e a mortalidade provocada pelos parasitoides (parasitismo e predação) nos sete primeiros dias a 25 e 30°C.

As seguintes proporções foram definidas para a quantidade de parasitoides por larva de *L. sativae* a serem liberadas: 1:10, 1:25, 1:50 e 1:100. A partir dos melhores desempenhos dos parasitoides, obtidos, considerou-se a liberação de adultos de 3 e 2 dias de idade a 25 e 30°C, respectivamente. A escolha da idade se deu a partir da melhor faixa da ação dos parasitoides em um período de 7 dias. Nas situações em que não foram mortas todas as larvas na primeira semana, inseriram-se os dados de viabilidade dos estágios imaturos de *L. sativae* e a razão sexual (COSTA-LIMA; GEREMIAS; PARRA, 2009) para definir o número de fêmeas de moscas-minadoras emergidas na geração F1. Os resultados de ritmo de postura diário foi baseado em Costa-Lima, Geremias e Parra (2010). De acordo com a mortalidade total de larvas de *L. sativae* provocada pelos parasitoides na primeira semana, calculou-se a quantidade de larvas parasitadas. A partir desse dado, inseriram-se os resultados de viabilidade pupal e razão sexual de cada espécie de parasitoide para estimativa da quantidade de fêmeas que iriam emergir na geração F1. Com os dados de desenvolvimento de pupa e ovo de *L. sativae* e de ovo-adulto dos parasitoides, estimou-se a emergência da geração F1 de cada espécie.

Desta forma, foi possível representar graficamente a flutuação da população de larvas de *L. sativae* de acordo com a liberação das diferentes proporções de parasitoide em duas condições térmicas.

4.3 Resultados

4.3.1 Ínstar preferencial de parasitismo e predação de larvas de *Liriomyza sativae* Blanchard, 1938 (Diptera: Agromyzidae) por *Opius (Gastrosema) scabriventris* Nixon, 1955 (Hymenoptera: Braconidae) e *Chrysocharis vonones* (Walker, 1839) (Hymenoptera: Eulophidae)

Para *O. scabriventris*, o parasitismo ($F = 59,2$; $gl = 2$; $P < 0,01$) e a predação ($F = 104,3$; $gl = 2$; $P < 0,001$) variaram de acordo com o ínstar de *L. sativae*. Maior

parasitismo foi obtido em larvas de 2° e 3° ínstaes, com média, respectivamente de $7,2 \pm 0,61$ e $6,3 \pm 0,40$ larvas/parasitoide em 24h, valores superiores aos obtidos para larvas de 1° ínstar, ou seja, $2,0 \pm 0,21$ (Figura 4.3). O comportamento de predação de larvas de *L. sativae* por *O. scabriventris* também foi variável com o ínstar, sendo maior nos dois ínstaes finais (Figura 4.3).

Para a espécie *C. vonones*, o ínstar de *L. sativae* também afetou o parasitismo ($F = 287,4$; $gl = 2$; $P < 0,001$) e a predação ($F = 4,85$; $gl = 2$; $P = 0,01$). Assim como *O. scabriventris*, o maior parasitismo foi observado nos ínstaes finais, com médias de $8,0 \pm 0,35$ e $8,5 \pm 0,34$ larvas de *L. sativae* por parasitoide em 24h, de 2° e 3° ínstaes respectivamente (Figura 4.3). O parasitismo de larvas de primeiro ínstar foi acentuadamente reduzido a apenas $0,32 \pm 0,09$ larvas/parasitoide em 24h. A predação de larvas de *L. sativae* também foi maior nos dois últimos ínstaes (Figura 4.4).

Figura 4.3 – Parasitismo e predação de ínstaes larvais de *L. sativae* por *O. scabriventris* e por *C. vonones* de 2 dias de idade em um período de 24h, a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de UR e fotofase de 12h. Médias seguidas da mesma letra e tamanho não diferem entre si a $P < 0,05$ (regressão de quase-Poisson)

4.3.2 Capacidade de parasitismo e predação e longevidade de *O. scabriventris* e *C. vonones* sobre *L. sativae* em duas temperaturas

A longevidade de machos e fêmeas de *O. scabriventris* a 25°C ($X^2 = 0,8$; $gl = 1$; $P = 0,438$) e 30°C ($X^2 = 0,6$; $gl = 1$; $P = 0,359$) foi similar. Para *C. vonones*, as fêmeas

foram mais longevas do que os machos a 25°C ($X^2 = 23,7$; gl = 1; $P < 0,001$) e 30°C ($X^2 = 33,6$; gl = 1; $P < 0,001$). Em média, *O. scabriventris* e *C. vonones* viveram 2,4 e 1,5 mais vezes a 25°C em relação a 30°C, respectivamente. Ao comparar as espécies estudadas, constatou-se que o braconídeo foi mais longo a 25°C (σ , $X^2 = 20,90$; gl = 1; $P < 0,001$; ϕ , $X^2 = 17,81$; gl = 1; $P < 0,001$), enquanto que a 30°C apenas os machos de *C. vonones* diferiram dos demais com uma menor sobrevivência (Tabela 4.1).

Tabela 4.1 - Longevidade de machos e fêmeas de *O. scabriventris* mantidos a 25 e 30°C (70% UR e fotofase de 12h). Mel puro foi fornecido como fonte de alimento e larvas de *L. sativae* foram disponibilizadas aos parasitoides¹

Temperatura	<i>Opius scabriventris</i>		<i>Chrysocharis vonones</i>	
	σ	ϕ	σ	ϕ
25°C	36,1 $\pm$ 2,7 Aa	37,6 $\pm$ 3,50 Aa	16,7 $\pm$ 0,82 Ab	23,2 $\pm$ 0,64 Ac
30°C	15,4 $\pm$ 1,47 Ba	14,6 $\pm$ 0,85 Ba	11,7 $\pm$ 0,98 Bb	14,7 $\pm$ 1,01 Ba

¹As médias e desvios padrão foram calculados pelo estimador de Kaplan Meier. Letras maiúsculas correspondem a comparações nas colunas e letras minúsculas às linhas, letras iguais não diferem entre si a $P < 0,05$ (log-rank test).

A razão sexual de *O. scabriventris* e *C. vonones* não diferiu entre as duas temperaturas estudadas e entre as espécies (Tabela 4.2).

Tabela 4.2 – Razão sexual de *O. scabriventris* e *C. vonones* desenvolvido sobre *L. sativae* em feijão-caupi, sob duas condições térmicas (UR de 70% e fotofase de 12h)¹

Temperatura	<i>Opius scabriventris</i>	<i>Chrysocharis vonones</i>
25°C	0,52 $\pm$ 0,09	0,40 $\pm$ 0,11
30°C	0,50 $\pm$ 0,10	0,42 $\pm$ 0,09

¹Não houve diferença estatística entre os tratamentos ($P < 0,05$) (regressão logística).

As fêmeas de *O. scabriventris* e *C. vonones* iniciaram o parasitismo de larvas de *L. sativae* desde o primeiro dia a 25 e 30°C. O pico de larvas parasitadas a 25°C ocorreu no 6º dia (8,89 $\pm$ 1,22) para o braconídeo e no 8º dia (19,08 $\pm$ 3,47) para o eulofídeo. A 30°C, o pico de parasitismo para *O. scabriventris* e *C. vonones* foi no 4º dia (10,45 $\pm$ 1,11) e 8º dia (12,71 $\pm$ 1,65), respectivamente. A 25°C, *C. vonones* atingiu 50% do total de larvas parasitadas entre o 6º e 7º dias, o mesmo ocorrendo entre o 7º e

8º dias para *O. scabriventris*. Por outro lado, a 30°C essa marca foi atingida pelo eulofídeo no 11º dia e no 14º pelo braconídeo (Figura 4.4).

Figura 4.4 – Ritmo de parasitismo de *O. scabriventris* e *C. vonones* sobre *L. sativae* em feijão-caupi a 25 e 30°C (UR de 70% e fotofase de 12h). As setas indicam 50% do parasitismo

A predação também foi observada desde o primeiro dia, para as duas espécies de parasitoides, em ambas condições térmicas estudadas. A 25 e 30°C, o pico de larvas predadas por *C. vonones* ocorreu no 4º dia ($7,21 \pm 1,11$) e 1º dia ($4,37 \pm 0,77$) e para *O. scabriventris* no 6º dia ($3,35 \pm 0,48$) e 9º dia ($4,36 \pm 0,88$), respectivamente. Cinquenta por cento de larvas totais predadas a 25 e 30°C, foi registrado no 9º e entre os 6º e 7º dias para o eulofídeo e entre o 15º e 16º e 10º e 11º dias para o braconídeo, respectivamente (Figura 4.5).

Figura 4.5 – Ritmo de predação de *O. scabriventris* e *C. vonones* sobre *L. sativae* em feijão-caupi a 25 e 30°C (UR de 70% e fotofase de 12h). As setas indicam 50% da predação

A média de parasitismo diário a 25°C de *C. vonones* ($7,6 \pm 0,26$ larvas/dia) foi superior ao de *O. scabriventris* ($5,4 \pm 0,51$ larvas/dia) ($F = 17,59$; $gl = 1$; $P < 0,001$). No entanto, a 30°C não se constatou diferença entre as espécies ($F = 2,41$; $gl = 1$; $P = 0,1330$). Observando-se o melhor desempenho de cada espécie nas duas temperaturas, o braconídeo obteve uma maior média de parasitismo diário a 30°C ($F = 6,26$; $gl = 1$; $P = 0,0216$), enquanto que o eulofídeo a 25°C ($F = 9,96$; $gl = 1$; $P = 0,0031$) (Figura 4.6).

A predação diária de *C. vonones* também foi superior à de *O. scabriventris* a 25°C ($F = 62,39$; $gl = 1$; $P < 0,001$) e a 30°C não houve diferença entre espécies ($F = 0,41$; $gl = 1$; $P = 0,5273$). Com o incremento térmico, a predação diária de *C. vonones* aumentou

($F = 41,30$; $gl = 1$; $P < 0,001$), ocorrendo o inverso para *O. scabriventris* ($F = 6,00$; $gl = 1$; $P = 0,0241$) (Figura 4.7).

Figura 4.6 – Parasitismo médio diário (A) e predação média diária (B) de larvas de *L. sativae* por *O. scabriventris* e *C. vonones* a 25 e 30°C. Médias seguidas da mesma letra e tamanho não diferem entre si a $P < 0,05$ (regressão logística)

A média do total de larvas de *L. sativae* parasitadas por *O. scabriventris* foi de $196,1 \pm 17,70$ à 25°C, superior às $102,5 \pm 8,81$ larvas parasitadas a 30°C ($F = 26,01$; $gl = 1$; $P < 0,001$). A predação também foi superior na temperatura de 25°C ($62,9 \pm 2,52$ larvas) em relação à de 30°C ($35,9 \pm 5,11$ larvas) ($F = 16,78$; $gl = 1$; $P < 0,001$). O eulofídeo, *C. vonones*, teve comportamento similar ao braconídeo, reduzindo o parasitismo com o incremento térmico de 25 para 30°C, variando de $176,6 \pm 7,24$ a $89,1 \pm 5,66$, respectivamente ($F = 82,85$; $gl = 1$; $P < 0,001$). O mesmo foi observado para o comportamento de predação, que foi reduzido de $82,5 \pm 4,50$ (25°C) para $31,6 \pm 2,55$ (30°C) ($F = 87,88$; $gl = 1$; $P < 0,001$) (Figura 4.8).

Ao confrontar os resultados das duas espécies, *O. scabriventris* e *C. vonones*, contata-se que não houve diferença de parasitismo a 25°C ($F = 1,50$; $gl = 1$; $P = 0,2293$) e 30°C ($F = 1,81$; $gl = 1$; $P = 0,1910$). A predação de larvas de *L. sativae* foi mais acentuada a 25°C por *C. vonones* ($F = 7,83$; $gl = 1$; $P = 0,0085$), enquanto não houve diferença entre as espécies a 30°C ($F = 0,687$; $gl = 1$; $P = 0,4151$) (Figura 4.7).

Figura 4.7 – Parasitismo e predação total de larvas de *L. sativae* por *O. scabriventris* e *C. vonones* a 25 e 30°C. Não houve diferença entre espécies na mesma temperatura nos dois comportamentos estudados (regressão logística)

4.3.3 Simulação da proporção de parasitoides a serem liberados em relação ao número de larvas de *L. sativae*

De acordo com os dados simulados a 25°C, as proporções de liberação dos parasitoides *O. scabriventris* e *C. vonones* de 1:10 e 1:25 eliminariam a população inicial em, no máximo, 4 dias. Ao se liberarem 200 adultos (1:50) de *C. vonones*, também verificou-se o controle das larvas de *L. sativae* ainda na primeira semana. No entanto, nesta mesma proporção para *O. scabriventris*, houve um remanescente de 25% de larvas de *L. sativae*, o qual originou uma F1 da mosca-minadora que foi controlada pelos parasitoides provenientes do parasitismo da primeira semana. Ao se simular 100 adultos de parasitoides por ha (1:100), houve a necessidade de duas liberações de *C. vonones* para o controle de *L. sativae*, em um intervalo de 13 dias, enquanto que nesta proporção a espécie *O. scabriventris* não conseguiu reduzir a população da mosca-minadora. Com exceção da proporção de 1:10, que demonstrou resultado similar para ambos os parasitoides, a espécie *C. vonones* foi superior nas demais proporções, seja reduzindo com maior rapidez o número de larvas ou como a única capaz de controlar a população de *L. sativae* (Figura 4.8).

Figura 4.8 – Simulação de liberação de *O. scabriventris* e *C. vonones* em diferentes proporções, para o controle de *L. sativae*, considerando uma infestação inicial de 10.000 larvas da mosca-minadora, baseado nos resultados biológicos a 25°C dos parasitoides e de *L. sativae*. (A) Fases de pupa e ovo de *L. sativae*; (B) Período ovo-adulto de *O. scabriventris* e (C) período ovo-adulto de *C. vonones*

A simulação realizada com os dados de 30°C, demonstrou que as liberações de *O. scabriventris* e *C. vonones*, nas proporções de 1:25 e 1:10 foram suficientes para controlar a população da mosca-minadora ainda na primeira semana. Para ambas as

espécies, ao simular a liberação de 200 adultos (1:50), permaneceu um remanescente de larvas de *L. sativae* que gerou uma geração F1 que foi controlada pelos parasitoides oriundos do parasitismo da primeira semana. Ao se liberar a menor quantidade de insetos (1:100), houve a necessidade de se fazer uma segunda liberação para as duas espécies de parasitoides, em um intervalo de 10 dias, resultando em um controle de 100% para *C. vonones* e de 94% para *O. scabriventris* (Figura 4.9).

Figura 4.9 – Simulação de liberação de *O. scabriventris* e *C. vonones* em diferentes proporções, para o controle de *L. sativae*, considerando uma infestação inicial de 10.000 larvas da mosca-minadora, baseado nos resultados biológicos a 30°C dos parasitoides e de *L. sativae*. (A) Fases de pupa e ovo de *L. sativae*; (B) Período ovo-adulto de *O. scabriventris* e (C) período ovo-adulto de *C. vonones*

4.3.4 Competição de *O. scabriventris* x *C. vonones*

Quando disponibilizadas 10 larvas de *L. sativae*, observou-se que a competição reduziu o parasitismo de *O. scabriventris* ($F = 166,63$; $gl = 1$; $P < 0,001$) e *C. vonones* ($F = 9,34$, $gl = 1$; $P = 0,0036$) em relação às mesmas isoladas (Figura 4.9). Em competição, o eulofídeo apresentou média de parasitismo ($6,12 \pm 0,30$) superior à do braconídeo ($1,30 \pm 0,31$) ($F = 99,75$; $gl = 1$; $P < 0,001$). Por outro lado, a predação total na competição mostrou-se superior à de *C. vonones* ($F = 5,99$; $gl = 1$; $P = 0,0181$) e de *O. scabriventris* ($F = 9,34$; $gl = 1$; $P = 0,0036$) (Figura 4.10) isoladamente.

Figura 4.10 - Média ($\pm$ EP) de parasitismo e predação de *O. scabriventris* (Os.) e *C. vonones* (Cv.) sendo disponibilizadas 10 larvas de *L. sativae* em feijão-caupi por um período de 24h, em duas situações: liberados ao mesmo tempo (competição) e isoladamente ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, UR de $70 \pm 10\%$ e 12h de fotofase). Letras iguais não diferem a $P < 0,05$ (regressão logística). pupa e ovo de *L. sativae*; (B) Período ovo-adulto de *O. scabriventris* e (C) *C. vonones*

Ao disponibilizar 35 larvas de *L. sativae*, constatou-se que a competição provocou redução de parasitismo para *O. scabriventris* ($F = 61,88$, $gl = 1$; $P < 0,01$), não se observando diferença no desempenho de *C. vonones* ($F = 0,39$; $gl = 1$; $P = 0,5344$). A média de larvas parasitadas por *C. vonones* ($9,48 \pm 0,43$) foi superior à de *O. scabriventris* ($3,80 \pm 0,38$) em competição ($F = 85,53$; $gl = 1$; $P < 0,001$). A predação total em competição mostrou-se superior à predação individual de *O. scabriventris* ($F =$

163,57; gl = 1; $P < 0,001$) e de *C. vonones* ($F = 100,12$; gl = 1; $P < 0,001$) (Figura 4.11).

Figura 4.11 - Média ($\pm$ EP) de parasitismo e predação de *O. scabriventris* (Os.) e *C. vonones* (Cv.) sendo disponibilizadas 35 larvas de *L. sativae* em feijão-caupi por um período de 24h, em duas situações: liberados ao mesmo tempo (competição) e isoladamente ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, UR de $70 \pm 10\%$ e 12h de fotofase). Letras iguais não diferem a $P < 0,05$ (regressão logística)

4.4 Discussão

4.4.1 Ínstar preferencial de parasitismo e predação de larvas de *Liriomyza sativae* Blanchard, 1938 por *Opius* (*Gastrosema*) *scabriventris* Nixon, 1955 e *Chrysocharis vonones* (Walker, 1839)

O melhor desempenho no parasitismo de *O. scabriventris* e *C. vonones* sobre os ínstares finais de *L. sativae* já é registrado na literatura para outros parasitoides de mosca-minadora. Para a espécie *Opius dissitus* Muesebeck, 1963, resultado semelhante ao da presente pesquisa foi encontrado, utilizando-se *L. sativae* como hospedeiro, constatando-se um maior parasitismo também nos dois ínstares finais (PETITT; WIETLISBACH, 1993). Chien e Ku (2001), pesquisando cinco parasitoides de *L. trifolii* Burgess, 1880, relataram que quatro destes não parasitaram larvas de 1º instar. As espécies estudadas, *Hemiptarsenus varicornis* (Girault, 1913), *Chrysocharis pentheus* (Walker, 1839), *Neochrysocharis okazakii* Kamijo, 1978 e *N. formosa* (Westwood, 1833), parasitaram preferencialmente larvas de 3º instar. Lema e Poe

(1979) não observaram diferença de parasitismo de *O. dimidiatus* (Ashmead, 1889) sobre diferentes ínstaes de *L. sativae*, enquanto *N. formosa* foi mais eficiente em larvas de terceiro ínstar. Em experimento de campo com *Diglyphus intermedius* (Girault, 1916) foi constatado maior parasitismo sobre larvas de terceiro ínstar de *Agromyza frontella* (Rondani, 1874) (HENDRICKSON; BARTH, 1978).

Além do parasitismo, vários himenópteros parasitoides matam um significativo número de hospedeiros para alimentação, portanto, com comportamento predatório (JERVIS; KIDD, 1986). Este comportamento foi também observado para os dois parasitoides aqui estudados, com comportamento semelhante ao parasitismo, pois houve maior eficiência de predação para larvas de *L. sativae* de 2° e 3° ínstaes (Figura 4.3). Os parasitoides de *L. trifolii*, *H. varicornis* e *N. okazakii* também mostraram melhores resultados para os dois últimos ínstaes, enquanto que para *Opius* sp. não detectaram predação (CHIEN; KU, 2001). Maior morte de larvas de 3° ínstar por alimentação foi também verificado para *C. formosa* sobre *L. sativae* (LEMA; POE, 1979) e por *C. pentheus* e *N. formosa* sobre *L. trifolii* (CHIEN; KU, 2001). Por outro lado, *Diglyphus begini* (Ashmead, 1904) e *N. okazakii* preferiram parasitar hospedeiros maiores e predar os menores (HEINZ; PARRELA, 1989; TRAN; UENO; TAKAGI, 2007). Os parasitoides com comportamento alimentar destrutivo em geral utilizam ínstaes diferentes para parasitismo (KIDD; JERVIS, 1991). O método do presente estudo foi de confinamento, ofertando um único ínstar larval isoladamente; sugere-se que seja feito outro experimento com chance de escolha para definir a preferência dos parasitoides.

O menor parasitismo e predação observados em larvas de 1° ínstar, para as duas espécies de parasitoides estudadas, pode estar relacionado à maior dificuldade de localização do hospedeiro. Hendrikse et al. (1980) verificaram que *Opius pallipes* Wesmael, 1835 e *Dacnusa sibirica* Telenga, 1935 precisaram, respectivamente, de 3,4 a 2,5 vezes mais tempo para localizar larvas menores de *L. bryoniae* Kaltenbach, 1858 em comparação às maiores. Os diferentes resultados de parasitismo de acordo com o tamanho larval podem ser explicados pelos sinais visuais, acústicos e olfativos utilizados pelos parasitoides para localização de seu hospedeiro (FELLOWES; ALPHEN; JERVIS, 2005). A localização visual de uma mina de maior tamanho pelo parasitoide em um menor espaço de tempo é um fato esperado, refletindo na

localização mais rápida do hospedeiro (LOW, 2008). Além disto, as larvas maiores provocam mais vibrações, e, como já observado, a atividade alimentar das larvas de insetos minadores serve como sinal para a localização por parasitoides (CHEAH; COAKER, 1992; AYABE; UENO, 2004). Por último, deve-se ressaltar a importância dos voláteis químicos como fontes de informação para localização do hospedeiro pelos parasitoides das moscas-minadoras (FINIDORI-LOGLI; BAGNERES; CLEMENT, 1996; ZHAO; KANG, 2002, WEI; KANG, 2006). Possivelmente, pode haver uma relação da quantidade de voláteis emitidos em uma planta menos afetada (larvas menores) em comparação com outra com a presença de larvas maiores, o que poderia interferir na localização pelo inimigo natural.

Ao comparar os dois parasitoides estudados, constatou-se que *C. vonones* apresentou um parasitismo próximo a zero em larvas de primeiro ínstar, enquanto que *O. scabriventris* parasitou uma média de duas larvas deste estágio. No caso do *C. vonones*, esta diferença pode estar relacionada não só à dificuldade de localização do hospedeiro, mas também à sua biologia. Esta espécie é um parasitoide idiobionte, ou seja, cessa o desenvolvimento do hospedeiro no momento do parasitismo, ao injetar um veneno. Larvas de tamanho reduzido podem não oferecer a quantidade adequada de recursos que permita ao parasitoide completar seu ciclo, ou mesmo gerar adultos menores e menos fecundos no caso de sucesso (FELLOWES; ALPHEN; JERVIS, 2005). Esta mesma relação não deve ser esperada para os parasitoides cenobiontes, como *O. scabriventris* em que o hospedeiro continua a se alimentar e crescer (HARVEY; KADASH; STRAND, 2000).

4.4.2 Capacidade de parasitismo e predação e longevidade de *O. scabriventris* e *C. vonones* sobre *L. sativae* em duas temperaturas

As fêmeas de *O. scabriventris* apresentaram uma longevidade média superior à de *C. vonones*, de 12,9 dias a 25°C. Dessa forma, mesmo constatando-se um parasitismo total similar entre as espécies, o parasitismo diário de *C. vonones* a 25°C foi 29% superior ao de *O. scabriventris*. Essa diferença é visível ao observar o ritmo de parasitismo de cada espécie, com picos maiores em um menor espaço de tempo para

C. vonones (Figura 4.6). A 30°C não se observou essa diferença de longevidade, resultando em um parasitismo diário semelhante entre os parasitoides. Os parasitismos totais de *O. scabriventris* e de *C. vonones* foram similares aos de *D. isaea* (MINKENBERG, 1989) e *N. formosa* (HONDO; KOIKE; SUGIMOTO, 2006), porém, o parasitismo diário foi inferior em decorrência da menor longevidade dessas duas espécies. Deve-se ressaltar que o tamanho da gaiola em geral encontra-se relacionada de forma inversa à longevidade e parasitismo dos adultos. Heinz e Parrella (1990) fizeram essa observação para *D. begini*, sugerindo que em gaiolas maiores os insetos provavelmente gastam mais energia reduzindo a longevidade, parasitismo e predação.

O ritmo de parasitismo mais concentrado de *C. vonones* em relação a *O. scabriventris* é um comportamento importante na decisão de qual inimigo natural deve ser utilizado. Em culturas como a do melão no nordeste brasileiro, que possui um ciclo curto e uma alta frequência de aplicação de inseticidas, torna-se mais viável a inclusão de um agente de controle biológico que apresente um parasitismo mais concentrado. Por outro lado, *O. scabriventris* poderia ser mais adequado para culturas com menor utilização de produtos químicos, pois isto permitiria que o inimigo natural liberado permanecesse por um período mais longo em campo, em função da sua maior longevidade.

Os parasitoides provocaram mortalidade larval da mosca-minadora por meio do parasitismo e da predação. Este último comportamento teve uma grande representatividade nas duas temperaturas estudadas. A 25°C, a predação foi responsável por 24% e 32% da mortalidade total de larvas de *L. sativae* por *O. scabriventris* e *C. vonones*, respectivamente. A 30°C, 26% da mortalidade total foi em decorrência da predação em ambas as espécies. Diferentemente do observado para *O. scabriventris*, os braconídeos parasitoides de *Liriomyza*, *Dacnusa sibirica* e *Opius pallipes*, não se alimentam do hospedeiro (MINKENBERG; LENTEREN, 1986). No entanto, este comportamento é comum para várias espécies de eulofídeos parasitoides de *Liriomyza*, como as dos gêneros *Diglyphus*, *Chrysocharis*, *Neochrysocharis*, *Hemiptarsenus* e *Chrysonotomyia* (MINKENBERG, 1989; CHIEN; KU, 2001). Em relação à porcentagem de larvas predadas a 25°C, os dados de *O. scabriventris* mostram-se abaixo do registrado na literatura, sendo semelhante apenas ao estudo com *D. isaea* sobre *L.*

trifolii (MINKENBERG, 1989). Por outro lado, a predação de *C. vonones* mostrou-se próxima à observada para *C. parksi* sobre *L. huidobrensis* (CHRISTIE; PARRELLA, 1987). Outros trabalhos relataram porcentagens elevadas de predação, para *N. okazakii* (57%) (TRAN; UENO; TAKAGI, 2007) e *D. begini* (62%) (ALLEN; CHARLTON, 1981).

Os diferentes métodos utilizados nesses diversos trabalhos podem ser a causa das variações nos resultados, como a densidade larval dos hospedeiros oferecidos aos parasitoides (PATEL; SCHUSTER; SMERAGE, 2003) e o tamanho das gaiolas utilizadas no experimento (HEINZ; PARRELLA, 1990). A predação de hospedeiros para alimentação é um comportamento comum em fêmeas de parasitoides, Kidd e Jervis (1989) estimaram que um terço dos parasitoides se alimentam de hospedeiros. Do ponto de vista prático, o comportamento de predação tem seu aspecto positivo para o agente de controle biológico em campo (JERVIS; HAWKINS; KIDD, 1996), porém, se torna um problema para a criação em larga escala do inimigo natural em laboratório (WAAGE et al., 1985). Alguns estudos indicam que a alimentação hospedeira pelos parasitoides garante nutrientes para o desenvolvimento dos ovos em fêmeas (JERVIS; KIDD, 1986). Esta hipótese foi confirmada em pesquisa com o ectoparasitoide *Dinarmus basalis* (Rondani, 1877), em que aminoácidos foram marcados radioativamente e rastreados até sua incorporação ao ovos (RIVERO; CASAS, 1999). Por outro lado, a alimentação de outras fontes, como extratos florais, extra-florais e “honeydew”, garantem energia para uma maior longevidade (JERVIS; KIDD, 1986). No presente estudo foi oferecido apenas mel como fonte de alimento para os adultos, que é composto em sua maior parte de carboidratos e apenas uma pequena porção de proteínas (DONER, 1977). Considerando-se estes fatores, provavelmente as fêmeas de *O. scabriventris* e *C. vonones* buscaram se alimentar dos hospedeiros para obtenção de mais nutrientes protéicos necessários para a maturação dos ovos e garantia de uma maior longevidade.

Seriam necessários estudos para comparar diferentes fontes alimentares aos adultos da criação, que fornecessem tais nutrientes e possibilitassem uma redução da alimentação hospedeira, semelhante ao realizado para outras espécies de parasitoides (HOUSE, 1980; HEIMPEL; ROSENHEIM, 1995). Da mesma forma, conhecer o padrão do comportamento de parasitismo e predação ao longo do dia pode ser importante para

o sistema de criação. Bartlett (1964) constatou que a maior parte do parasitismo de *Microterys flavus* ocorre na primeira parte do dia e a predação na segunda parte.

Para algumas espécies de parasitoides de *Liriomyza* já foi observado que algumas larvas são mortas e rejeitadas, sem serem utilizadas para parasitismo ou alimentação, como observado para *D. intermedius* (PATEL; SCHUSTER; SMERAGE, 2003). Neste caso, os autores sugerem que este comportamento pode funcionar como uma forma de reduzir a densidade larval e consequentemente diminuir as chances de queda da folha que acarretaria na possível morte da prole do parasitoide.

Os resultados biológicos obtidos a 25°C demonstram melhor desempenho da espécie *C. vonones* nesta temperatura. No entanto, também deve-se observar a maior predação desse parasitoide em relação a *O. scabriventris*, o que resulta em maiores custos para sua multiplicação em laboratório. Dessa maneira, deve-se avaliar o custo-benefício em relação à produção e desempenho do parasitoide para a escolha do melhor agente de controle biológico.

O melhor desempenho de parasitismo a 25°C, para ambas as espécies de parasitoides estudadas, indica ser esta a melhor temperatura para a manutenção dos adultos em laboratório. Considerando-se a proporção de larvas parasitadas e predadas por dia para cada parasitoide, podem-se realizar algumas estimativas. Supondo-se uma situação em que se disponibilizem 1.000 larvas de *L. sativae* às duas espécies de parasitoides, considerando-se que todas as larvas serão parasitadas ou predadas, deve-se obter em torno de 684 eulofídeos e 752 braconídeos. Baseando-se nesse total de adultos obtidos de cada espécie, *C. vonones* parasitaria, por dia, 5.233 larvas e *O. scabriventris*, 4.105 larvas. Logo, mesmo produzindo menos adultos, o eulofídeo superaria o braconídeo em 1.128 larvas parasitadas por dia. De acordo com essa estimativa, pode-se concluir que a 25°C a espécie *C. vonones* se apresenta como a melhor opção de agente de controle biológico de *L. sativae*.

4.4.3 Competição de *O. scabriventris* x *C. vonones*

Os melhores resultados observados para *C. vonones* nos testes de competição em relação a *O. scabriventris* provavelmente estão relacionados às diferentes biologias

dos dois parasitoides. A espécie *C. vonones*, como um parasitoide idiobionte, possivelmente conseguiu parasitar as larvas de *L. sativae* previamente parasitadas por *O. scabriventris*. A situação oposta não deve ocorrer, pois *C. vonones* paralisa seu hospedeiro, o que inviabilizaria o desenvolvimento de *O. scabriventris*, um parasitoide cenobionte. Essa hipótese é melhor exemplificada a partir do teste em que se ofereceram 35 larvas de *L. sativae*, e no qual o parasitismo de *C. vonones* isolado foi semelhante àquele em competição, enquanto que o parasitismo do braconídeo foi reduzido pela metade. Mitsunaga e Yano (2004) verificaram que os ectoparasitoides idiobiontes, *D. isaea* e *H. varicornis*, parasitaram, na mesma intensidade, larvas de *L. trifolii*, previamente parasitadas pelo braconídeo cenobionte *D. sibirica*, e aquelas não parasitadas.

A superioridade de *C. vonones* sobre *O. scabriventris* também pode ter sofrido influência no comportamento de alimentação hospedeira. As fêmeas do eulofídeo podem ter predado mais larvas previamente parasitadas pelo braconídeo em relação à situação inversa. Em estudo de competição entre *Eretmocerus eremicus* e *Encarsia sophia* sobre *Bemisia tabaci* foi observada a importância deste comportamento na interação das espécies. Os autores verificaram que ambas as espécies tinham a capacidade de suprimir a progênie da outra em consequência do multiparasitismo; no entanto, para *E. sophia* havia uma complementação com a alimentação hospedeira de ninfas previamente parasitadas por *E. eremicus* (COLLIER; HUNTER, 2001).

Em condições de semi-campo Bader et al. (2006) não conseguiram detectar a existência de competição entre *D. isaea* e *D. sibirica*, em baixa densidade de *L. langei*, em plantio de crisântemo. Os tratamentos envolveram liberações isoladas, alternadas e simultâneas, em que a utilização conjunta das espécies não demonstrou diferença do resultado do controle biológico com uma única espécie.

No presente estudo, a competição afetou o desempenho de *O. scabriventris*. Assim, sugere-se que não seja feita a liberação conjunta das duas espécies de parasitoides. No entanto, estudos em situação de campo são necessários para a validação dos resultados obtidos em laboratório.

4.4.4 Simulação da proporção de parasitoides a serem liberados em relação ao número de larvas de *L. sativae*

O principal objetivo para simular a liberação das espécies de parasitoides, *O. scabriventris* e *C. vonones*, em relação a uma população inicial de *L. sativae*, foi facilitar a comparação do desempenho dos parasitoides estudados. Nas simulações do presente estudo, observou-se que a 30°C, ambas as espécies apresentaram comportamento similar; no entanto, a 25°C a espécie *C. vonones* mostrou-se superior a *O. scabriventris*. A melhor proporção sugerida pela simulação para as duas espécies foi a de 1 parasitoide para 50 larvas de *L. sativae*, em ambas as temperaturas. A diferença é que a 25°C, *C. vonones* conseguiu controlar a população em seis dias, enquanto que *O. scabriventris* registrou um controle de 75% na primeira semana e apenas na segunda geração alcançou-se 100% de controle, na referida simulação.

Considerando-se a proporção ideal de 1:50 para liberação dos parasitoides na cultura do melão, origem de coleta da praga estudada, estima-se a necessidade de 200 adultos/ha em uma situação de baixa infestação (1 larva por planta) e de 4.000 adultos/ha para alta infestação (20 larvas/planta). Possivelmente, o número de parasitoides necessário, estimado, está abaixo do necessário, principalmente considerando-se a área de 1 hectare. Em uma baixa infestação, o tempo de busca pelo hospedeiro será maior e consequentemente a ação do parasitoide será menor do que os dados obtidos em uma situação de confinamento em laboratório. Entretanto, considerando-se a inexistência de trabalhos relacionados à biologia dessas duas espécies de parasitoides na literatura, essas estimativas servem como parâmetros iniciais para futuros estudos em condições de semi-campo e campo.

Os estudos existentes sobre o controle biológico aplicado de *Liriomyza* spp. são em cultivos protegidos, principalmente na cultura de crisântemo (JONES; PARRELLA; HODEL, 1986; PARRELLA; JONES; CHRISTIE, 1987; CHOW; HEINZ, 2006). Em condições de campo, os estudos existentes com controle biológico de moscas-minadoras são direcionados apenas ao controle biológico clássico (JOHNSON; HARA, 1987; NEUENSCHWANDER; MURPHY; COLY, 1987; JOHNSON, 1993) e conservativo (CISNERO; MUJICA, 1999). A quantidade de parasitoides liberados nos estudos

anteriormente citados para cultivos protegidos são relacionados à área ou ao número de plantas, a partir do surgimento da praga. Esses mesmos parâmetros são utilizados por empresas que comercializam *D. isaea* e *D. sibirica*, como a Koppert Biological System (2011) e a Syngenta Bioline Ltd. (2011). A determinação do mínimo de parasitoides a ser liberado, distribuição e frequência das liberações são parâmetros de difícil determinação, fazendo com que a maior parte dos programas se baseiem em dados empíricos, ao invés de cálculos oriundos de estudos de dispersão e capacidade reprodutiva do inimigo natural (LENTEREN; WOETS, 1988). Neste aspecto, a presente simulação é mais real e se baseia em dados biológicos dos dois parasitoides obtidos em laboratório.

Para estimativas mais precisas de liberação, seriam necessários estudos de modelos matemáticos que exigem outras informações, como a taxa de encontro do hospedeiro. Heinz, Nunney e Parrella (1993) reuniram dados de 12 publicações sobre *D. begini* e *L. trifolii* em crisântemo e realizaram um modelo para estimar dados relacionados ao número de parasitoides a serem liberados, o intervalo de liberações e o estágio da cultura para se iniciar o controle. Neste trabalho, os autores demonstraram que o momento de liberação é mais importante do que a intensidade de liberação e que as taxas de liberação necessárias para a supressão da praga não eram linearmente relacionadas com a densidade do hospedeiro. Na validação do modelo em uma área comercial, houve sucesso em cerca de 50% dos casos para prever a sucessão e magnitude da flutuação populacional de *L. trifolii*. Entretanto, foi possível o controle da mosca-minadora com a liberação de *D. begini*. Em outro modelo desenvolvido por Boot et al. (1992), foi estimada a liberação de *D. isaea* para o controle de *L. bryoniae* em tomate, utilizando-se de outras variáveis como o conteúdo de nitrogênio da folha. Com a validação do modelo, das quatro gerações estimadas de *L. bryoniae*, houve simulação próxima a 100% na segunda, enquanto as demais apresentaram resultados variáveis.

Na cultura do melão no nordeste brasileiro, no momento em que surgem as primeiras folhas já se observa a infestação pela mosca-minadora. Por ser uma cultura de alta rentabilidade, alguns produtores cobrem as plantas até o florescimento (em torno de 30 dias), com um tecido que funciona como uma barreira física contra os insetos (GUIMARÃES et al., 2007). Com esse manejo, a infestação inicial por *L. sativae*

ocorre no momento da remoção do tecido, necessária para a polinização pelas abelhas. Desta fase até a colheita são mais 30-35 dias (BRAGA-SOBRINHO et al., 2003), em que a cultura estará exposta à infestação pela mosca-minadora. Através dos resultados, da presente pesquisa, vislumbra-se a possibilidade de utilização do controle biológico desde o início do surgimento da praga, buscando mantê-la em níveis populacionais baixos. Considerando-se infestações muito altas, em que podem-se visualizar mais de 100 larvas por folha de melão, provavelmente a aplicação do controle biológico tornaria o custo muito elevado de acordo com as proporções simuladas. Wardlow (1985) em estudo com o controle biológico da mosca-minadora *Chromatomyia syngenesiae* em crisântemo, destacou que o sucesso do controle depende da liberação dos parasitoides no momento do surgimento das primeiras “minas”, tornando difícil o controle com populações elevadas da praga.

A existência de uma alta diversidade de inimigos naturais de moscas-minadoras é fator importante que pode auxiliar no êxito de programas de controle biológico dessa praga. Considerando-se os parasitoides, mais de 140 espécies já foram registradas associadas a *Liriomyza* (LIU et al., 2009), enquanto Oatman (1959) identificou 19 espécies associadas a *L. pictella* apenas na cultura do melão na Califórnia. Este grande potencial natural é reduzido em grande parte em virtude do manejo tradicional com alta pressão de produtos químicos. O esperado com a inclusão da liberação de parasitoides e uma consequente redução do número de aplicações de inseticidas, é que a comunidade de insetos benéficos irá aos poucos se restabelecer. Dessa forma, com o tempo pode-se inclusive reduzir o número de parasitoides liberados em decorrência da ação dos inimigos naturais presentes na área.

Visando ao êxito do manejo integrado da mosca-minadora, tornam-se também importantes outros estudos essenciais. Entre esses, a determinação do nível de controle da praga, em que deve-se conhecer a área foliar danificada para a redução da produção e da qualidade do melão. Mesmo obtendo-se o êxito do controle biológico de *L. sativae*, estudos sobre seletividade de inseticidas são fundamentais, sabendo-se da necessidade de controle de outras pragas presentes na cultura, como a mosca-branca *Bemisia tabaci* (GUIMARÃES et al., 2007).

4.5 Conclusões

De acordo com os estudos biológicos e de competição de *Opius* (*Gastrosema*) *scabriventris*, Nixon 1955 e *Chrysocharis vonones* (Walker, 1839) sobre *Liriomyza sativae* Blanchard pode-se concluir que:

- a) Os parasitoides *O. scabriventris* e *C. vonones* apresentam maior parasitismo e predação em larvas de 2º e 3º ínstaes de *L. sativae*;
- b) O parasitismo e predação total das duas espécies são superiores a 25°C em relação a 30°C;
- c) O parasitismo e predação diária de *C. vonones* são maiores do que os de *O. scabriventris* a 25°C, não diferenciando-se entre espécies a 30°C;
- d) Os adultos de *O. scabriventris* são mais longevos do que *C. vonones*, com exceção da temperatura de 30°C em que as longevidades das fêmeas são similares;
- e) A 25°C, o comportamento de predação é responsável por 24% e 32% da mortalidade total de larvas de *L. sativae* por *O. scabriventris* e *C. vonones*, respectivamente. A 30°C, 26% da mortalidade total é decorrência da predação em ambas as espécies.
- f) A 25°C, a espécie *C. vonones* supera *P. scabriventris*, ao serem liberadas simultaneamente em condições de laboratório;
- g) Baseando-se nos resultados de competição, sugere-se a liberação das espécies *O. scabriventris* e *C. vonones* isoladamente.
- h) De acordo com a simulação dos dados biológicos dos parasitoides e da mosca-minadora, a proporção de 1 parasitoide para 50 larvas de *L. sativae* é a ideal para liberação para ambas as espécies estudadas.
- i) A 25°C, a espécie *C. vonones* é a mais indicada como agente de controle biológico de *L. sativae*, enquanto a 30°C ambos os parasitoides, *O. scabriventris* e *C. vonones*, demonstram capacidade similar para controle de *L. sativae*.

Referências

ALLEN, W.W.; CHARLTON, C.A. The biology of *Diglyphus begini* and its performance in caged releases on chrysanthemums. In: INSTITUTE OF FOOD AND AGRICULTURE SCIENCES-INDUSTRY CONFERENCE ON BIOLOGICAL CONTROL OF *LIRIOMYZA* LEAFMINERS, 1981, Gainesville. **Proceedings...** Gainesville: University of Florida, 1981. p. 75-81.

AYABE; Y.; UENO, T. Directed search pattern of a leafminer parasitoid among mines of host larvae. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 97, n. 3, p. 586-591, 2004.

BADER, A.E.; HEINZ, K.M.; WHARTON, R.A.; BOGRÁN, C.E. Assessment of interspecific interactions among parasitoids on the outcome of inoculative biological control of leafminers attacking chrysanthemum. **Biological Control**, Orlando, v. 39, n. 3, p. 441-452, 2006.

BARTLETT, B.R. Patterns in the host-feeding habit of adult Hymenoptera. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 57, n.3 p. 344 – 350, 1964.

BIGLER, F.; BABENDREIER, D.; KUHLMANN, U. **Environmental impact of invertebrates for biological control of arthropods: methods and risk assessment**. Cambridge: CABi Publishing, 2006. 299 p.

BJORKSTEN, T.A.; ROBINSON, M. Juvenile and sublethal effects of selected pesticides on the leafminer parasitoids *Hemiptarsenus varicornis* and *Diglyphus isaea* (Hymenoptera: Eulophidae) from Australia. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 98, n. 6, p. 1831-1838, 2005.

BOOT, W.J.; MINKENBERG, R.; RABBINGE, R.; MOED, G.H. Biological control of the leafminer *Liriomyza bryoniae* by seasonal inoculative releases of *Diglyphus isaea*: simulation of a parasitoid-host system. **Netherlands Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 98, n. 3, p. 203-212, 1992.

BRAGA-SOBRINHO, R.; GUIMARÃES, J.A.; MESQUITA, A.L.M.; CHAGAS, M.C.M.; FERNANDES, O.A.; FREITAS, J.A.D. **Monitoramento de pragas na produção integrada do meloeiro**. Fortaleza: EMBRAPA Agroindústria Tropical, 2003. 25 p.

CHEAH, C.A.; COAKER, T.H. Host finding and discrimination in *Diglyphus isaea* a parasitoid of the chrysanthemum leaf miner *Chromatomyia syngenesiae*. **Biocontrol Science and Technology**, Oxford, v. 2, n. 2, p. 109-118, 1992.

CHIEN, C.C.; KU, S.C. Instar preference of five species of parasitoids of *Liriomyza trifolii* (Hymenoptera: Eulophidae, Braconidae). **Formosan Entomologist**, Taipei, v. 21, n. 2, p. 89-97, 2001.

CHOW, A.; HEINZ, K.M. Control of *Liriomyza langei* on chrysanthemum by *Diglyphus isaea* produced with a standard or modified parasitoid rearing technique. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 130, n. 2, p. 113-121, 2006.

CHRISTIE, G.D.; PARRELLA, M.P. Biological studies with *Chrysocharis parksi* [Hym.: Eulophidae] a parasite of *Liriomyza* spp. [Dipt.: Agromyzidae]. **Entomophaga**, Paris, v. 32, n. 2, p. 115-126, 1987.

CISNERO, F.; MUJICA, N. The leafminer fly in potato: plant reaction and natural enemies as natural mortality factors. In: INTERNATIONAL POTATO CENTER. **Program report 1997-98**. Lima: CIP; 1999. p. 130-140.

COLLIER, T.R.; HUNTER, M.S. Lethal interference competition in the whitefly parasitoids *Eretmocerus eremicus* and *Encarsia sophia*. **Oecologia**, Berlin, v. 129, n. 1, p. 147-154, 2001.

COSTA-LIMA, T.C.; GEREMIAS, L.D.; PARRA, J.R.P. Efeito da temperatura e umidade relativa do ar no desenvolvimento de *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) em *Vigna unguiculata*. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 38, n. 6, p. 727-733, 2009.

_____. Reproductive activity and survivorship of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) at different temperatures and relative humidity levels. **Environmental Entomology**, College Park, v. 39, n. 1, p. 195-201, 2010.

DONER, L.W. The sugars of honey: a review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 28, n. 5, p. 443-456, 1977.

- FELLOWES, M.D.E.; ALPHEN, J.J.M. van; JERVIS, M.A. Foraging behaviour. In: JERVIS, M. A. **Insects as natural enemies**: a practical perspective. Dordrecht: Springer, 2005. chap. 1, p. 1-71.
- FERGUSON, J.S. Development and stability of insecticide resistance in the leafminer *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) to Cyromazine, Abamectin, and Spinosad. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 97, n. 1, p. 112-119, 2004.
- FINIDORI-LOGLI, V.; BAGNERES, A.G.; CLEMENT, J.L. Role of plant volatiles in the search for a host by parasitoid *Diglyphus isaea* (Hymenoptera: Eulophidae). **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 22, n. 3, p. 541-558, 1996.
- GUIMARÃES, J.A.; BRAGA-SOBRINHO, R.; AZEVEDO, F.R.; ARAUJO, E.L.; TERAÓ, D.; MESQUITA, A.L.M. Manejo integrado de pragas do meloeiro. In: BRAGA-SOBRINHO, R.; GUIMARÃES, J.A.; FREITAS, J.A.D.; TERAÓ, D. **Produção integrada de melão**. Fortaleza: EMBRAPA Agroindústria Tropical, 2007. p. 183-199.
- HARVEY, J.A.; KADASH, K.; STRAND, M.R. Differences in larval feeding behavior correlate with altered developmental strategies in two parasitic wasps: implications for the size-fitness hypothesis. **Oikos**, Copenhagen, v. 88, n. 3, p. 621-629, 2000.
- HEIMPEL, G.E.; ROSENHEIM, J.A.; KATTARI, D. Adult feeding and lifetime reproductive success in the parasitoid *Aphytis melinus*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 83, n. 3, p. 305-315, 1997.
- HEINZ, K.M.; PARRELA, M.P. Attack behavior and host size selection by *Diglyphus begini* on *Liriomyza trifolii* in chrysanthemum. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 53, n. 2, p. 147-156, 1989.
- _____. Holartic distribution of the leafminer parasitoid *Diglyphus begini* (Hymenoptera: Eulophidae) and notes on its life history attacking *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) in chrysanthemum. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 83, n. 5, p. 916-924, 1990.
- HEINZ, K.M.; NUNNEY, L.; PARRELLA, M.P. Toward predictable biological control of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) infesting greenhouse cut chrysanthemums. **Environmental Entomology**, College Park, v. 22, n. 6, p. 1217-1233, 1993.

HENDRICKSON, R.M. Jr.; BARTH, S.E. Notes on the biology of *Diglyphus intermedius* (Hymenoptera: Eulophidae), a parasite of the alfalfa blotch leafminer, *Agromyza frontella* (Diptera: Agromyzidae). **Proceedings of the Entomological Society of Washington**, Washington, v. 80, n. 2, p. 210-215, 1978.

HENDRIKSE, A.; ZUCCHI, R.; LENTEREN, J.C. van; WOETS, J. *Dacnusa sibirica* Telenga and *Opius pallipes* Wesmael (Hym.: Braconidae) in the control of the tomato leafminer *Liriomyza bryoniae* Kalt. **IOBC/WPRS Bulletin**, Amsterdam, v. 3, n. 3, p. 83-98, 1980.

HONDO, T.; KOIKE, A.; SUGIMOTO, T. Comparison of thermal tolerance of seven native species of parasitoids (Hymenoptera: Eulophidae) as biological control agents against *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) in Japan. **Applied Entomology and Zoology**, Tokyo, v. 41, n. 1, p. 73-82, 2006.

HOSSAIN, M.B.; POEHLING, H.M. Non-target effects of three biorationale insecticides on two endolarval parasitoids of *Liriomyza sativae* (Dipt., Agromyzidae). **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 130, n. 6-7, p. 360-367, 2006.

HOUSE, H.L. Artificial diets for the adult parasitoid *Itoplectis conquisitor* (Hymenoptera: Ichneumonidae). **Canadian Entomologist**, Ottawa, v. 112, n. 3, p. 315-320, 1980.

JERVIS, M.A.; KIDD, N.A.C. Host-feeding strategies in hymenopteran parasitoids. **Biological Reviews**, Cambridge, v. 61, n. 4, p. 395-434, 1986.

JERVIS, M.A.; HAWKINS, B.A.; KIDD, N.A.C. The usefulness of destructive host feeding parasitoids in classical biological control: theory and observation conflict. **Ecological Entomology**, London, v. 21, n. 1, p. 41-46, 1996.

JOHNSON, M.W. Biological control of *Liriomyza* leafminers in the Pacific Basin. **Micronesica Supplement**, Mangilao, v. 4, p. 81-92, 1993. Suplemento. Apresentado no INTERNATIONAL CONGRESS OF ENTOMOLOGY, 19., 1992, Beijing.

JOHNSON, M.W.; HARA, A.H. Influence of host crop on parasitoids (Hymenoptera) of *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae). **Environmental Entomology**, College Park, v. 16, n. 2, p. 339-344, 1987.

JONES, V.P.; PARRELLA, M.P.; HODEL, D.R. Biological control of leafminers in greenhouse chrysanthemums. **California Agriculture**, Berkeley, v. 40, p. 10-12, 1986.

KIDD, N.A.C.; JERVIS, M.A. The effects of host-feeding behaviour on the dynamics of parasitoid-host interactions, and the implications for biological control. **Researches on Population Ecology**, Tokyo, v. 31, n. 2, p. 235-274, 1989.

_____. Host-feeding and oviposition strategies of parasitoids in relation to host stage, **Researches on Population Ecology**, Tokyo, v. 33, n. 1, p. 13-28, 1991.

KOPPERT BIOLOGICAL SYSTEM. **Leaf miners**. Disponível em:
<<http://www.koppert.com/pests/leaf-miner/detail/leaf-miners/>> Acesso em: 02 abr. 2011.

LEMA, K.M.; POE, S.L. Age specific mortality of *Liriomyza sativae* due to *Chrysonotomyia formosa* and parasitization by *Opius dimidiatus* and *Chrysonotomyia formosa*. **Environmental Entomology**, College Park, v. 8, n. 5, p. 935-937, 1979.

LENTEREN, J.C. van; WOETS, J. Biological and integrated pest control in greenhouses. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 33, p. 329-369, 1988.

LIU, T.X.; KANG, L.; HEINZ, K.M.; TRUMBLE, J. Biological control of *Liriomyza* leafminers: progress and perspective. **CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources**, Wallingford, v. 4, n. 4, p. 1-16, 2009.

LOW, C. Grouping increases visual detection risk by specialist parasitoids. **Behavioral Ecology**, Cary, v. 19, n. 3, p. 532-538, 2008.

MINKENBERG, O.P.J.M. Temperature effects on the life history of the eulophid wasp *Diglyphus isaea*, an ectoparasitoid of the leafminers (*Liriomyza* spp.), on tomatoes. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 115, n. 3, p. 381-397, 1989.

MINKENBERG, O.P.J.M.; LENTEREN, J.C. van. The leafminer *Liriomyza bryoniae* and *L. trifolii* (Diptera: Agromyzidae), their parasites and host plants: a review. **Agriculture University Wageningen Papers**, Wageningen, v.86-2, p. 1-50, 1986.

MITSUNAGA, T.; YANO, E. The effect of multiple parasitism by an endoparasitoid on several life history traits of leafminer ectoparasitoids. **Applied Entomology and Zoology**, Tokyo, v. 39, n. 2, p. 315–320, 2004.

MURPHY, S.T.; LASALLE, J. Review article: balancing biological control strategies in the IPM of new world invasive *Liriomyza* leafminers in field vegetable crops. **Biocontrol News and Information**, Wallingford, v. 20, n. 3, p. 91-104, 1999.

NEUENSCHWANDER, P.; MURPHY, S.T.; COLY, E.V. Introduction of exotic parasitic wasps for the control of *Liriomyza trifolii* (Dipt., Agromyzidae) in Senegal. **Tropical Pest Management**, Basingstoke, v. 33, n. 4, p. 290-297, 1987.

NOYES, J. **Universal Chalcidoidea Database**. Disponível em: <<http://www.nhm.ac.uk/jdsml/research-curation/research/projects/chalcidoids/>>. Acesso em: 11 fev. 2011.

OATMAN, E.R. Natural control studies of the melon leaf miner, *Liriomyza pictella* (Thomson). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 52, n. 5, p. 894-898, 1959.

OZAWA, A.; KOBAYASHI, H.; AMANO, T.; IKARI, T.; SAITO, T. Evaluation of imported parasitic wasps as biological control agents of the legume leaf miner, *Liriomyza trifolii* Burgess, in Japan. II. A field test on cherry tomatoes in a plastic greenhouse, in Shizuoka Prefecture. **Proceedings of the Kanto-Tosan Plant Protection Society**, Tokyo, v. 40, p. 239-241, 1993.

PARRA, J.R.P.; PANIZZU, A.R.; HADDAD, M.L. Índices nutricionais para medir consumo e utilização de alimentos por insetos. In: PANIZZU, A.R.; PARRA J.R.P. **Bioecologia e nutrição de insetos**: base para o manejo integrado de pragas. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. cap. 2, p. 37-90.

PARRELLA, M.P.; KEIL, C.B. Insect pest management: the lesson of *Liriomyza*. **Bulletin of the Entomological Society of America**, Washington, v.30, n. 2, p. 22-25, 1984.

PARRELLA, M.P.; JONES, V.P.; CHRISTIE, G.D. Feasibility of parasites for biological control of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) on commercially grown chrysanthemum. **Environmental Entomology**, College Park, v. 16, n. 3, p. 832-837, 1987.

PATEL, K.J.; SCHUSTER, D.J.; SMERAGE, G.H. Density dependent parasitism and host-killing of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) by *Diglyphus intermedius* (Hymenoptera: Eulophidae). **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 86, n. 1, p. 8-14, 2003.

PETIT, F.L.; WIETLISBACH, D.O. Effects of host instar and size on parasitization efficiency and life history parameters of *Opius dissitus*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 66, p. 227-236, 1993.

R DEVELOPMENT CORE TEAM R. **R version 2.12.0**. Vienna, 2010. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 08 jun. 2010.

RIVERO, A.; CASAS, J. Rate of nutrient allocation to egg production in a parasitic wasp. **Proceedings of the Royal Society of London B**, London, v. 266, n. 1424, p. 1169-1174, 1999.

RIVERO, A.; GIRON, D.; CASAS, J. Lifetime allocation of juvenile and adult nutritional resources to egg production in a holometabolous insect. **Proceedings of the Royal Society of London B**, London, v. 268, 1473, p. 1231-1237, 2001.

SALVO, A.; VALLADARES, G. An analysis of leaf-miner and plant host ranges of three *Chrysocharis* species (Hym.: Eulophidae) from Argentina. **Entomophaga**, Paris, v. 42, n. 3, p. 417-426, 1997.

_____. Taxonomic composition of hymenopteran parasitoid assemblages from agromyzid leaf-miners sampled in central Argentina. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, Lisse, v. 33, n. 2, p. 116-123, 1998.

SYNGENTA BIOLINE. **Digline**. Disponível em: < <http://www.syngenta-bioline.co.uk/productdocs/html/Digline1.htm> >. Acesso em: 02 abr. 2011.

TRAN, D.H.; UENO, T.; TAKAGI, M. Comparison of the suitability of *Liriomyza chinensis* and *L. trifolii* (Diptera: Agromyzidae) as hosts for *Neochrysocharis okazakii* (Hymenoptera: Eulophidae). **Biological Control**, Orlando, v. 41, n. 3, p. 354-360, 2007.

WAAGE, J.K.; CARL, K.P.; MILLS, N.J.; GREATHEAD, D.J. Rearing entomophagous insects. In: SINGH, P.; MOORE, R.F. (Ed.). **Handbook of insect rearing**. Amsterdam: Elsevier, 1985. v. 1, p. 45-66.

WARDLOW, L.R. Control of leaf-miners on chrysanthemums and tomatoes by parasites. In: HUSSEY, N.W.; SCOPES, N. (Ed.). **Biological pest control, the glasshouse experience**. Ithaca: Cornell University Press, 1985. chap. 2, p. 129-133.

WEI, J.N.; KANG L. Electrophysiological and behavioral response of a parasitoid to plant volatiles induced by two leafminer species. **Chemical Senses**, London, v. 31, n. 5, p. 467-477, 2006.

ZHAO Y.X.; KANG, L. The role of plant odours in the leafminer *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) and its parasitoid *Diglyphus isaea* (Hymenoptera: Eulophidae): orientation towards the host habitat. **European Journal of Entomology**, Branisovska, v. 99, n. 4, p. 445-450, 2002.

5 SISTEMA DE CRIAÇÃO DA MOSCA-MINADORA *Liriomyza sativae* BLANCHARD, 1938 (DIPTERA: AGROMYZIDAE), COMO BASE PARA A MULTIPLICAÇÃO DE PARASITOIDES

Resumo

O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma técnica de criação de *Liriomyza sativae* para a produção de parasitoides desta praga. A eficiência do sistema proposto e a qualidade dos insetos produzidos foram avaliados. Plantas de feijão-caupi foram utilizadas como hospedeiro para a mosca-minadora, e permaneceram por 1 dia nas gaiolas (52 x 80cm de base e 63cm de altura) para obtenção de posturas. Solução de mel a 10% foi fornecida como fonte de alimento para os adultos. Após a infestação, as plantas foram levadas para a casa de vegetação, onde ocorreu o desenvolvimento dos estágios de ovo e larva de *L. sativae*. Quando as larvas se encontravam em instares avançados, as folhas foram cortadas e mantidas em câmaras de pupação, dispostas em estantes metálicas de 1,90m de altura e 30cm de largura. As folhas infestadas foram penduradas em arames, fixados sob uma prateleira, dispostos no sentido ântero-posterior da estante. Abaixo destas folhas foram posicionadas duas calhas de PVC com 25cm de diâmetro e com 25° de inclinação e direcionadas para um recipiente plástico de 12cm de diâmetro e 8cm de altura, que coletava as pré-pupas saídas das folhas. Em uma quarta prateleira da estante se colocavam os recipientes com as pupas, fechados com tampa de “voile”. Ao emergir os primeiros adultos, o recipiente era colocado na gaiola. As estantes foram mantidas em sala de 2,5 x 3,5m com UR entre 70-90% mantida com um umidificador, para retardar a perda de água pelas folhas. Demonstrando a eficiência da criação, a viabilidade larval e o número de pupas retidas por folha não diferiram nas folhas destacadas e colocadas na câmara de pupação em relação às folhas que permaneceram nas plantas. Ao avaliar o sistema de coleta das pupas, apenas $1,4 \pm 0,5\%$ das pupas se fixaram nas calhas de PVC. No estudo com três diferentes recipientes (transparente, transparente com uma camada de vermiculita e escurecido) para coleta de pupas na câmara de pupação, o recipiente transparente com vermiculita foi o único que reteve 100% das pupas. Ao comparar a razão sexual, viabilidade e peso da fase de pupa no início da instalação da criação de *L. sativae* e após 1,5 ano, não se verificou diferença entre tais parâmetros biológicos. Em média, cada gaiola manteve em torno de 2000 adultos, gerando uma produção aproximada de 10.920 larvas por dia. A capacidade de suporte de uma estante foi de 69.300 pupas a cada 3 dias ou 23.100 pupas, por dia. Levando-se em consideração os dados de mortalidade larval e pupal e de pupas retidas nas folhas, se obtém o número de 18.395 indivíduos por dia. O sistema de criação de *L. sativae* é eficiente e possui características para sua aplicação em escala comercial, com a utilização de materiais de baixo custo, por ocupar espaço reduzido e por otimizar o tempo gasto com a redução de etapas do processo de criação. Esta técnica de criação da mosca-minadora funciona como base para a multiplicação de parasitoides para aplicação em programas de controle biológico.

Palavras-chave: Controle biológico; Inseto minador; Biologia; Criação de inimigos naturais

Abstract

The aim of this study was to develop a rearing technique for the leafminer, *Liriomyza sativae* Blanchard, 1938, for the purpose of producing parasitoids of this pest. The efficiency of the proposed system and the quality of the insects produced were evaluated. Cowpea plants were used as host for the leafminer, and remained for 1 day in the rearing cages (52 x 80 cm base and 63 cm high) to obtain eggs. A honey solution (10%) was offered as food source for the adults. After the infestation, the plants were brought to the greenhouse, where the eggs and larvae of *L. sativae* developed. When the larvae reached advanced instar stages, the leaves were cut and maintained in pupation chambers, on a metal stand 1.90 m high and 30 cm wide. The infested leaves were held in wire, situated below the shelves, in an anterior-posterior direction. Below these leaves was positioned a gutter channel with a diameter of 25 cm and a slope of 25°, directed to a plastic container 12 cm in diameter and 8 cm high, which collected the pre-pupae that came out of the leaves. The containers with pupae, covered with mesh, were placed on a fourth shelf of the stand. When the first adults emerged, the container was placed in the rearing cage. The stands were maintained in a 2.5 x 3.5 m room with relative humidity of 70-90% with the support of a humidifier, to retard water loss from the leaves. Demonstrating the efficiency of the rearing technique, the larval survival and the number of pupae retained per leaf did not differ in the detached leaves that were positioned in the pupal chamber compared to the leaves that remained on the plants. Evaluating the pupal collecting system, only $1.4 \pm 0.5\%$ of the pupae were attached to the gutter channel. In the study with three different containers (transparent, transparent with one layer of vermiculite, and darkened) for the collection of *L. sativae* pupae in the chamber, only the transparent container with vermiculite retained 100% of the pupae. Comparing the sex ratio, survivorship and weight of the pupal stage in the beginning of the rearing of *L. sativae* and after 1.5 year, no difference was observed in these biological parameters. On average, each rearing cage contained around 2,000 adults, which produced approximately 10,920 larvae per day. The support capacity of a stand was 69,300 pupae every three days, or 23,100 pupae per day. Considering the data for larval and pupal mortality and pupae retained on the leaves, results in an estimate of 18,395 individuals per day. The *L. sativae* rearing system is efficient and has appropriate characteristics for use on a commercial scale: it uses low-cost materials, requires a small amount of space, and optimizes the time spent with the reduction of stages in the rearing process. This technique for rearing the leafminer can function as the basis for mass rearing of parasitoids for application in biological control programs.

Keywords: Biological control; Leafminer; Biology; Rearing of natural enemies

5.1 Introdução

Sistemas eficientes de produção de artrópodes são essenciais para que o controle biológico aplicado se torne mais aceito como um componente do manejo de pragas (NORDLUND; GREENBERG, 1994). Mesmo com o advento de dietas artificiais para criação de uma grande diversidade de insetos (PARRA, 2009), ainda hoje a maioria dos inimigos naturais comercializados no mundo são multiplicados sobre a praga criada na sua planta hospedeira (LENTEREN, 2000). Isso pode ser constatado para importantes artrópodes-pragas como moscas-minadoras (HENDRIKSE, 1980), pulgões (MACKAUER; BISDEE, 1965), moscas-brancas (SCOPES, 1969) e ácaros (FOURNIER; MILLOT; PRALAVORIO, 1985). Dessa forma, o primeiro passo para se desenvolver uma criação massal de inimigos naturais dessas pragas é idealizar um sistema de multiplicação eficiente desses insetos com as suas plantas hospedeiras.

As moscas-minadoras do gênero *Liriomyza* são pragas importantes de uma grande diversidade de culturas, com destaque para três espécies com distribuição mundial, *L. trifolii* (Burgess, 1880), *L. sativae* Blanchard, 1938 e *L. huidobrensis* (Blanchard, 1926) (MURPHY; LASALLE, 1999). Em virtude da seleção de populações resistentes a inseticidas ser comum em moscas-minadoras, cresce o interesse pela utilização do controle biológico (PARRELA; HANSEN; LENTEREN, 1999). Desde a década de 80 são comercializados parasitoides de *Liriomyza* [*Diglyphus isaea* (Walker, 1838), *Dacnusa sibirica* Telenga, 1935 e *Opius pallipes* Wesmael, 1835] principalmente na Europa e América do Norte direcionados, em grande parte, para cultivos protegidos (EPPO, 2010; WHITE; JOHNSON, 2010). Mesmo com trabalhos sobre criação de parasitoides de *Liriomyza* (HENDRIKSE, 1980; PARRELLA et al., 1989; SALEH; ALLAWI; GHABEISH, 2010) as empresas não fornecem informações sobre as técnicas de criação utilizadas (LENTEREN; WOETS, 1988). O aprimoramento do sistema de criação de moscas-minadoras também aumenta sua importância a partir dos estudos sobre a técnica do inseto estéril (TIE) com *L. trifolii* (KASPI; PARRELA, 2003, 2006).

No Brasil ainda não há empresas que comercializem agentes de controle biológico para a mosca-minadora, mas o presente grupo de pesquisa possui estudos em andamento com os parasitoides *Opius (Gastrosema) scabriventris* Nixon, 1955 e

Chrysocharis vonones (Walker, 1839) (Ítems 3 e 4 desta tese). Por outro lado, produtores já manifestam interesse por essa opção de manejo, principalmente em culturas como a do melão, alface, batata, tomate e plantas ornamentais. Nesse sentido, este trabalho busca propor um sistema de criação para a mosca-minadora, *L. sativae*, como base para a multiplicação de parasitoides desta espécie, com a finalidade de aplicação em programas de controle biológico e/ou manejo da praga.

5.2 Material e métodos

5.2.1 Planta hospedeira

As plantas de feijão-caupi, *Vigna unguiculata* (L.) Walp., cultivar BRS Amapá, foram utilizadas como hospedeiro para a manutenção da mosca-minadora *Liriomyza sativae* Blanchard, 1938. Esta escolha se deveu ao fato desta espécie ser um hospedeiro natural de *L. sativae* no nordeste brasileiro e apresentar uma maior facilidade de cultivo, se comparada a outros hospedeiros como o melão (*Cucumis melo* L.).

A criação foi instalada na cidade de Natal (RN), cidade com temperatura anual média de 24,4°C e UR de 79,3% (RAMOS; SANTOS; FORTES, 2009). Três sementes de feijão-caupi foram plantadas diretamente em vasos quadrados de 19 cm de lado e 19 cm de altura, em substrato com mistura de solo, areia e matéria orgânica. As plantas foram mantidas em casa-de-vegetação com irrigação por aspersão e eram encaminhadas para criação quando possuíam, no mínimo, três folhas trifoliadas expandidas. Após os cortes das folhas infestadas pela mosca-minadora, as plantas retornavam à casa-de-vegetação para serem reutilizadas. Um total de 50 plantas foram marcadas e acompanhadas para definição da quantidade de vezes que foram aproveitadas na criação.

5.2.2 Manutenção dos estágios imaturos e adultos de *L. sativae*

A população inicial da mosca-minadora *L. sativae* foi obtida no estágio larval em folhas de melão (*C. melo*) em Mossoró, Rio Grande do Norte. Os adultos foram mantidos em gaiolas de 52 x 80 cm de base e 63 cm de altura, com as faces laterais e superior com tela de náilon de malha fina e duas portas frontais de acrílico. Casais de insetos, em números variáveis, foram colocados no interior das referidas gaiolas, para as fêmeas ovipositarem em plantas de feijão-caupi, durante 1 dia. Os adultos foram alimentados com solução de mel a 10%, fornecido por capilaridade, por meio de rolo dental colocado em recipientes circulares de plástico. Lâmpadas fluorescentes foram instaladas direcionadas para a face posterior da gaiola; estas lâmpadas eram acionadas todas as vezes em que ocorria a troca das plantas, atraindo os adultos das moscas para a área posterior da gaiola e reduzindo a fuga de insetos. As gaiolas foram mantidas na sala de manutenção adultos de *Liriomyza* com temperatura de $25 \pm 3^\circ\text{C}$, UR de $70 \pm 20\%$ e fotofase de 12h.

As plantas, contendo os ovos, eram levadas para a casa de vegetação, onde ocorria o desenvolvimento dos estágios de ovo e larva. Quando as larvas se encontravam no 2° e 3° instares, as folhas eram cortadas e levadas ao laboratório. Estas eram mantidas em câmaras de pupação, dispostas em estantes metálicas de 1,90 m de altura e 30 cm de largura. Cada estante comportava três câmaras de pupação. As folhas infestadas eram penduradas em arames, em um total de 11, dispostos no sentido ântero-posterior da estante, fixados sob uma prateleira. Abaixo desta, eram posicionadas duas calhas de PVC com 25cm de diâmetro e com 25° de inclinação direcionadas para um recipiente plástico de 12 cm de diâmetro e 8 cm de altura, que coletava as pré-pupas saídas das folhas. As estantes foram mantidas na sala de desenvolvimento larval e pupal de *Liriomyza* de $8,75 \text{ m}^2$ com umidade entre 70-90% mantida com um umidificador, para retardar a perda de água pelas folhas de feijão. Em uma quarta prateleira da estante se colocaram os recipientes com as pupas, fechados com tampa de “voile”. Ao emergirem os primeiros adultos, o recipiente era colocado na gaiola (Figura 5.1).

Figura 5.1 - Esquema de produção da mosca-minadora, *L. sativae*. (A) Gaiola para infestação das plantas (1 dia; 25°C); (B) Desenvolvimento dos estágios de ovo e larva (6-7 dias; 25°C); (C) Corte das folhas com larvas de 3º ínstar; (D) Plantas com folhas cortadas retornam à casa-de-vegetação para serem reaproveitadas; (E) Folhas contendo larvas encaminhadas para as câmaras de pupação; (F) Câmara de pupação composta por estante metálica (1), calhas de PVC (2), arame para suporte de folhas (3) e umidificador (4)

5.2.3 Avaliação da eficiência do sistema de criação de *L. sativae*

Com o objetivo de avaliar a eficiência da câmara de pupação proposta, avaliou-se a viabilidade larval, o número médio de pupas retidas por folha, fixadas nas calhas e nos recipientes coletores. Foram mantidas 100 folhas, retiradas da criação, na câmara de pupação e outras 100 não foram destacadas, permanecendo na planta, com larvas de 2° e 3° ínstaes de *L. sativae*. Folhas com mais de 35 larvas por folha não foram utilizadas no experimento para evitar o efeito da competição. Os dois tratamentos permaneceram na sala de desenvolvimento larval e pupal de *Liriomyza* ($27 \pm 3^{\circ}\text{C}$, UR de $80 \pm 10\%$ e fotofase de 12h). Foi contabilizado o número de larvas mortas e pupas de *L. sativae* retidas em cada folha.

Três tipos de recipientes coletores plásticos com 12cm de diâmetro e 8cm de altura foram avaliados: transparente; transparente com uma camada de vermiculita e escurecido (envolvido com papel preto). Paralelamente, contabilizou-se o número de pupas retidas nas calhas. Uma repetição foi representada por 30 folhas com larvas de *L. sativae* fixadas acima de uma calha de PVC com angulação de 25° , direcionada a um recipiente coletor específico. Cada tratamento foi composto de 15 repetições instaladas na sala de desenvolvimento larval e pupal de *Liriomyza* nas condições descritas anteriormente.

Os resultados dos diferentes recipientes coletores foram analisadas por meio de um modelo de regressão logística, ou seja, um modelo linear generalizado (MLG), especialmente criado para modelagem de dados com distribuição de Poisson, usando-se uma função de ligação Log. Testes comparativos com os diferentes tratamentos foram realizados a um nível de significância de 5%, mantido utilizando-se o procedimento de Bonferroni.

Para estimar a capacidade de produção de *L. sativae* do sistema proposto adotaram-se os seguintes procedimentos: foi determinado o número médio de folhas permanentes (maiores que 8 cm de largura) de feijão-caupi por vaso ($n = 400$) (ver item 5.2.1) com 30 dias após o plantio. O número médio de larvas de *L. sativae* por folha também foi calculado, baseando-se na análise de 500 folhas da criação com microscópio-estereoscópico (aumento de 40x). Com essa informação juntamente com

os dados de Costa-Lima, Geremias e Parra (2010), foi possível estimar a quantidade de adultos de *L. sativae* e o número de vasos de plantas por gaiola para se produzir um número determinado de moscas-minadoras. Para as câmaras de pupação, determinou-se a quantidade de folhas suportada e foi feita uma estimativa do número de pupas de mosca-minadora capazes de serem coletadas por estante a partir da média de larvas por folha, viabilidade larval e número de pupas retidas por folha.

5.2.4 Avaliação da qualidade do sistema de criação de *L. sativae*

A manutenção da qualidade da criação dos insetos foi avaliada utilizando-se três parâmetros: razão sexual, peso e viabilidade do estágio de pupa. Para tal fim, no início da criação em laboratório, foram separados 40 conjuntos (repetições), cada um com 50 pupas recém formadas, pesando-se cada conjunto em uma balança analítica modelo UMark 250A. Após a pesagem, uma amostra de 300 pupas foi isolada em tubos de ensaio de 1,2 cm de diâmetro e 7,2 cm de altura, cobertos com tecido “voile” para permitir a troca de ar e mantidos na estante da sala de criação citada anteriormente ($27 \pm 3^{\circ}\text{C}$, UR de $80 \pm 10\%$ e fotofase de 12h). Com a emergência dos adultos procedeu-se à avaliação da viabilidade pupal e separação por sexos. Após 1 ano e meio, realizou-se o mesmo procedimento com os insetos da criação.

A razão sexual foi calculada pela fórmula: $\text{n}^{\circ} \text{fêmeas} / \text{n}^{\circ} \text{fêmeas} + \text{n}^{\circ} \text{de machos}$ (PARRA; PANIZZI; HADDAD, 2009).

Os dados de viabilidade pupal e razão sexual foram analisadas por meio de um modelo linear generalizado (MLG), especialmente criado para modelagem de dados, com distribuição binomial, usando-se uma função de ligação logit. Realizou-se a análise de variância para os dados de peso das pupas de *L. sativae*, considerando-se um nível de significância de 5%.

5.3 Resultados

5.3.1 Eficiência e qualidade do sistema de criação de *Liriomyza sativae* Blanchard, 1938

Na avaliação do sistema de criação proposto para *L. sativae* a viabilidade larval observada nas folhas fixadas na câmara de pupação foi de $88,1 \pm 3,1\%$, não diferindo do valor de $90,1 \pm 3,9\%$ ($X^2 = 3,84$; gl = 1; $P = 0,7$) para as folhas que permaneceram nas plantas (Figura 2.2). O número de pupas retidas por folha também não diferiu entre as folhas destacadas na câmara de pupação das que permaneceram nas plantas de feijão-caupi, com valores, respectivamente, de $0,6 \pm 0,10$ e $0,3 \pm 0,11$ pupa/folha ($F = 1,84$; gl = 1; $P = 0,1789$). Ao avaliar o sistema de coleta das pupas, apenas $1,4 \pm 0,5\%$ das pupas se fixaram nas calhas de PVC.

Figura 5.2 - Viabilidade larval de *L. sativae* em folhas de feijão-caupi destacadas inseridas na câmara de pupação e em folhas não destacadas ($27 \pm 3^\circ\text{C}$, UR de $80 \pm 10\%$ e fotofase de 12h). Não houve diferença estatística entre os dois tratamentos ao nível de 5% de significância (regressão logística)

No estudo com três diferentes recipientes para coleta de pupas de *L. sativae* na câmara de pupação, o recipiente transparente com vermiculita foi o único que reteve 100% das pupas. Nos outros dois tratamentos, houve saída de pré-pupas do coletor, restando $91,2 \pm 1,1\%$ das pupas no recipiente escurecido e $75,1 \pm 1,7\%$ no recipiente transparente sem vermiculita (Figura 5.3).

Figura 5.3 – Porcentagem de pupas de *L. sativae* retidas por três tipos de recipientes plásticos coletores: transparente sem vermiculita; transparente com vermiculita e escurecido ($27 \pm 3^\circ\text{C}$, UR de $80 \pm 10\%$ e fotofase de 12h). Mesmas letras representam que não houve diferença estatística a $P < 0,05$ (Regressão logística)

Ao comparar alguns parâmetros no início da instalação da criação de *L. sativae* e após um ano e meio, não se verificou diferença. Os valores iniciais e finais para razão sexual ($X^2 = 3,84$; gl = 1; $P = 0,7206$), peso de 50 pupas ($F = 1,53$; gl = 1; $P = 0,2197$) e viabilidade pupal ($X^2 = 3,84$; gl = 1; $P = 0,7607$) de *L. sativae* foram respectivamente: $0,55 \pm 0,05$ e $0,52 \pm 0,07$; $31,7 \pm 0,05$ mg e $30,9 \pm 0,06$ mg; $91,5 \pm 4,2\%$ e $92,9 \pm 3,9\%$ (Tabela 5.1).

Tabela 5.1 - Razão sexual, peso de 50 pupas e viabilidade pupal de *L. sativae* ao se iniciar a criação em laboratório e após 1,5 ano¹

Período	Razão sexual ¹	Peso (50 pupas) ²	Viabilidade pupal ¹
Inicial	0,55 ± 0,05	31,7 ± 0,05 mg	91,5 ± 4,2%
Após 1,5 ano	0,52 ± 0,07	30,9 ± 0,06 mg	92,9 ± 3,9%

¹Não houve diferença estatística a $P < 0,05$ (Regressão logística).

²Não houve diferença estatística a $P < 0,05$ (ANOVA)

Em média, cada planta de feijão-caupi utilizada na criação foi reutilizada $2,4 \pm 0,19$ vezes. Cada vaso que recebia 3 sementes de feijão apresentou $35 \pm 5,81$ folhas com largura maior que 8 cm. Uma gaiola possuía a capacidade máxima de 8 vasos, portanto, em torno de 280 folhas no total. O número de larvas por folha foi, em média, de $35 \pm 2,51$. Considerando-se os dados de fecundidade de *L. sativae* em feijão-caupi (COSTA-LIMA; GEREMIAS; PARRA, 2010), em média cada gaiola manteve em torno de 2.000 adultos (razão sexual de 0,5), gerando uma produção aproximada de 9.800 larvas por dia.

A câmara de pupação (uma prateleira) contém 11 arames, sendo que cada arame possui a capacidade de fixar 60 folhas. Com isso, uma câmara de pupação retém 660 folhas ou 1.980 por estante. Considerando-se o número médio de larvas/folha e que as folhas precisaram permanecer até 3 dias nestas câmaras, a capacidade de suporte de uma estante foi de 69.300 pupas a cada 3 dias, ou seja, 23.100 por dia. Ao inserir os dados de mortalidade larval e pupal e de pupas retidas nas folhas, resulta no número de 18.395 pupas por dia.

5.4 Discussão

O primeiro passo para o êxito da criação de *L. sativae* foi a possibilidade de se trabalhar com folhas destacadas de feijão-caupi, com uma viabilidade larval semelhante à de larvas de folhas não destacadas (Figura 5.2). Larew (1989) também constatou estes resultados e verificou que folhas destacadas de crisântemo dois dias após a

oviposição de *L. trifolii* (Burgess, 1880) (larvas de 1º ínstar) tiveram a viabilidade semelhante àquela de larvas de folhas não destacadas à $26 \pm 1^\circ\text{C}$ e UR de 80%.

Em geral, as lavas das mosca-minadoras pupam no solo, mas algumas vezes podem ficar presas nas folhas variando de acordo com a planta-hospedeira (PARRELA, 1987). No caso do feijão-caupi, nas folhas destacadas e não destacadas a ocorrência de pupas na folha foi reduzida, não interferindo na eficiência da câmara de pupação. Nas calhas de PVC, apenas uma pequena parcela das pupas (1,4%) ficou retida e o uso de um pincel com cerdas finas foi suficiente para desprendê-las.

Os resultados com o tipo de recipiente plástico coletor atendeu a 2 comportamentos da fase de pré-pupa do gênero *Liriomyza*, o fototropismo negativo e a tigmotaxia (PARRELA, 1987). Como esperado, o recipiente transparente sem vermiculita foi o que teve uma maior saída das pré-pupas, na busca por sítios escuros para pupação. No recipiente escurecido, a maior parte das pupas ficou retida; no entanto, em virtude do comportamento de tigmotaxia, houve uma concentração das pupas próximo às paredes do recipiente. Como relatado por Petit et al. (1996), esta aglomeração causa problemas de mortalidade em criações de maior porte, em que o inseto não consegue ficar livre ao emergir. O recipiente transparente com uma camada de vermiculita foi a melhor opção, pois o substrato permitiu formar zonas escuras e pontos de contato para que não houvesse movimentação das pré-pupas para fora do recipiente e permitisse uma distribuição uniforme das pupas.

A câmara de pupação de *L. sativae* garante importantes benefícios: 1) possibilidade de maior controle da produção avaliando o peso total das pupas, como proposto por Parrela et al. (1989); 2) possibilidade de acelerar/retardar o tempo de desenvolvimento dos insetos mantendo os recipientes com pupas em câmaras climatizadas nas temperaturas adequadas; 3) não manipulação das pupas, evitando danos que possam aumentar a mortalidade dessa fase. No sistema de criação desenvolvido por Parrela et al. (1989) e Ode e Heinz (2002), as pupas eram coletadas em bandejas com areia, em que havia a necessidade de separá-las, usando-se uma peneira para depois serem encaminhadas às gaiolas. Por outro lado, Saleh, Allawi e Ghabeish (2010), mantiveram as folhas infestadas com *L. huidobrensis* (Blanchard,

1926) sobre uma turfa molhada em compartimento situado na parte inferior da gaiola de criação, para que ocorresse a pupação e emergência dos adultos.

A facilidade obtida com a separação das pupas da mosca-minadora, juntamente com o reaproveitamento das plantas de feijão-caupi na criação, permitiu uma redução de custo, de mão-de-obra, espaço e tempo, fatores essenciais para produção de insetos em larga escala (SINGH, 1982).

O sistema de criação de *L. sativae* manteve a qualidade dos insetos produzidos após 1,5 ano, de acordo com os dados de razão sexual, peso e viabilidade pupal obtidos. Como verificado para *L. sativae* o peso das pupas está diretamente relacionado à fecundidade e longevidade do adulto (PETITT; WIETLISBACH, 1994).

As dificuldades encontradas para este sistema de criação de mosca-minadora, concentram-se na manutenção das plantas hospedeiras. Foram exigidos cuidados para o controle de fungos (oídio), pulgões e ácaro rajado. Em geral, problemas com doenças e pragas são relatados para criação de insetos mantidos em hospedeiros naturais (ETZEL; LEGNER, 1999). Em virtude da grande diversidade de parasitoides de Agromyzidae, estes podem se tornar problemas, contaminando a criação de *Liriomyza* quando as plantas com larvas se encontram na casa-de-vegetação. Logo, torna-se necessário um constante monitoramento para detecção rápida em caso de surgimento de outras espécies indesejadas na criação.

Este sistema proposto é a base para a multiplicação de qualquer parasitoide de mosca-minadora. Para os parasitoides larva-pupa [ex. *Opius (Gastrosema) scabriventris* Nixon, 1955 e *Dacnusa sibirica* Telenga, 1935], a câmara de pupação pode ser aplicada igualmente ao utilizado para a criação de *L. sativae*. Aos parasitoides que pupam nas folhas, uma nova etapa deve ser inserida para a coleta dos adultos, como referido para *Diglyphus isaea* (Walker, 1838) (ODE; HEINZ, 2002) e *Neochrysocharis formosa* (Westwood, 1833) (SALEH; ALLAWI; GHABEISH, 2010).

O compartilhamento de informações relativas a sistemas de criação de inimigos naturais torna-se de extrema relevância para o maior desenvolvimento do controle biológico. A ponderação e aplicação dessas tecnologias por diferentes empresas privadas e/ou públicas, associada ao estímulo governamental, pode fomentar o

crescimento dessa importante tática de controle no manejo integrado de pragas do meloeiro.

5.5 Conclusões

O sistema de criação de *L. sativae* é eficiente e possui características para sua aplicação em escala comercial, com a utilização de material de baixo custo, por ocupar espaço reduzido e por otimizar o tempo gasto com a redução de etapas do processo de criação. Esta técnica de criação da mosca-minadora funciona como base para a multiplicação de parasitoides para aplicação em programas de controle biológico.

Referências

COSTA-LIMA, T.C.; GEREMIAS, L.D.; PARRA, J.R.P. Reproductive activity and survivorship of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) at different temperatures and relative humidity levels. **Environmental Entomology**, College Park, v. 39, n. 1, p. 195-201, 2010.

EPPO. **List of biological control agents widely used in the EPPO region, version 2010**. Disponível em: <http://archives.eppo.org/EPPOStandards/biocontrol_web/bio_list.htm#biolist>. Acesso em: 05 nov. 2010.

ETZEL, L.K.; LEGNER, E.F. Culture and colonization. In: BELLOWS, T.S.; FISHER T.W. **Handbook of biological control**. London: Academic Press, 1999. chap. 7, p. 125-197.

FOURNIER, F.; MILLOT, P.; PRALAVORIO, M. Rearing and mass production of the predatory mite *Phytoseiulus persimilis*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 38, n. 1, p. 97-100, 1985.

HENDRIKSE, A. A method for rearing two braconid parasites (*Dacnusa sibirica* and *Opius pallipes*) of the tomato leafminer (*Liriomyza bryoniae*). **Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen Rijksuniversiteit Gent**, Gent v. 45, n. 3, p. 563-571, 1980.

KASPI, R.; PARRELLA, M.P. The feasibility of using the sterile technique against *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) infesting greenhouse chrysanthemum. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 143, n. 1, p. 25-34, 2003.

_____. Improving the biological control of leafminers (Diptera: Agromyzidae) using the sterile insect technique. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 99, n. 4, p. 1168-1175, 2006.

LAREW, H.G. Survival of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) in detached chrysanthemum leaves. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 82, n. 5, p. 1444-1447, 1989.

LENTEREN, J.C. van. Success in biological control of arthropods by augmentation of natural enemies. In: GURR, G.; WRATTEN, S. **Biological control: measures of success**. Dordrecht: Kluwer Academic, 2000. p. 77-104.

LENTEREN, J.C. van; WOETS, J. Biological and integrated pest control in greenhouses. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 33, p. 329-369, 1988.

MACKAUER, M.; BISDEE, H.E. Two simple devices for rearing aphids. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 58, n. 2, p. 365-366, 1965.

MURPHY, S.T.; LASALLE, J. Review article: balancing biological control strategies in the IPM of new world invasive *Liriomyza* leafminers in field vegetable crops. **Biocontrol News and Information**, Wallingford, v. 20, n. 3, p. 91-104, 1999.

NORDLUND, D.A.; GREENBERG, S.M. Facilities and automation for the mass production of arthropod predators and parasitoids. **Biocontrol News and Information**, Wallingford, v. 15, n. 4, p. 45-50, 1994.

ODE, P.J.; HEINZ, K.M. Host-size-dependent sex ratio theory and improving mass-reared parasitoid sex ratios. **Biological Control**, Orlando, v. 24, n. 1, p. 31-41, 2002.

PARRA, J.R.P. A evolução das dietas artificiais e suas interações em ciência e tecnologia. In: PANIZZU, A.R.; PARRA, J.R.P. **Bioecologia e nutrição de insetos: base para o manejo integrado de pragas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. cap. 3, p. 91-174.

PARRA, J.R.P.; PANIZZI, A.R.; HADDAD M.L. Índices nutricionais para medir consumo e utilização de alimentos por insetos. In: PANIZZI, A.R.; PARRA J.R.P. **Bioecologia e nutrição de insetos**: base para o manejo integrado de pragas. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. cap. 2, p. 37-90.

PARRELLA, M.P. Biology of *Liriomyza*. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 32, p. 201-224, 1987.

PARRELLA, M.P.; HANSEN, L.S.; LENTEREN, J. van. Glasshouse environments. In: BELLOWS, T.S.; FISHER T.W. **Handbook of biological control**. London: Academic Press, 1999. chap. 31, p. 819-839.

PARRELLA, M.P.; YOST, J.T.; HEINZ, K.; FERRENTINO, G.W. Mass rearing of *Diglyphus begini* (Hymenoptera: Eulophidae) for Biological Control of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 82, n. 2, p. 420-425, 1989.

PETITT, F.L.; WIETLISBACH, D.O. Laboratory rearing and life history of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) on lima bean. **Environmental Entomology**, College Park, v. 23, n. 6, p. 1416-1421, 1994.

PETITT, F.L.; SHUMAN, D.S.; WIETLISBACH, D.O.; COFFELT, J.A. An automated system for collection and counting of parasitized leafminer (Diptera: Agromyzidae) larvae. **Florida Entomologist**, v. 79, n. 3, p. 450-454, 1996.

RAMOS, A.M.; SANTOS, L.A.R.; FORTES, L.T.G. **Normais climatológicas do Brasil 1961-1990**. Brasília: INMET, 2009. 465 p.

SALEH, A.; ALLAWI T.F.; GHABEISH, I. Mass rearing of *Neochrysocharis formosa* (Westwood) (Eulophidae: Hymenoptera), a parasitoid of leafminers (Agromyzidae: Diptera). **Journal of Pest Science**, Heidelberg, v. 83, n. 2, p. 59-67, 2010.

SCOPES, N.E.A. The economics of mass rearing *Encarsia formosa*, a parasite of the whitefly *Trialeurodes vaporariorum*, for use in commercial horticulture. **Plant Pathology**, Chichester, v. 18, n. 3, p. 130-132, 1969.

SINGH, P. The rearing of beneficial insects. **New Zealand Entomologist**, Nelson, v. 7, n. 3, p. 304-310, 1982.

WHITE, J.; JOHNSON, D. **Vendors of beneficial organisms in North America.**

Disponível em: < <http://www.ca.uky.edu/entomology/entfacts/ef125.asp>>. Acesso em: 19 nov. 2010.