

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

VICTOR DIAS PIROVANI

**MÉTODOS DE MANEJO PARA *Duponchelia fovealis* ZELLER
(LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE) NA CULTURA DO MORANGUEIRO**

ALEGRE, ES
FEVEREIRO, 2016

VICTOR DIAS PIROVANI

**MÉTODOS DE MANEJO PARA *Duponchelia fovealis* ZELLER
(LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE) NA CULTURA DO MORANGUEIRO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal, na área de concentração Fitossanidade, linha Entomologia.

Orientador: Prof. Dr. Dirceu Pratissoli

ALEGRE, ES

FEVEREIRO, 2016

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

P672m Pirovani, Victor Dias, 1985-
Métodos de manejo para *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae) na cultura do morangueiro / Victor Dias Pirovani. – 2016.
113 f. : il.

Orientador: Dirceu Pratissoli.
Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Manejo de pragas. 2. Morango. 3. Praga exótica. 4. Trichogramma. 5. Feromônio sexual. 6. Nematoide entomopatogênico. I. Pratissoli, Dirceu. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. III. Título.

CDU: 63

VICTOR DIAS PIROVANI

**MÉTODOS DE MANEJO PARA *Duponchelia fovealis* ZELLER
(LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE) NA CULTURA DO MORANGUEIRO**

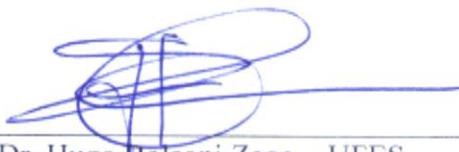
Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal, na área de concentração Fitossanidade, linha Entomologia.

Aprovada em: 25 de fevereiro de 2016.

COMISSÃO EXAMIDORA:



Prof. Dr. Dirceu Pratisoli - UFES
(Orientador)



Prof. Dr. Hugo Bolsoni Zago - UFES



Pesq. Dr. David dos Santos Martins - INCAPER



Pesq. Dr. José Salazar Zanuncio Júnior - INCAPER



Dra. Débora Ferreira Melo Fragoso - UFES

Aos meus pais, José Antonio e Aulenir,
Pelo amor e pelos incentivos.
Ofereço.

À minha amada esposa Juliana,
Exemplo de dedicação, comprometimento e
companheirismo.
Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por iluminar e abrir os meus caminhos. Pela proteção em todos os momentos vividos até aqui;

À minha esposa Juliana pelo carinho, pela companhia, pela amizade, pela cumplicidade, pelo amor e incentivo ao longo de todos esses anos de estudo e “idas e vindas” para que esse momento se concretizasse;

Aos meus pais, José Antonio e Aulenir. O amor e a dedicação de vocês, muitas vezes fazendo o impossível, proporcionaram que esse sonho se realizasse. Obrigado por compreenderem os momentos de “ausência”!

Ao Professor Dr. Dirceu Pratisoli. Obrigado por me receber no laboratório, pelos conselhos, ensinamentos e sugestões e por proporcionar todas as condições para a realização dos estudos;

Ao Prof. Dr. Hugo Bolsoni Zago, por ter aceitado compor a banca, pelas dicas e sugestões ao longo desses anos;

Ao Prof. Hugo José Gonçalves dos Santos Junior, sempre solícito e disposto a ajudar;

Ao Pesquisador Dr. David dos Santos Martins e Pesquisador Dr. José Salazar Zanúncio Junior por aceitarem de prontidão compor a banca de defesa;

À Dra. Débora Ferreira Melo Fragoso, pelas explicações e conversas ao longo desse tempo e por aceitar compor a banca de defesa;

Aos meus familiares, tios, tias, primos e primas, sempre solícitos e afetuosos;

A meu sogro e minha sogra, Sr. Francisco e D. Selma, minhas cunhadas, cunhados e sobrinhos, pelo apoio, carinho e incentivo;

Aos produtores de morango da região serrana do estado do Espírito Santo, em especial ao Sr. Adelson Kutz, Sr. Ademar Lauvers, Sr. Daniel Schuwanz, Sra. Elizabeth Schreider Brandt e Sr. Erineu Schimidt, por permitirem e facilitarem as realizações dos experimentos em suas propriedades;

Ao Sr. Edson Cozer pelo imprescindível apoio em todas as etapas dos ensaios de campo;

A Empresa Koppert do Brasil Ltda. pelo apoio e colaboração com o trabalho, fornecendo os materiais utilizados nos experimentos;

A COOPEAVI e seus funcionários, pelo apoio e cooperação;

Aos colegas José Henrique, Tiago e José Romário pelas valiosas contribuições com as análises estatísticas do trabalho;

Aos funcionários do NUDEMAFI, Leonardo Mardgan, Carlos Magno Ramos e Tia Carlota pela atenção e disponibilidade ao longo desse período;

A todos os amigos do NUDEMAFI que contribuíram de forma direta ou indireta na realização dos experimentos ao longo desses anos, em especial ao amigo João Paulo Pereira Paes e Marcel Oliveira Tibúrcio, companheiros de longas horas em atividades da tese;

Ao corpo docente do Instituto Federal de Minas Gerais, *campus* São João Evangelista (IFMG) pela flexibilização e apoio para a conclusão da capacitação;

A Universidade Federal do Espírito Santo - Centro de Ciências Agrárias e ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, pela oportunidade de formação;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo (FAPES) pelo auxílio financeiro para as pesquisas.

BIOGRAFIA

Victor Dias Pirovani, filho de José Antonio Pirovani e Aulenir da Penha Dias Pirovani, nasceu em Guaçuí, Espírito Santo, em 25 de novembro de 1985. Foi bolsista de iniciação científica no Museu Regional de Entomologia da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, entre 2005 e 2008, onde trabalhou com cochonilhas em café arábica e mosca-das-frutas. Em janeiro de 2009 concluiu o curso de Agronomia pela mesma Instituição. No mesmo ano ingressou no mestrado do Programa de Pós-Graduação em Entomologia também pela UFV, onde completou as exigências do curso em julho de 2011. Em 2012 iniciou o doutorado em Produção Vegetal, área de concentração Fitossanidade, linha Entomologia, no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo. Em julho de 2014 tornou-se Professor efetivo de Entomologia do Instituto Federal de Minas Gerais, *campus* São João Evangelista. Em fevereiro de 2016 concluiu o curso de doutorado, obtendo o título de Doutor.

SUMÁRIO

RESUMO	ix
ABSTRACT	x
1 CAPÍTULO I.....	1
1.1 INTRODUÇÃO.....	1
1.2 REVISÃO DE LITERATURA	2
1.2.1 <i>Duponchelia fovealis</i> Zeller, 1847 (Lepidoptera: Crambidae)	2
1.2.1.1 Hospedeiros.....	3
1.2.1.2 Características biológicas de <i>Duponchelia fovealis</i> e danos causados .	5
1.2.1.3 <i>Duponchelia fovealis</i> : nova praga em cultivos de morangueiro no Espírito Santo, Brasil	7
1.3 Alternativas para o manejo de <i>Duponchelia fovealis</i>	7
1.4 Métodos de manejo para <i>Duponchelia fovealis</i>	8
1.4.1 Controle mecânico	9
1.4.2 Controle cultural	9
1.4.3 Controle comportamental	11
1.4.3.1 Feromônios.....	11
1.4.3.2 Monitoramento	12
1.4.3.3 Coleta massal	14
1.4.3.4 Confundimento ou confusão sexual	14
1.4.4 Armadilha luminosa.....	15
1.4.5 Controle biológico	15
1.4.5.1 Bactérias entomopatogênicas	16
1.4.5.2 Nematoides entomopatogênicos.....	17
1.4.5.3 Parasitoides de ovos	17
1.4.6 Controle químico	18
1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23
2 CAPÍTULO II	29
NÚMERO IDEAL E CAPACIDADE DE DISPERSÃO DE <i>Trichogramma</i> PARA O MANEJO DE <i>Duponchelia fovealis</i> Zeller.....	29
RESUMO	29
ABSTRACT	30
2.1 INTRODUÇÃO.....	31
2.2 OBJETIVOS.....	33
2.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	34

2.3.1 Criação de <i>Duponchelia fovealis</i>	34
2.3.2 Manutenção e multiplicação dos parasitoides	34
2.3.3 Determinação do número ideal	35
2.3.4 Avaliação da dispersão de <i>Trichogramma</i> spp. em morangueiro, sob cultivo de túnel baixo, para parasitismo de ovos de <i>Duponchelia fovealis</i>	35
2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
2.4.1 Determinação do número ideal de <i>Trichogramma galloi</i> e <i>Trichogramma pretiosum</i> a ser liberado por ovo de <i>Duponchelia fovealis</i>	40
2.4.2 Espécie e densidade de <i>Trichogramma</i> recomendada para liberações em campo com base nos dados de capacidade de dispersão em morangueiro cultivado em túnel baixo, para parasitismo de ovos de <i>Duponchelia fovealis</i>	43
2.4.2.1 Espécie de <i>Trichogramma</i> x densidade de liberação	43
2.4.2.2 Tempos de parasitismo.....	44
2.4.3 Estimativa da capacidade de dispersão e número de pontos de liberação de <i>Trichogramma pretiosum</i> em morangueiro cultivado em túnel baixo, para parasitismo de ovos de <i>Duponchelia fovealis</i>	46
2.5 CONCLUSÃO.....	52
2.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
3 CAPÍTULO III.....	58
VIRULÊNCIA DO NEMATOIDE ENTOMOPATOGÊNICO <i>Steinernema carpocapsae</i> (RHABDITIDA: STEINERNEMATIDAE) PARA O CONTROLE DE <i>Duponchelia fovealis</i> ZELLER (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE).....	58
RESUMO	58
ABSTRACT.....	59
3.1 INTRODUÇÃO.....	60
3.2 OBJETIVOS.....	62
3.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	63
3.3.1 Avaliação da virulência do nematoide entomopatogênico <i>Steinernema carpocapsae</i> sobre as fases de desenvolvimento de <i>Duponchelia fovealis</i>	63
3.3.2 Virulência do NEP em <i>Duponchelia fovealis</i>	63
3.3.2.1 Ensaio em ovos	63
3.3.2.2 Ensaio em lagartas.....	64
3.3.2.3 Ensaio em pré-pupas	64
3.3.2.4 Ensaio em pupas.....	65
3.3.3 Efeito da temperatura (°C) sobre a mortalidade de lagartas e pré-pupas de <i>Duponchelia fovealis</i> pelo nematoide entomopatogênico	65
3.3.4 Estimativa da Concentração Letal (CL ₅₀).....	66
3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	66

3.4.1 Virulência.....	66
3.4.1.1 Ovos	66
3.4.1.2 Lagartas de quarto ínstar	68
3.4.1.3 Pré-pupa	69
3.4.1.4 Pupas	70
3.4.2 Efeito da temperatura (°C) sobre a mortalidade de lagartas e pré-pupas de <i>Duponchelia fovealis</i> pelo nematoide entomopatogênico	71
3.4.3 Determinação da CL ₅₀	72
3.5 CONCLUSÃO.....	75
3.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
4 CAPÍTULO IV.....	80
EFICIÊNCIA DE DIFERENTES ARMADILHAS NA COLETA DE <i>Duponchelia fovealis</i> Zeller, 1847 (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE) POR MEIO DO SEU FEROMÔNIO SEXUAL, EM DUAS ÉPOCAS DO ANO	80
RESUMO	80
ABSTRACT.....	81
4.1 INTRODUÇÃO.....	82
4.2 OBJETIVOS.....	84
4.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	85
4.3.1 Tipos de armadilhas	85
4.3.2 Atrativos.....	85
4.3.3 Disposição do experimento.....	85
4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	89
4.5 CONCLUSÃO.....	96
4.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	100

RESUMO

PIROVANI, Victor Dias, D.Sc., Universidade Federal do Espírito Santo. Fevereiro de 2016. **Métodos de manejo para *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae) na cultura do morangueiro.** Orientador: Prof. Dr. Dirceu Pratissoli.

A lagarta exótica do morangueiro, *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae) tem causado grandes perdas no Brasil e no Espírito Santo desde sua introdução em 2010. Dessa forma, é necessário que métodos de manejo sejam estudados visando o controle da praga, já que essas informações são escassas para a condição de cultivo do morangueiro no país. Assim, os objetivos desse estudo foram: (1) determinar a melhor espécie de *Trichogramma*, sua densidade de liberação, capacidade de dispersão e número de pontos de liberação para o controle biológico de ovos de *D. fovealis* em sistema de cultivo do morangueiro em túnel baixo na região serrana do Espírito Santo; (2) estudar a virulência do nematoide entomopatogênico (NEP) *Steinernema carpocapsae* aos diferentes estágios de desenvolvimento de *D. fovealis*, bem como o efeito da temperatura na sua ação e estabelecer a CL₅₀ para as fases suscetíveis; e (3) avaliar a eficiência do feromônio sexual sintético e a melhor armadilha para captura de machos da praga. A partir dos resultados, a melhor espécie é *Trichogramma pretiosum* na densidade de quatro parasitoides por ovo da praga. A capacidade de dispersão é de 14,21 metros lineares. É recomendada a liberação de 93.000 fêmeas por hectare a cada três dias. A distância entre os pontos de liberação do parasitoide é determinada pelo comprimento do túnel dividido por 14,21; em relação ao NEP, *D. fovealis* é suscetível na fase de pré-pupa e lagarta. Temperaturas entre 27° e 30°C aumentam a eficiência do nematoide. A CL₅₀ é de 71 e 75 JIs/inseto para a fase de larva e pré-pupa, respectivamente. Com base nos estudos com o feromônio sexual, a eficiência verificada é de seis semanas (cerca de 40 dias) para o monitoramento da praga, independente da estação do ano (inverno ou verão). A associação com a armadilha do tipo “nudemafi” apresenta eficiência e menor custo. O manejo de *D. fovealis* pode ser realizado com a associação dos métodos estudados.

Palavras-chave: manejo de pragas; morango; praga-exótica; *Trichogramma*; feromônio sexual; nematoide entomopatogênico.

ABSTRACT

PIROVANI, Victor Dias, D.Sc., Universidade Federal do Espírito Santo. February 2016. **Methods management to *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae) in strawberry crop.** Advisor: Prof. Dr. Dirceu Pratisoli.

The exotic caterpillar strawberry, *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae) is causing heavy losses in Brazil and in the Espírito Santo state since its introduction. Thus, it is necessary that management methods are studied for the control of pest, since this information is scarce for the strawberry crop condition in Brazil and in the Espírito Santo state. The objectives of this study were: (1) determine the best species of *Trichogramma*, release density, dispersion capacity and number of delivery points to biological control in strawberry cultivation system in low tunnel in the mountainous region of the Espírito Santo state; (2) study the virulence of the entomopathogenic nematode *Steinernema carpocapsae* the different stages of *D. fovealis* development as well as the effect of temperature on its action and establish the LC₅₀ for the susceptible stages; and (3) evaluate the effectiveness of the synthetic sex pheromone and the best trap to catch the males. From the results, the best species is *Trichogramma pretiosum* on the density of four parasites per egg of the pest. Dispersion capacity is 14.21 linear meters. Females the release of 93,000 per hectare is recommended every three days. The distance between the parasitoid release points is determined by the length of the tunnel divided by 14.21; compared to the NEP, *D. fovealis* is susceptible pupae in the pre-stage and caterpillar. Temperatures between 27 and 30°C increase the nematode efficiency. LC₅₀ of 71 and 75 IJ / insect larvae to the stage and pre-pupae, respectively. Based on studies with the sex pheromone, a verified efficiency is six weeks (about 40 days) for monitoring, regardless of the season (winter or summer). The association with the trap type "nudemafi" has efficiency and lower cost. In means the results, the management of *D. fovealis* can be accomplished with the combination of the studied methods.

Keywords: pest management; strawberry; pest-exotic; *Trichogramma*; sex pheromone; entomopathogenic nematode.

1 CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

O morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duchesne ex Rozier) é uma olerícola pertencente à família Rosaceae (DAROLT, 2008). Dentre as pequenas frutas é a que possui a maior expressão econômica (OLIVEIRA; SCIVITTARO, 2006). Uma particularidade dessa cultura é a presença na mesma planta de flores, frutos verdes e maduros (DAROLT, 2008).

O Brasil cultiva cerca de 4.000 hectares de morango atualmente, o que, segundo estimativas, proporciona uma produção de 105 mil toneladas de “frutas” por ano, com produtividade média que varia entre 30 t/ha e 60 t/ha, dependendo do nível de tecnificação empregado no processo produtivo. Os principais produtores brasileiros são Minas Gerais, Rio Grande do Sul, São Paulo, Espírito Santo, Santa Catarina e Distrito Federal (REISSER JUNIOR et al., 2014).

No Espírito Santo o cultivo comercial de morango segue em crescente expansão. A partir de meados dos anos 90 ganhou força, apesar da cultura estar implantada no estado desde o início da década de 60 (BALBINO et al., 2005; INCAPER, 2010). A criação do “polo do morango” no estado, em 2004, tem favorecido esse processo, organizando os agricultores, facilitando a comercialização e a atuação da assistência técnica. Os municípios da região das montanhas capixabas predominam no polo, destacando-se Santa Maria de Jetibá, Domingos Martins, Venda Nova do Imigrante e Castelo (INCAPER, 2010).

No Espírito Santo a base do cultivo de morango é familiar, perfazendo uma área total de 185 hectares distribuídos entre 1.500 propriedades. A média de produção gira em torno de 6.000 toneladas de morango por ano (INCAPER, 2010).

De modo geral, no Brasil e não diferentemente no Espírito Santo, alguns agentes são nocivos ao cultivo do morangueiro, prejudicando a produção. Estes estão ligados diretamente a doenças e insetos praga. Os prejuízos associados às pragas vão desde a destruição de raízes e partes aéreas, até o ataque a frutos e transmissão de viroses (GUIMARÃES et al., 2009; PRATISSOLI et al., 2015). A principal praga da cultura são os ácaros, com destaque ao ácaro-rajado *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) (Acari: Tetranychidae) (GARCIA; CHIAVEGATO, 1997; GALLO et al., 2002; FADINI et al., 2004; GUIMARÃES et al., 2010; PRATISSOLI et al., 2015).

Com a introdução recente de *Duponchelia fovealis* Zeller, 1847 no Brasil em 2007 e posteriormente no Espírito Santo em 2010 (FORNAZIER et al., 2011; ZAWADNEAK et al., 2011; PAES et al., 2015; PRATISSOLI et al., 2015), essa praga exótica estabeleceu-se rapidamente e está presente hoje nos principais campos de produção de morango do estado, como Santa Maria de Jetibá, Venda Nova do Imigrante, Domingos Martins e Afonso Cláudio.

O estabelecimento da praga no estado foi favorecido pelo rápido crescimento populacional e alta capacidade de dispersão, além da falta de conhecimento dos produtores e técnicos sobre o comportamento e a biologia da praga, ainda escassos para as condições brasileiras. Seu controle hoje é basicamente realizado por inseticidas sintéticos, muitas vezes com produtos sem registros oficiais junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para uso na cultura do morangueiro e na praga em questão.

1.2 REVISÃO DE LITERATURA

1.2.1 *Duponchelia fovealis* Zeller, 1847 (Lepidoptera: Crambidae)

Popularmente conhecida em outros países como mariposa europeia da pimenta e lagarta exótica do morangueiro no Brasil, *Duponchelia fovealis* Zeller, 1847 (Lepidoptera: Crambidae) é uma praga originária da região Mediterrânea e Ilhas Canárias (BETHKE; VANDER MEY, 2010) e encontra-se em outras partes da África, Europa, Oriente Médio, Canadá e Estados Unidos (BRAMBILA; STOCKS, 2010; STOCKS; HODGES, 2013).

O primeiro relato no continente americano foi em 2004 na Califórnia, onde foi precocemente considerada erradicada, após a presença da praga não ter sido constatada em alguns processos de amostragem. Em 2005, em casas de vegetação com cultivos de begônia, no sul de Ontário no Canadá, foi encontrada a segunda população de *D. fovealis* no continente americano. Já em 2010, após vistorias em diversos municípios da Califórnia-EUA, *D. fovealis* foi verificada em dez cidades da região Sul e Central do Estado, sendo, portanto, considerada estabelecida nessa região (BRAMBILA; STOCKS, 2010).

No Brasil acredita-se que *D. fovealis* esteja presente desde 2007 no Paraná segundo o relato de alguns produtores de morango na região. Taxonomicamente, porém, a espécie só foi confirmada em 2010, pela Dra. Alma Solis, do Laboratório de Entomologia Sistemática (USDA) (ZAWADNEAK et al., 2011). No país, *D. fovealis*

está estabelecida em cultivos de morangueiro, e sua presença já foi cientificamente confirmada em três estados: Paraná, Espírito Santo e Minas Gerais (FORNAZIER et al., 2011; ZAWADNEAK et al., 2011; SOUZA et al., 2013; PAES et al., 2015; PRATISSOLI et al., 2015).

1.2.1.1 Hospedeiros

Duponchelia fovealis é uma praga polífaga, com registro de diversas espécies botânicas como hospedeiras, que variam desde plantas ornamentais e cultivadas, a plantas daninhas e aquáticas (Tabela 1). Todavia, no Brasil essa praga se estabeleceu em cultivos de morango, onde tem causado intensos prejuízos (FORNAZIER et al., 2011; ZAWADNEAK et al., 2011; SOUZA et al., 2013; PAES et al., 2015; PRATISSOLI et al., 2015), não sendo, ainda, relatada a sua presença atacando outros cultivos.

Tabela 1: Famílias botânicas e espécies de plantas registradas como hospedeiras de *Duponchelia fovealis*.

Família Botânica ¹	Espécie ¹	Nome comum
Adoxaceae	<i>Sambucus</i> sp.	-----
Alismataceae	<i>Echinodorus parviflorus</i> Rataj	Planta-espada
Amaranthaceae	<i>Alternanthera reineckii</i> Briq.	Planta aquática
	<i>Chenopodium álbum</i> L.	Erva-formigueira ²
	<i>Amaranthus</i> sp.	Caruru ²
	<i>Beta vulgaris</i> L.	Beterraba
Annonaceae	<i>Annona</i> sp.	Pinha, biribá
Apiaceae	<i>Apium graveolens</i> L.	Salsão ou Aipo
Araceae	<i>Anthurium</i> sp.	Antúrio
Asparagaceae	<i>Ophiopogon</i> sp.	-----
Asteraceae	<i>Bellis perennis</i> L.	Margarida
	<i>Hygrophila</i> sp.	Planta aquática
	<i>Chrysanthemum</i> sp.	Crisântemo
	<i>Cineraria</i> sp.	-----
	Gerbera sp.	Gêrbera
Asteraceae	<i>Lactuca</i> sp.	Alface
	<i>Senecio</i> sp.	-----

Continua

Família Botânica¹	Espécie¹	Nome comum
Asteraceae	<i>Tanacetum</i> sp.	-----
Balsaminaceae	<i>Impatiens</i> sp.	-----
Begoniaceae	<i>Begonia tuberosa</i> Wight ex Wall.	Begônia
Convolvulaceae	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	Glória-menor
Crassulaceae	<i>Kalanchoe</i> sp.	-----
Cucurbitaceae	<i>Cucumis</i> sp.	Pepino, Melão
	<i>Cucurbita</i> sp.	Abóbora
	<i>Citrullus lanatus</i> Schrad	Melancia
Ericaceae	<i>Rhododendron</i> sp.	-----
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd	Bico-de-papagaio
	<i>Codiaeum</i> sp.	-----
Fabaceae	<i>Arachis hypogaea</i> L.	Amendoim
Gentianaceae	<i>Eustoma grandiflorum</i> (Raf.) Shinnars	Lisianto
Geraniaceae	<i>Pelargonium</i> sp.	-----
Lamiaceae	<i>Mentha pulegium</i> L.	Poejo
	<i>Ocimum basilicum</i> L.	Manjerição
	<i>Origanum majorana</i> L.	Manjerona
	<i>Coleus</i> sp.	-----
	<i>Thymus</i> sp.	-----
Lythraceae	<i>Cuphea hyssopifolia</i> Kunth	Falsa-érica
	<i>Nesaea pedicellata</i> Hiern	Planta aquática
	<i>Rotala</i> sp.	Planta aquática
	<i>Punica granatum</i> L.	Romã
Malvaceae	<i>Malva sylvestris</i> L.	Malva
Marantaceae	<i>Calathea</i> sp.	-----
Moraceae	<i>Ficus triangularis</i> Warb.	Ficus
	<i>Ludwigia glandulosa</i> Walter	Planta aquática
Onagraceae	<i>Ludwigia perennis</i> L.	Planta aquática
Orchidaceae	<i>Phalaenopsis</i> sp.	Orquídea
Oxalidaceae	<i>Oxalis acetosella</i> L.	Azedinha
Phyllanthaceae	<i>Hyeronima alchorneoides</i> Allemão	Coquidá
Plantaginaceae	<i>Plantago lanceolata</i> L.	Língua de ovelha

Continua

Família Botânica¹	Espécie¹	Nome comum
Plantaginaceae	<i>Bacopa lanigera</i> (Cham. & Schltdl.)	Planta aquática
Plumbaginaceae	<i>Limonium</i> sp.	-----
Poaceae	<i>Zea</i> sp.	Milho
Polygonaceae	<i>Rumex</i> sp.	-----
Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i> L.	Beldroega
Primulaceae	<i>Cyclamen</i> sp.	-----
	<i>Lysimachia</i> sp.	-----
Ranunculaceae	<i>Ranunculus repens</i> L.	Botão-de-ouro
	<i>Anemone</i> sp.	-----
Rosaceae	<i>Rubus fruticosus</i> L.	Amora
	<i>Fragaria</i> sp.	Morango
	<i>Rosa</i> sp.	Rosa
Rubiaceae	<i>Bouvardia</i> sp.	-----
Sarraceniaceae	<i>Sarracenia</i> sp.	-----
Saxifragaceae	<i>Heuchera</i> sp.	-----
Solanaceae	<i>Capsicum annuum</i> L.	Pimenta; Pimentão
	<i>Solanum lycopersicum</i> L.	Tomate
Ulmaceae	<i>Ulmus</i> sp.	-----

¹ Nomenclatura botânica sistematizada pelo web site Tropicos.org. (2014); ² Planta daninha.

1.2.1.2 Características biológicas de *Duponchelia fovealis* e danos causados

Duponchelia fovealis é uma mariposa, pertencente à ordem Lepidoptera e à família Crambidae. O desenvolvimento é holometabólico (ovo - larva - pupa - adulto) e pode variar de acordo com as condições climáticas em que o inseto se encontra. A 20°C o ciclo médio ovo-adulto é de 47 dias (PIJNAKKER, 2001).

Os ovos normalmente são depositados de forma isolada ou em massas de três a dez ovos na superfície das folhas, próximo às nervuras, ou ainda na base da planta hospedeira e superfície do solo. Inicialmente possuem coloração amarelo-creme, tornando-se vermelhos próximos à eclosão das lagartas (Figuras 1A-C) (BRAMBILA; STOCKS, 2010, PAES et al., 2015). A duração da fase de ovo varia de quatro a nove dias (PIJNAKKER, 2001).

Já a fase larval de *D. fovealis* dura entre 21 e 30 dias e passa por quatro instares de desenvolvimento. No último instar a lagarta mede entre 20-30 mm de comprimento.

São branco-amareladas com pequenas pontuações marrons distribuídas ao longo do corpo. A cabeça é marrom-escuro (Figura 1D) (GILL, 2013; PAES et al., 2015).

Em cultivos adensados as lagartas podem atacar o dossel, alimentando-se das folhas (MESSELINK; VAN WENSVEEN 2003), todavia condições de umidade são preferidas pelas lagartas, locais onde normalmente se abrigam, podendo inclusive tolerar excesso de umidade e atacar plantas aquáticas (BRAMBILA; STOCKS, 2010) (Tabela1).

As lagartas podem consumir desde folhas novas, brotos, flores e frutos até restos vegetais em decomposição. Quando o ataque incide no colo das plantas, o fluxo de seiva é seriamente comprometido, podendo levar a planta a morte (Figura 2A-E) (BRAMBILA; STOCKS, 2010; FRANCO; BAPTISTA, 2010; PAES et al., 2015). Ao final do período larval as lagartas tecem teias e constroem casulos de seda, fezes e partículas de solo. A fase de pupa ocorre nesse casulo (Figura 2D), em locais protegidos na planta como folhas baixas rentes ao solo ou diretamente no próprio solo (MURPHY, 2008; ZAWADNEAK et al., 2011; STOKES; HODGES, 2013). As pupas são amarelo-amarronzadas (Figura 1E), medem cerca de 10 mm de comprimento e tornam-se bem escuras próximas à eclosão do adulto (STOKES; HODGES, 2013).

Os adultos são pequenas mariposas com cerca de 20 mm de envergadura e 10 mm de comprimento. Em média, a mariposa adulta vive entre sete e quatorze dias. Cada fêmea (Figura 1F) pode colocar até 200 ovos. (BRAMBILA; STOCKS, 2010).

As asas anteriores das mariposas são castanho-castanho-acinzentadas com duas linhas amareladas paralelas, formando uma espécie de “U” (Figura 1F) (FORNAZIER et al., 2011; STOKES; HODGES, 2013; PAES et al., 2015), caractere que facilita a sua identificação. Os machos e as fêmeas são facilmente diferenciados pelo grande dimorfismo sexual que apresentam. O abdômen do macho é longo e fino quando comparado com o da fêmea, além disso, quando em repouso, este fica recurvado para cima em um ângulo de 90° com o corpo (Figura 1G) (TREMATERRA 1990; BETHKE; VANDER MEY, 2010; BONSIGNORE; VACANTE, 2010; BRAMBILA; STOCKS, 2010; HOFFMAN 2010).

Os adultos possuem hábito noturno, alimentam-se de néctar das plantas e podem realizar pequenos voos curtos ao longo do dia (MURPHY, 2008; BRAMBILA; STOCKS, 2010). São insetos considerados bons voadores, já que seus voos podem atingir até 100 km de distância (STOKES; HODGES, 2013).

Apesar da capacidade de voo de *D. fovealis*, essa não é sua principal forma de dispersão. Material vegetal propagativo e não propagativo como mudas, frutos, flores, vegetais frescos e plantas daninhas são os de maior potencial para disseminação da praga e introdução em áreas livres, já que as lagartas ou pupas podem estar escondidas entre folhas, caules, recipientes ou solo. Acredita-se inclusive que a introdução de *D. fovealis* no Brasil tenha ocorrido dessa maneira (BRAMBILA; STOCKS, 2010; HOFFMAN, 2010; ZAWADNEAK et al., 2011; PRATISSOLI, 2012 - comunicação pessoal).

1.2.1.3 *Duponchelia fovealis*: nova praga em cultivos de morangueiro no Espírito Santo, Brasil

No Espírito Santo, *D. fovealis* só foi identificada em 2010 (PRATISSOLI, 2011 - comunicação pessoal). Em cultivos de morangueiro as lagartas têm atacado folhas, flores, coroas e também os frutos (pseudofrutos) e em infestações severas são capazes de debilitar as plantas, reduzir a produtividade e levá-las a morte (Figura 2A-E). As lagartas desse inseto vivem entre as folhas, locomovem-se rapidamente e preferem locais úmidos, na camada superior do solo, ou nas raízes expostas das plantas. Nos locais atacados é comum à presença de teias e excrementos (Figura 2D-E).

Dentre os municípios do Espírito Santo que tiveram a ocorrência de *D. fovealis* constatada: Afonso Cláudio, Castelo, Domingos Martins, Santa Maria de Jetibá e Venda Nova do Imigrante, o distrito de São João do Garrafão, no município de Santa Maria de Jetibá, vem sofrendo grandes prejuízos com os danos provocados pela introdução da praga. O problema é agravado principalmente pela significativa área cultivada, em duas épocas de plantio anual e com pouco ou nenhuma ação de manejo que vise o controle da praga.

1.3 Alternativas para o manejo de *Duponchelia fovealis*

O manejo de *D. fovealis* para as condições brasileiras ainda não está completamente detalhado, existindo ainda muitas perguntas sem resposta. O comportamento da praga, a ausência de informações sobre a biologia, os hospedeiros e inimigos naturais em nossas condições dificultam a implementação de programas de manejo.

A solução para o manejo está certamente na integração de diferentes formas de manejo (Figura 3). Esse processo permite que diferentes métodos sejam utilizados

buscando manter sempre a praga em níveis populacionais baixos, seja pela diminuição de adultos, por meio de coletas massal; pelo controle cultural com a eliminação de restos culturais; ou pela liberação de parasitoides de ovos ou ainda pela utilização de bactérias ou nematoides entomopatogênicos para o controle de lagartas, dentre outros.

O uso de um único método de controle de maneira isolada pode trazer resultados positivos em curto prazo, todavia em médio e longo prazo alguns problemas podem surgir:

- Seleção de indivíduos resistentes pelo uso recorrente do controle químico;
- Ausência de condições climáticas favoráveis para uso de agentes de controle biológico como bactérias e nematoides entomopatogênicos;
- Falhas no processo de produção de feromônios sexuais ou ausência de molécula sintetizada para a praga;
- Criação massal de parasitoides abaixo da necessidade de mercado.

Dessa forma, fica evidente que a diversificação de métodos de manejo aumenta a eficiência de controle, a economia e minimiza os riscos, não sendo, portanto, diferente no controle de *D. fovealis* (TANAKA et al., 2000; SIMÕES et al., 2007).

A integração dos métodos favorece ainda a escolha da melhor opção de controle de acordo com a situação ou momento, já que os aspectos produtivos variam em tempo e espaço curtos. Essa condição evita o tão conhecido calendário de aplicação de agrotóxicos, já sabido, responsável por vários problemas no meio agrícola.

Assim, quais métodos podem ser utilizados de forma integrada e como irão favorecer o controle de *D. fovealis* nas condições brasileiras?

1.4 Métodos de manejo para *Duponchelia fovealis*

O controle de *D. fovealis* é realizado basicamente por métodos biológicos, culturais e químicos em outras regiões do mundo como Europa e Estados Unidos, porém em condições ambientais diferentes do Brasil (BRAMBILA; STOCKS, 2010; GILL, 2013; STOKES; HODGES, 2013).

Nas condições brasileiras acredita-se com base em estudos iniciais (SANTOS, 2013; SALOMÃO, 2014; PAES, 2015) que o sucesso para o manejo dessa praga será obtido com o uso do controle biológico e químico. No entanto, a continuidade dos

estudos aponta a importância da utilização de outros métodos, como o comportamental e cultural.

A integração desses métodos tende a favorecer o controle da praga, maximizando as potencialidades e minimizando as desvantagens de cada um. A importância desses métodos de controle, suas potencialidades e limitações são discutidas a seguir.

1.4.1 Controle mecânico

O emprego desse método consiste basicamente na eliminação manual do inseto praga (GALLO et al., 2002). Após a observação em campo de qualquer estágio de desenvolvimento da praga, este pode ser eliminado pelo esmagamento manual, por exemplo.

A cultura do morangueiro demanda tratamentos culturais diários, dependendo do sistema de manejo utilizado (ANTUNES et al., 2006). É o caso do túnel baixo, muito utilizado no cultivo de morangueiro no Espírito Santo. A abertura e o fechamento do túnel em decorrência da variação de fatores ambientais como temperatura e precipitação são seguidos do caminhamento, túnel a túnel, pelos canteiros de cultivo praticamente todos os dias. Nesse caso, qualquer sinal visual da presença do ataque da praga ao morangueiro (folhas atacadas, frutos; presença de fezes e teias na base das plantas) pode ser sucedido de uma busca para sua eliminação mecânica.

A utilização desse método fica limitada ao grau de infestação da lavoura e da disponibilidade de tempo para sua execução. Como vantagem, a facilidade de emprego e eficiência no momento da realização do método vale destaque.

1.4.2 Controle cultural

Devido ao comportamento apresentado por *D. fovealis*, o controle cultural pode representar o sucesso no manejo. Esse método está relacionado às práticas empregadas no cultivo de morangueiro (FADINI et al., 2004).

Como visto anteriormente, insetos adultos ou lagartas utilizam as estruturas vegetais da planta para abrigar-se. Desse modo, algumas medidas são importantes e favorecem o controle da praga quando adequadamente empregadas:

- Eliminação dos restos culturais do morangueiro após o ciclo de cultivo;
- Eliminação de folhas velhas das plantas (limpeza das plantas) em áreas produtivas;

- Eliminação de partes e/ou plantas atacadas;
- Evitar plantios novos ao lado de morangueiro em final de ciclo ou abandonados, o que minimiza a reinfestação;
- Aquisição de material propagativo saudável, sem a presença da praga.

Essas medidas irão interferir basicamente no ciclo da praga, reduzindo o risco de estabelecimento nos campos de cultivo ou de novas infestações.

A grande demanda por mão de obra no cultivo de morangueiro (OLIVEIRA; SCIVITTARO, 2009) impede na maioria das vezes que essas medidas sejam realizadas por alguns produtores, sendo comum situação de canteiros completamente abandonados ao lado de novos plantios (Figura 4A-D).

Outro ponto importante é a menor eficiência de outros métodos de controle sem a utilização do controle cultural (STOKES; HODGES, 2013). A eficiência de inseticidas químicos ou biológicos pode ser seriamente afetada pela ausência dessas medidas culturais. A permanência de folhas velhas pode dificultar o contato desses agentes de controle com o alvo, o que reduzirá a eficiência e aumentará os custos de produção. Pode ainda prejudicar a ação e eficiência do *Trichogramma* ou de outro parasitoide e/ou predador.

A eliminação dos restos culturais reduz o número de ovos, lagartas e até pupas das lavouras, já que esses locais são utilizados pela praga no processo reprodutivo e de alimentação. Com isso, ocorrerá uma redução do crescimento populacional da praga, além da diminuição da dispersão desses insetos entre os cultivos de morangueiro.

Esse método já se mostrou eficiente para o controle de algumas pragas e a associação com algumas medidas legislativas garante a execução do método de controle. É o caso, por exemplo, do controle do bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis* Boheman, 1843 - Coleoptera: Curculionidae) (OLIVEIRA et al., 2006)

A conscientização do produtor rural quanto à importância desse método de manejo é o ponto inicial para o sucesso de sua implementação. Medidas legislativas, como obrigatoriedade de comercialização de mudas sadias por meio de certificação e eliminação de restos culturais após o fim do cultivo seriam importantes no processo de manejo de *D. fovealis* nos estados onde ela se encontra presente.

1.4.3 Controle comportamental

1.4.3.1 Feromônios

Os semioquímicos desempenham papel fundamental nos comportamentos específicos dos insetos. Por meio da detecção ou emissão desses compostos os insetos acasalam, alimentam-se, escolhem ou encontram locais para oviposição, defendem-se contra predadores ou até mesmo organizam a sua comunidade, como no caso dos insetos sociais (ZARBIN et al., 2009).

Os semioquímicos são classificados de acordo com o emissor e o receptor do sinal químico. Quando a comunicação é intraespecífica, ou seja, tanto o emissor quanto o receptor são da mesma espécie o semioquímico é um feromônio. Já, quando os compostos atuam em espécies diferentes, isto é, a comunicação é interespecífica, a substância é um aleloquímico (VILELA; DELLA LUCIA, 2001).

Diversos comportamentos são desencadeados nos insetos pelos feromônios. Dentre os feromônios mais comuns pode citar o feromônio sexual, feromônio de agregação e feromônio de trilha (TILLMAN et al., 1999; ANDO et al., 2004; ANDO; YAMAKADA, 2011).

A utilização do feromônio sexual é limitada a disponibilidade de produtos comerciais, já sintetizados. Pesquisas ao redor do mundo já estudaram 103 dos 447 insetos praga do agronegócio brasileiro, o que representa 23% do total de espécies (ZARBIN et al., 2009). O feromônio sexual de *D. fovealis* já foi sintetizado e é possível encontrá-lo em mercados europeus. O processo de registro junto ao MAPA no Brasil está em andamento, o que possibilitará o seu emprego como mais um método de controle.

O avanço do mercado brasileiro quanto à utilização de semioquímicos no controle de pragas tem sido pequeno. O que se observa é que em culturas onde os programas de manejo integrado de pragas estão bem estabelecidos, como maçã e pêssego, por exemplo, os produtos feromonais estão empregados em maior número, sendo o inverso para outras culturas, onde normalmente o que prevalece são os calendários de aplicação de produtos químicos. (ZARBIN et al., 2009).

A especificidade dos feromônios, o fácil manuseio e a ausência de toxicidade ao homem e ao meio ambiente permitem destaque em programas de manejo de pragas e todo esse potencial deve ser mais explorado e no maior número de culturas possível.

Algumas desvantagens em certos casos podem limitar, no entanto, seu uso. O alto custo inicial para implantação de feromônios em áreas infestadas por pragas, baixa eficiência em nível de campo da molécula isolada na atratividade da praga-alvo ou ainda a ausência de feromônios disponíveis para a gama de insetos praga (MOREIRA et al., 2005; ARIOLI et al., 2013).

Quando existe a disponibilidade comercial e viabilidade econômica, o uso de feromônios no controle de pragas poderá ser utilizado de três formas:

- Para o monitoramento da população do inseto praga por meio de armadilhas e feromônios;
- Captura massal;
- Interferência no acasalamento dos insetos ou confundimento sexual.

As suas diferentes possibilidades de uso para o controle de *D. fovealis* e alguns exemplos de sucesso na utilização de feromônios no manejo de pragas são descritos a seguir.

1.4.3.2 Monitoramento

Normalmente um feromônio sexual sintético é utilizado nesse processo. Armadilhas contendo feromônio podem ser utilizadas para determinação da presença da praga em uma determinada área, sua densidade e/ou flutuação ao longo do ano.

A eficiência desse método está na rápida resposta quanto à incidência da praga nos cultivos. O monitoramento de pragas vem sendo utilizado em todas as partes do mundo (SILVA, 2002).

Caso de sucesso com o monitoramento e que serve de exemplo para a importância da utilização do monitoramento da população de *D.fovealis* está na cultura do mamão e do pêssego.

Em cultivos comerciais de mamão para exportação, a mosca-das-frutas *Ceratitits capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae) deve ter a sua população monitorada semanalmente por meio do feromônio sexual Trimedlure em armadilhas do tipo Jackson, sendo uma armadilha a cada dois hectares. Quando o índice de moscas por armadilha/semana atinge 14 moscas, estas devem ser controladas. Já para índices que excedem 14 moscas/armadilha/semana as colheitas de mamão devem ser suspensas nesses campos de produção (MARTINS et al., 2013).

Esse monitoramento é obrigatório para o cultivo de mamão produzido com vista à exportação para os Estados Unidos, principalmente. O principal fator é a importância quarentenária de *C. capitata* para esse país (MARTINS et al., 2013).

Outro caso de sucesso do uso de feromônio sexual no monitoramento de pragas ocorre na cultura do pêssego na amostragem da mariposa oriental *Grapholita molesta* (Busck, 1916) (Lepidoptera: Tortricidae). Produtores do Rio Grande do Sul baseavam as medidas de controle somente no uso de inseticidas químicos, com calendários já estabelecidos para tal. Os critérios utilizados para a aplicação levavam em conta apenas informações meteorológicas e estágio fenológico da cultura, sem basear-se na população da praga presente nos cultivos (BOTTON et al., 2001).

Com a utilização do monitoramento através do feromônio sexual o conhecimento da flutuação populacional passou a ser possível, indicando o momento ideal para utilização de métodos de controle (ARIOLI et al., 2005).

Foram observados quatro picos populacionais de *G. molesta* durante o período produtivo, entre agosto e janeiro, em Bento Gonçalves-RS. Dessa forma, as aplicações foram reduzidas a apenas quatro, índice muito menor do que as aplicações anteriores, baseadas em calendários, que eram realizadas em média a cada 10-15 dias (ARIOLI et al., 2005).

Esses exemplos ratificam que o monitoramento é o passo inicial em qualquer processo de controle de praga. Para *D. fovealis*, o monitoramento com feromônio sexual em caráter experimental tem sido realizado desde 2013 na região serrana do Espírito Santo em cultivos de morangueiro. Dados preliminares indicam uma maior população em épocas quentes, com picos populacionais entre novembro e março. Além disso, o monitoramento, como era esperado, em propriedades com pouco ou nenhum trato cultural relacionado ao controle de *D. fovealis*, apresenta índices populacionais elevados, com picos de até 400 machos capturados em apenas 24 horas de coleta em armadilha do tipo delta.

Espera-se que os dados de monitoramento possam indicar épocas mais críticas para a cultura quanto ao ataque de *D. fovealis* e que sua flutuação populacional seja compreendida, possibilitando assim a utilização de métodos de controle na época adequada visando maior eficiência do seu manejo.

1.4.3.3. Coleta massal

O feromônio na coleta massal objetiva a captura do inseto-alvo em armadilhas buscando a sua diminuição ou até mesmo sua eliminação no ambiente de cultivo. Para isso, altas densidades de armadilhas são utilizadas para capturar o máximo possível de insetos (SILVA, 2002; ZARBIN et al., 2009).

O número de armadilhas por área deve ser estabelecido com base em critérios como o fator econômico e a manutenção das armadilhas em campo (CRUZ et al., 2012). Essas informações ainda são incipientes para *D. fovealis*.

Esse método pode diminuir significativamente o uso de produtos químicos ou até eliminá-lo dos campos de cultivo. Na cultura do morangueiro, onde a colheita dos frutos ocorre em média de duas a três vezes por semana e o consumo é rápido, o menor uso de agrotóxicos proporcionará maior qualidade ambiental e maior qualidade do morango produzido.

A viabilidade da coleta massal de *D. fovealis* precisa ser analisada de modo que ocorra a redução dos custos com as armadilhas, fator esse que pode limitar o seu uso.

1.4.3.4. Confundimento ou confusão sexual

Com o intuito de prejudicar ou limitar a comunicação sexual entre os machos e fêmeas, um grande volume de feromônio sintético é liberado na área de controle. Desse modo, a localização dos parceiros sexuais é dificultada ou muitas vezes não ocorre. Com isso, o acasalamento diminui, reduzindo a geração seguinte (SILVA, 2002).

Novamente o custo com o feromônio pode representar uma grande limitação para uso desse método de controle. Como comparação, pomares de macieira em Fraiburgo-SC foram utilizados em teste visando à redução de aplicação de defensivos químicos para o controle de *G. molesta*. Quinhentos difusores por hectares representaram redução de 77% no uso de inseticidas químicos devido à confusão sexual provocada pelo feromônio (MONTEIRO et al., 2008).

Como normalmente os agricultores que cultivam morangueiro o fazem em áreas pequenas, menores do que 0,4 hectares em média, o uso da técnica do confundimento para o controle de *D. fovealis* pode ser economicamente viável em longo prazo, necessitando de maiores estudos.

Estabelecer todos os parâmetros importantes para o emprego da técnica, como número de difusores por área, tempo de atratividade, melhor armadilha a ser utilizada, dentre outros, faz-se necessário para a implantação com sucesso do método.

1.4.4 Armadilha luminosa

A armadilha luminosa é um aparelho que atrai insetos utilizando um ou vários espectros de luz (NAKANO; LEITE, 2000). Esses insetos atraídos pela luz são denominados de fototrópicos positivos. Uma grande maioria de mariposas, como é o caso de *D. fovealis*, é atraída pela luz, (HOFFMAN, 2010) em comprimentos de onda que variam entre 300 e 390 nanômetros. As armadilhas luminosas podem ser utilizadas em diversos estudos que variam desde a flutuação populacional até no controle de pragas (SILVEIRA NETO et al., 1973).

Nos Estados Unidos e Reino Unido a armadilha luminosa vem sendo utilizada com sucesso para *D. fovealis*, com captura de insetos já registrada a distâncias que variam entre 10 e 100 quilômetros dos pontos de infestação (HOFFMAN, 2010).

Sua utilização atua então nos mesmos preceitos do uso de feromônios, reduzindo a população de adultos, afetando o número de acasalamentos e posturas, e conseqüentemente limitando o número de gerações futuras. Uma desvantagem da armadilha luminosa em relação aos semioquímicos está no amplo espectro de ação dessas armadilhas, já que qualquer inseto seja ele praga, inimigo natural ou polinizador, que é atraído pela luz, será capturado. Além disso, seu uso pode ser limitado no cultivo de morangueiro em sistemas de túnel baixo, já que eles permanecem fechados durante o período noturno, principal momento de voo das mariposas de *D. fovealis*. Esse manejo dos túneis dificulta a propagação de luz pelo cultivo de morango e vem sendo alvo de estudos para que esse efeito possa ser amenizado.

1.4.5 Controle biológico

O controle biológico no sistema agrícola pode ser abordado, de acordo com suas concepções, em controle biológico natural e controle biológico aplicado.

Dentro do conceito do controle biológico natural a população dos inimigos naturais, responsáveis por manter a população das pragas em níveis baixos, ocorre de maneira natural, dessa forma estes são responsáveis pela mortalidade dos insetos

nocivos em um agroecossistema, o que permite um equilíbrio populacional das pragas. (PEREIRA et al., 2009).

Em relação ao controle biológico aplicado, o homem terá influência direta no processo. Agentes de controle biológico após importação e introdução, podem ser liberados de forma inoculativa no ambiente visando principalmente o controle de pragas exóticas ou eventualmente pragas nativas. É denominado nesse caso como controle biológico clássico. Em contrapartida, após criação massal em laboratório e visando à rápida redução do inseto praga, os agentes de controle biológicos podem ser liberados de forma inundativa, configurando, dessa forma o controle biológico aplicado (GALLO et al., 2002).

A premissa do controle biológico é baseada na diminuição de uma determinada população de praga através da utilização de predadores, parasitas ou patógenos (HAWKINS; CORNELL, 1999) e é discutido abaixo sua aplicação no controle de *D. fovealis*.

1.4.5.1 Bactérias entomopatogênicas

A bactéria entomopatogênica (responsável por causar doença em insetos) mais utilizada no mundo como biopesticida é o *Bacillus thuringiensis* (CAPALBO et al., 2008).

Essa bactéria é naturalmente encontrada no solo (BOBROWSKI et al., 2003). Durante a sua fase de esporulação elas sintetizam proteínas que se acumulam nos polos da célula na forma de cristais que são compostos por uma ou mais proteínas Cry, (HÖFTE; WHITELEY, 1989; PEFERÖEN, 1997). Essas proteínas são inócuas para a maioria dos organismos, entre eles insetos benéficos, já que apesar de serem altamente tóxicas são específicas (HERRERO et al., 2001; SIEGEL, 2001).

A utilização de *Bacillus thuringiensis* para o controle de *D. fovealis* apresentou resultados altamente promissores em testes iniciais de laboratório com produtos comerciais à base de Bt. A mortalidade chegou a 96% no primeiro ínstar larval, 61% e 56%, respectivamente, para o segundo e terceiro ínstar com o uso do produto comercial Agree[®]. Mortalidade um pouco menor também foi obtida com Dipel[®]. A mortalidade foi de cerca de 87%, 51% e 37% nos três primeiros ínstars larvais, respectivamente (SALOMÃO, 2014).

Esses resultados demonstram o potencial da bactéria entomopatogênica no controle de *D. fovealis*, necessitando ainda de estudos em condições de campo para sua aplicação.

1.4.5.2 Nematoides entomopatogênicos

Nematoides entomopatogênicos, popularmente conhecidos como “NEPs”, podem ser definidos como nematoides que possuem a capacidade de matar insetos ou causar patologias a eles, assim como outros agentes de controle biológicos, tais como fungos, vírus e bactérias (CAMPOS et al., 2010; ORTIZ-URQUIZA et al., 2010; TOLEDO et al., 2010). Essa capacidade está associada à relação simbiótica com bactérias dos gêneros *Xenorhabdus* e *Photorhabdus* (KAYA; GAUGLER, 1993).

Ao penetrar no corpo do inseto, a bactéria mutualística, armazenada no trato digestivo dos nematoides, é regurgitada na hemolinfa do inseto, o que levará o hospedeiro à morte por septicemia em aproximadamente 24-48 horas (MILES et al., 2012). O conteúdo interno do inseto será utilizado como fonte de alimento para a sobrevivência e reprodução dos NEPs, que normalmente permanecem por duas ou três gerações no mesmo hospedeiro, aonde posteriormente os Juvenis Infectantes irão à busca de novos hospedeiros (GREWAL et al., 2001).

Alta virulência, capacidade de matar rapidamente o hospedeiro, facilidade de criação *in vitro* e alto potencial reprodutivo (KAYA; GLAUGLER, 1993) são indicativos que a utilização de nematoides entomopatogênicos pode favorecer o seu uso no controle de *D. fovealis*.

1.4.5.3 Parasitoides de ovos

Diversos países no mundo utilizam com sucesso os parasitoides de ovos do gênero *Trichogramma*, que são aplicados no controle de mais de 70 famílias de insetos praga em liberações inundativas, totalizando uma área de aproximadamente 32 milhões de hectares (PRATISSOLI; PARRA, 2011). *Trichogramma brassicae* Bezdenko, 1968 e *T. cacoeciae* Marchal, 1927 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) (ZIMMERMANN, 2004) já foram testados com sucesso na Alemanha no controle de *D. fovealis*.

A grande variabilidade das espécies de *Trichogramma* no Brasil, a facilidade de produção massal e o grande número de hospedeiros viabilizam o estudo e o uso desse parasitoide no controle de *D. fovealis*.

Contudo, alguns fatores determinam o sucesso do uso de *Trichogramma* e precisam ser determinados. Tais fatores são: parasitismo, viabilidade, duração do ciclo, razão sexual e longevidade (SCHOLLER; HASSAN, 2001; BUENO et al., 2009).

1.4.6 Controle químico

Recentemente introduzida no Brasil, *D. fovealis* ainda não possui no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, nenhum inseticida registrado para seu controle no cultivo do morangueiro (AGROFIT, 2016). Em junho de 2015 o produto comercial Pirate[®] foi liberado em caráter emergencial (DOU 117, 23/06/2015 – IDAF 2016). Seu uso está prorrogado para a cultura do morangueiro até março de 2016 (DOU 53 – IDAF 2016).

Em outras regiões do mundo onde sua ocorrência é constatada alguns inseticidas vêm sendo utilizados com alguma eficiência. Em Portugal Karate Zeon[®] (lambda-cialotrina) na dosagem de 15mL/100L; Decis[®] (deltametrina) a 30mL/100L; Spintor[®] (spinosade) a 20-5 25mL/100L (FRANCO; BAPTISTA 2010), e Pirate[®] (clorfenapir) na dosagem de 100mL/100L (SOUZA et al., 2013), já estão sendo utilizados.

Outros países europeus têm utilizado ainda fluvalinato, deltametrina, esfenvalerato, lambda-cialotrina, orthene e bifentrina (STOCKS; HODGES, 2013) com mortalidade de até 75%. Na Califórnia imidacloprid, metomil, ethoprop, emamectina, permetrina, chlorantraniliprole, azadirachtin e acefato têm sido empregados no controle de *D. fovealis* (BETHKE; VANDER MEY, 2013).

No Brasil, Souza (2014) em teste de laboratório no controle de *D. fovealis* observou que inseticidas a base de clorfenapir, indoxacarbe e lambda-cialotrina + chlorantraniliprole com 70,9; 80 e 100% de mortalidade, respectivamente, são promissores para utilização no controle de *D. fovealis*. Enquanto no mesmo estudo, não houve eficiência de lambda-cialotrina, milbemectina, ciromazina, tiametoxam, metoxifenoza e deltametrina.

Processos de registros no MAPA, bem como estudos que avaliem efeitos subletais, de resistência e seletividade ainda necessitam execução, para proporcionar segurança e eficiência na sua utilização.

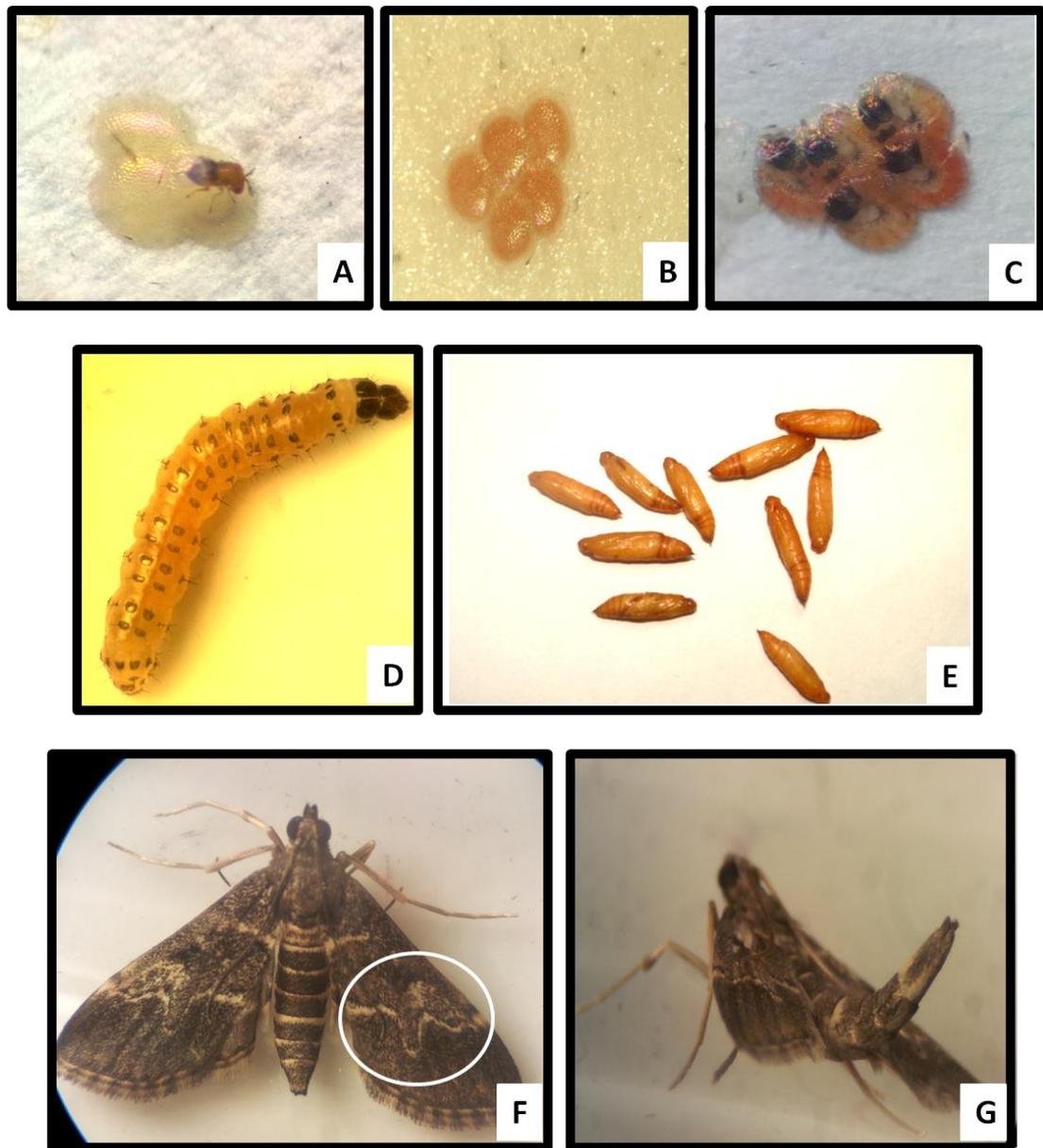


Figura 1. Fases do desenvolvimento de *Duponchelia fovealis*. A-B-C; ovos de *Duponchelia fovealis* em diferentes fases e coloração; D. lagarta no quarto ínstar de desenvolvimento; E. pupas; F. fêmea com destaque para a linha em forma de “U”; G. macho com o abdômen recurvado em ângulo de 90°.

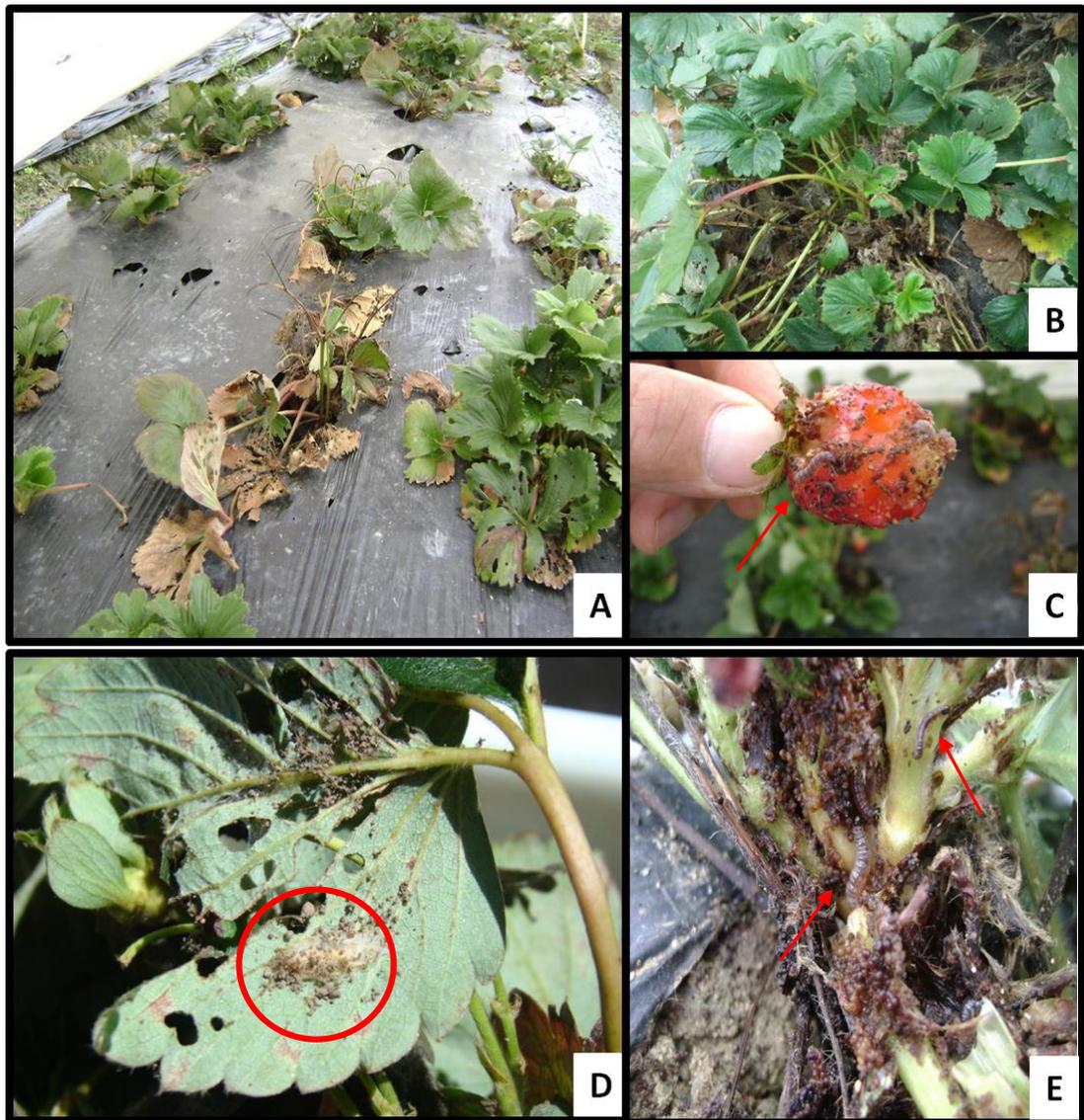


Figura 2: Injúrias provocadas por *Duponchelia fovealis* na cultura do morangueiro. A. plantas atacadas, com perfurações nas folhas e desenvolvimento comprometido; B. região basal da planta com folhas mortas; C. lagartas alimentando-se do pseudofruto de morango; D. folha danificada e pupa em casulo típico da praga; E. lagartas alimentando-se da região da coroa da planta com intensa deposição de excrementos.

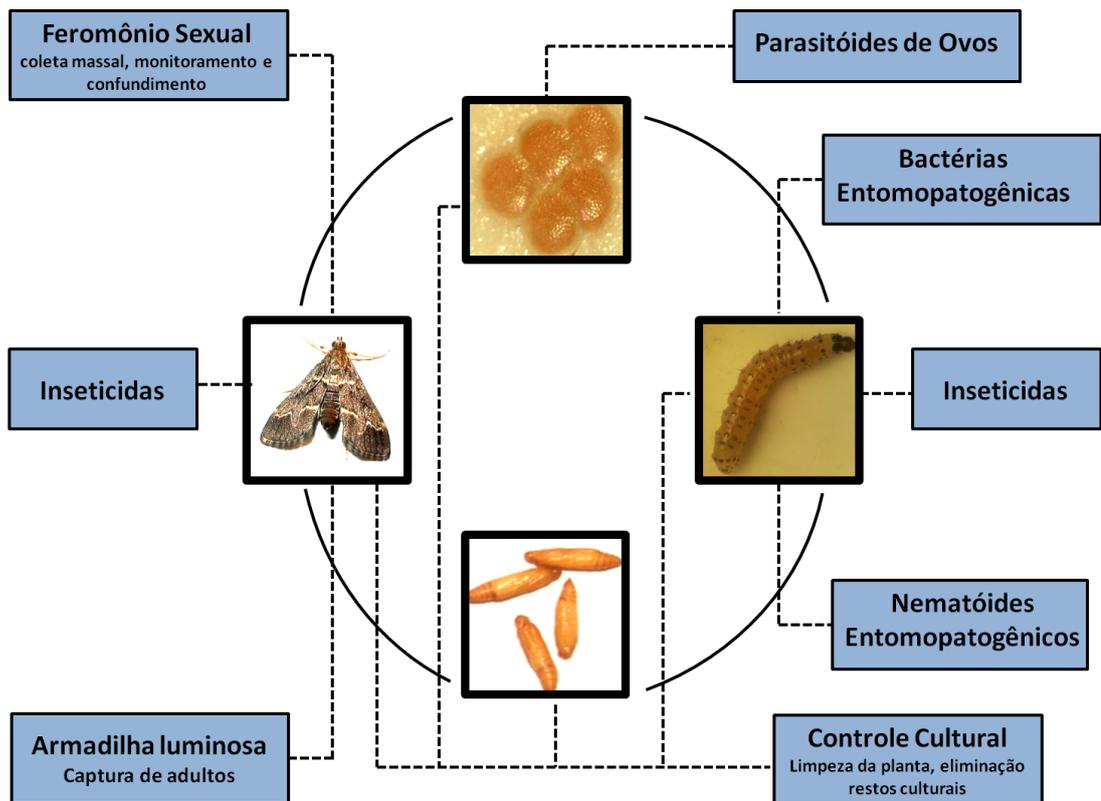


Figura 3: Fases do desenvolvimento de *Duponchelia fovealis* e o emprego de métodos de manejo de acordo com o estágio de desenvolvimento da praga.

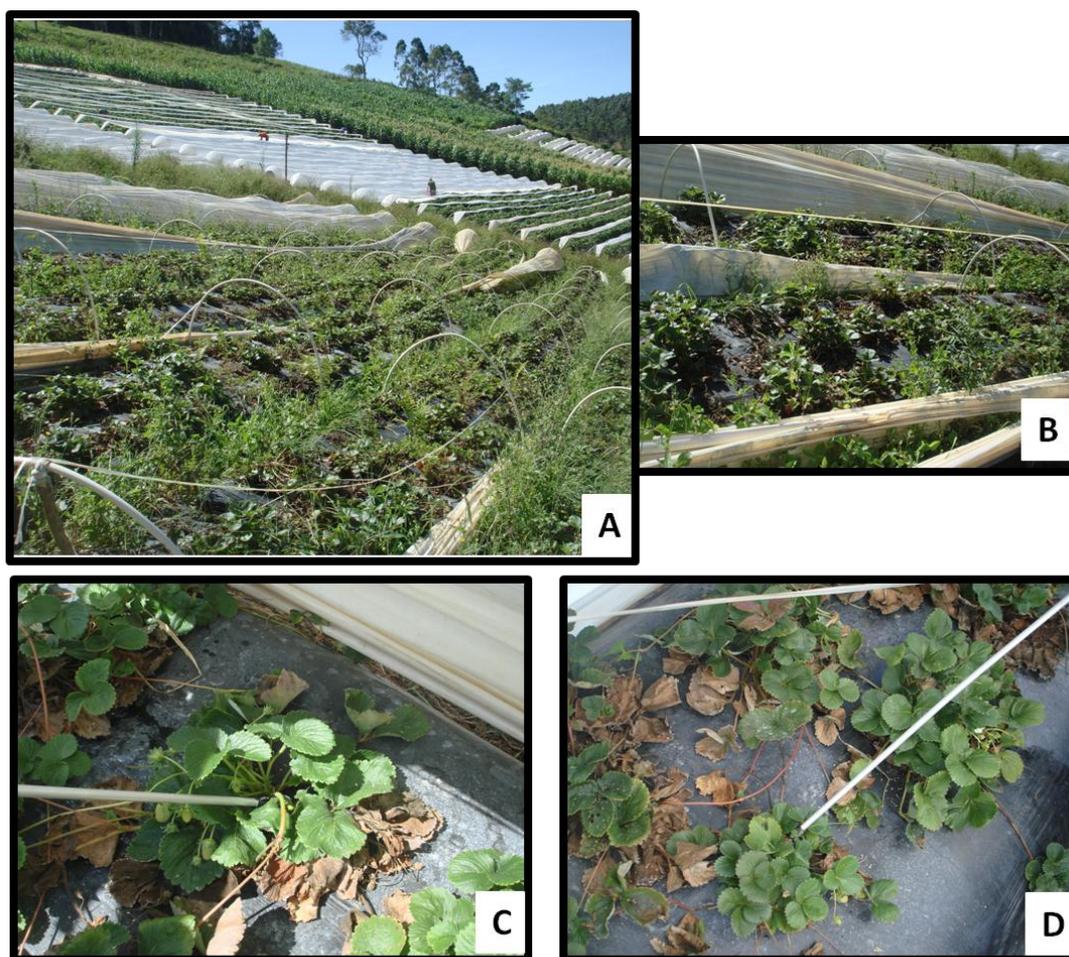


Figura 4: Ausência de controle cultural no morangueiro. A. cultivos novos de morangueiro ao lado de cultivos abandonados; B. destaque para o canteiro abandonado - plantas ainda favorecem a alimentação de *Duponchelia fovealis* e sua manutenção na área; C-D. plantas sem os tratos culturais adequados (eliminação de folhas velhas), criando um ambiente favorável ao desenvolvimento de *Duponchelia fovealis*.

1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGROFIT. 2016. **Sistema de agrotóxicos Fitossanitários do MAPA**. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit>>. Acesso: 09 fev. 2016.
- ANDO, T.; INOMATA, S.; YAMAMOTO, M. 2004. Lepidopteran sex pheromones. **Topics in Current Chemistry**, v.239, p.51– 96.
- ANDO, T.; YAMAKAWA, R. 2011. Analyses of lepidopteran sex pheromones by mass spectrometry. **Trends in Analytical Chemistry**, v.30, n.7, p.990-1002.
- ANTUNES, O.T.; CALVETE, E.O.C.; ROCHA, H.C.; NIENOW, A.A.; MARIANI, F.; WESP, C.L. 2006. Floração, frutificação e maturação de frutos de morangueiro cultivados em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.24, p.426-430.
- ARIOLI, C.J.; BOTTON, M.; MAFRA-NETO, A.; MOLINARI, F.; BORGES, R.; PASTORI, P.L. 2013. **Feromônios sexuais no manejo de insetos-praga na fruticultura de clima temperado**. Florianópolis: Epagri. 58p. (Epagri. Boletim Técnico, 159).
- BALBINO, J.M.S; COSTA, H.; TEIXEIRA, C.P.; PREZOTTI, L. C.; FORNAZIER, M. J. 2005. Avanços e estratégias para a sustentabilidade do agronegócio do morango no estado do Espírito Sant. **In: 45º Congresso Brasileiro de Olericultura, 2005, Fortaleza-CE**.
- BETHKE, L.; VANDER MEY, B. 2010. Pest Alert: *Duponchelia fovealis*. **University of California Cooperative Extension San Diego**, p.1-3. Disponível em: <<http://ucanr.org/sites/cetest/files/55177.pdf>>. Acesso: 25 nov. 2014.
- BOBROWSKI, V.L.; FIUZA, L.M.; PASQUALI, G.; BODANESE-ZANETTINI, M.H. 2003. Genes de *Bacillus thuringiensis*: uma estratégia para conferir resistência a insetos em plantas. **Ciência Rural**, v.34, n.1, p.843-850.
- BONSIGNORE C.P.; VACANTE V. 2010. *Duponchelia fovealis* (Zeller). Une nuova emergenza per la fragola?. **Protezione delle colture**, p.40-43.
- BOTTON, M.; ARIOLLI, C.J.; COLLETTA, V.D. 2001. **Monitoramento da mariposa oriental *Grapholita molesta* (Busck, 1916) na cultura do pessegueiro**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho. 4p. (Embrapa: Uva e Vinho. Comunicado Técnico, 38).
- BRAMBILA, J.; STOCKS, I. 2010. The European Pepper Moth, *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae), a Mediterranean Pest Moth Discovered in Central Florida. **Pest Alert created**, p. 1-4.
- BUENO, R.C.O.F.; PARRA, J.R.P.; BUENO, A.F.; HADDAD, M. 2009. Desempenho de Tricogramatídeos como potenciais agentes de controle de *Pseudoplusia includens* Walker (Lepidoptera: Noctuidae). **Neotropical Entomology**, v.38, n.3, p.389-394.

- CAMPOS, R.A.; BOLDO, J.T.; PIMENTEL, I.C.; DALFOVO, V.; ARAÚJO, W.L.; AZEVEDO, J.L.; VAINSTEIN, M.; BARROS, N.M. 2010. Endophytic and entomopathogenic strains of *Beauveria* sp to control the bovine tick *Rhipicephalus (Boophilus) micropluSteinernema* **Genetics and Molecular Research**, v.9, p.1421-1430.
- CAPALBO, D. M. F.; MORAES, I. O.; ARANTES, O. M. N.; REGIS, L. N.; VEGA, O. F.; BENINTENDE, G. B.; GUIMARÃES, S. E.; ARRUDA, R. O. M.; MORAES, R. O. 2008. Produção de bactérias entomopatogênicas na América Latina. **In:** ALVES, S. B.; LOPES, R. B. Controle Microbiano de Pragas na América Latina: avanços e desafios. Piracicaba: FEALQ. p. 239-256.
- CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M.L.C.; SILVA, R.B. 2012. **Uso de armadilha com feromônio sexual no processo de tomada de decisão para o controle de *Spodoptera frugiperda* (lagarta-do-cartucho) em milho.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 26p. (Embrapa: Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 62).
- DAROLT, M.R. 2008. Morango orgânico: opção sustentável para produtores, consumidores e meio ambiente. **Revista campo & negócio**, a.2, n.34, p.58-61.
- EFIL, L.; EFIL, F.; ATAY, E. 2011. New pest *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) in peanut field. **Journal of Applied Biological Sciences**, v.5, n.3, p. 65-67.
- ESPINOSA, B.; SANNINO, L.; BENEDETTO, P.; MANCINO, O.; GRIFFO, R. 2014. Report of *Duponchelia fovealis* infesting melon and watermelon in Campania, Italy. **Informatore Agrario**, v.70, n.32, p.56-57.
- FADINI, M.A.M; PALLINI, A.; VENZON, M. 2004. Controle de ácaros em sistema de produção integrada de morango. **Ciência Rural**, v.34, n.4, p.1271-1277.
- FORNAZIER, M. J.; PRATISSOLI, D.; MARTINS, D dos S.; DALVI, L. P.; TEIXEIRA, C. P.; SILVA, A. T. da; THOMPSON, E. L.; RODRIGUES, A. K.; PRATES, R. S.; COZER, E.; MOREIRA, J. P. de A.; BECALLI, L.; PAES, J. P. P.; TIBURCIO, M. O. 2011. **Praga exótica no estado do Espírito Santo – *Duponchelia fovealis* Zeller, 1847 (Lepidoptera: Crambidae).** Morango mais saudável – Morango monitorado e rastreado. Vitória. ES. (Folder).
- FRANCO, M. C.; BAPTISTA, M. C. 2010. *Duponchelia fovealis* Zeller – nova praga em Portugal. **Frutas, legumes e flores - a revista dos profissionais**, v.110, p.34-35.
- GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BATISTA, G.C. de; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIM, J.D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. 2002. **Entomologia agrícola.** Piracicaba, Fealq, 920p.
- GARCIA, I.P.; CHIAVEGATO, L.G. 1997. Resposta funcional e reprodutiva de *Phytoseiulus macropilis* (Banks, 1905) (Acari: Phytoseiidae) a diferentes

- densidades de ovos de *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) (Acari: Tetranychidae). **Científica**, v.25, n.1, p.35-43.
- GILL, S. 2013. European Pepper Moth Found in Maryland. Integrated Pest Management for Commercial Horticulture. University of Maryland Extension – Solutions in your Community. **Pest Alert Created**, p.1-4.
- GREWAL, P.S.; NARDO, E.A.B.; AGUILLERA, M.M. 2001. Entomopathogenic Nematodes: Potential For Exploration and Use in South America. **Neotropical Entomology**, v.30, n.2, p.191-205.
- GUIMARÃES, J.A.; MICHEREFF FILHO, M.; RIBEIRO, M.P.G.M.; RONALDO LIZ, R.S.; GUEDES, I.M.R. 2009. **Ocorrência e manejo da broca-do-morangueiro no Distrito Federal**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 5p. (Embrapa Hortaliças. Comunicado Técnico, 74).
- GUIMARÃES, J.A.; MICHEREFF FILHO, M.; RIBEIRO, M.P.G.M.; JUNQUEIRA, A.M.R.; LIZ, R.S. 2010. **Descrição e manejo das principais pragas do morangueiro**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 8p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 90).
- HAWKINS, B.A.; CORNELL, H.V. 1999. Theoretical approaches to biological control. Cambridge: Cambridge University. 412p.
- HERRERO, S.; OPPERT, B.; FERRÉ, J. 2001. Different mechanisms of resistance to *Bacillus thuringiensis* toxins in the indianmeal moth. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 67, n.3, p.1085-1089.
- HOFFMAN, K. 2010. Plant Health And Pest Prevention Services Pest Detection - Emergency Projects. A Crambid Moth: *Duponchelia fovealis* (Zeller). **County of Kern**, p. 1-2.
- HÖFTE, H.; WHITELEY, H.R. 1989. Insecticidal crystal proteins of *Bacillus thuringiensis*. **Microbiological Reviews**, v.53, p.242-255.
- IDAF. 2016. **Produtos agrotóxicos cadastrados no Estado do Espírito Santo**. Disponível em: <<http://idaf.es.gov.br/psges/wfprodutosagrototoxicos>>. Acesso: 09 fev. 2016.
- INCAPER. 2010. **Morango capixaba: garantia de qualidade**. Informativo especial do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. Ano 1. n.1.
- KAYA, H.K.; GAUGLER, R. 1993. Entomopathogenic nematodes. **Annual Review of Entomology**, v. 38, p.181–206.
- MARTINS, D.S.; FORNAZIER, M. J.; FANTON, C.J. 2013. **Manejo de pragas**. Belo Horizonte: EPAMIG, v.34, n.275, p.68-77. (Epamig. Informe Agropecuário).

- MESSELINK, G.; VAN WENSVEEN, W. 2003. Biocontrol of *Duponchelia fovealis* (Lepidoptera: Pyralidae) with soil-dwelling predators in potted plants. **Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences**, v.68, n.4a, p.159-165.
- MILES, C.; BLETHEN, C.; GAUGLER, R.; SHAPIRO-ILAN, D. I.; MURRAY, T. 2012. Using Entomopathogenic Nematodes for Crop Insect Pest Control. **A Pacific Northwest Extension Publication**, 544, p.1-9.
- MONTEIRO, L.B.; SOUZA, A.; BELLI, L. 2008. Confusão sexual para o controle de *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae), em pomares de macieira, em Fraiburgo (SC), Brasil. **Bragantia**, v.67, n.1, p.191-196.
- MOREIRA, M.A.B.; ZARBIN, P.H.G.; CORACINI, M.D.A. 2005. Feromônios associados aos coleópteros-praga de produtos armazenados. **Química nova**, v.28, n.3, p.472-477.
- MURPHY, G. 2008. An overview of *Duponchelia* control options. Disponível em: <<http://www.greenhousecanada.com/content/view/1424/38/>>. Acesso: 26 nov. 2014.
- NAKANO, O.; LEITE, C. A. 2000. **Armadilhas para insetos**. Piracicaba: FEALQ, 80p.
- OLIVEIRA, R.P.; SCIVITTARO, W.B. 2006. Desempenho produtivo de mudas nacionais e importadas de morangueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, n.3, p.520-522.
- OLIVEIRA, I.R.; CARVALHO, H.W.L.; MOREIRA, M.A.B.; RIBEIRO, S.S. 2006. **Manejo os restos culturais (soqueira) do algodoeiro como ferramenta de combate as pragas**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 8p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Circular Técnica 41).
- OLIVEIRA, R. P. de; SCIVITTARO, W. B. 2009. Produção de frutos de morango em função de diferentes períodos de vernalização das mudas. **Horticultura Brasileira**, v.27, n.1, p. 91-95.
- ORTIZ-URQUIZA, A., RIVEIRO-MIRANDA, L., SANTIAGO-ÁLVAREZ, C.; QUESADA-MORAGA, E. 2010. Insect-toxic secreted proteins and virulence of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. **Journal Invertebrate Pathology**. v.105, p.270-280.
- PAES, J.P.P. 2015. **Seleção e caracterização de *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae)**. 83p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal-Entomologia) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre.
- PAES, J.P.P.; PIROVANI, V.D.; PRATISSOLI, D. 2015. Lagarta do morangueiro. In: PRATISSOLI, D. (org.). **Pragas emergentes no estado do Espírito Santo**. Alegre, Unicopy. cap.13, p.88-95.

- PEFERÖEN, M. 1997. Progress and prospects for field use of Bt genes in crops. **Trends in Biotechnology**, v.15, p.173-177.
- PEREIRA, J. M.; SEII, A. H.; OLIVEIRA, M. F.; BRUSTOLIN, C.; FERNANDES, P. M. 2009. Mortalidade de lagartas de *Spodoptera eridania* (Cramer) pela utilização de *Bacillus thuringiensis* (Berliner). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 2, p. 140-143.
- PIJNAKKER, J. 2001. *Duponchelia fovealis*, the dreaded lepidopteran of pot plants in the Netherlands. (*Duponchelia fovealis*, le lepidoptere redoute des plantes en pot aux Pays-Bas.) **PHM Revue Horticole**, v.429, p. 51-53.
- PRATISSOLI, D.; PARRA, J.R.P. 2001. Seleção de linhagens de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) para o controle das traças *Tuta absoluta* (Meyrick) e *Phithorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Neotropical Entomology**. v.30, p.277-282.
- PRATISSOLI, D.; PIROVANI, V.D.; CARVALHO, J.R.; DALVI, L.P. 2015. Manejo de pragas para a cultura do morangueiro: sem resíduo de agrotóxico. Alegre: Nudemafi. 64p. (Nudemafi: Série Técnica n.2).
- REISSER JÚNIOR, C.; ANTUNES, L.E.C.; GONCALVES, M.A. 2014. Panorama do cultivo de morangos no Brasil. **Revista Campo & Negócios HF**, v.8, p.58-59.
- SALOMÃO, K.P.O.S. 2014. **Extratos vegetais e *Bacillus thuringiensis* visando o manejo de *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae)**. 2014. 60f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal – Fitossanidade). Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre.
- SANTOS, F.M. 2013. **Toxicidade de inseticidas para *Duponchelia fovealis* (Zeller) (Lepidoptera: Crambidae) e potencial parasitismo por *Cotesia flavipes* (Cam.) (Hymenoptera: Braconidae)**. 61f. Dissertação (Mestrado em Entomologia Agrícola). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- SCHOLLER, M.; HASSAN, S.A. 2001. Comparative biology and life tables of *Trichogramma evanescens* and *T. cacoeciae* with *Ephestia elutella* as host at four constant temperatures. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.98, p.35-40.
- SIEGEL, J.P. 2001. The mammalian safety of *Bacillus thuringiensis* based insecticides. **Journal of Invertebrate Pathology**, v.77, p.13-21.
- SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BALDIN, D. 1973. **Ecologia dos insetos**. Piracicaba: Esalq/USP, 254p.
- SIMÕES, J. C.; FADINI, M.A.M.; VENZON, M. 2007. Manejo integrado de pragas na cultura do morango. **In: Morango: conquistando novas fronteiras**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.26, n.236, p.56-63.

- SILVA, C.A.D. 2002. **Feromônios para o controle de pragas do algodoeiro**. Campina Grande: Embrapa: Algodão. 48p. (Embrapa. Circular Técnica, 91).
- SOUZA, J.C.; SILVA, R.A; SILVEIRA, E.C.; ABREU, F.A.; TOLEDO, M.A. 2013. **Ocorrência de nova praga nas lavouras de morango no Sul de Minas**. EPAMIG. Circular Técnica n.180, p.1-5.
- STOKES, S. D.; HODGES, A. 2013. European pepper moth or southern European marsh pyralid. **University of Florida**. p.1-16. Disponível em: <http://entnemdept.ufl.edu/creatures/veg/leps/european_pepper_moth.htm>. Acesso: 25 nov. 2014.
- TANAKA, M. A. S.; BETTY, J. A PASSOS, F. A. 2000. **Manejo integrado de pragas e doenças do morangueiro**. São Paulo: Secretaria da Agricultura e Abastecimento, v. 5, 61p.
- TILLMAN, J.A.; SEYBOLD, S.J.; JURENKA, R.A.; BLOMQUIST, G.J. 2011. Insect pheromones - an overview of biosynthesis and endocrine regulation. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v.29, p.481-514.
- TOLEDO, A.V.; DE REMES LENICOV, A.M.; LOPEZ-LASTRA, C.C. 2010. Histopathology caused by the entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*, in the adult planthopper, *Peregrinus maidis*, a maize virus vector. **Journal Insect Science**, v.10, 35.
- TREMATERRA P. 1990. Morphological aspects of *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). **Redia**, v.73, p.41-52.
- TROPICOS.ORG. 2014. **Missouri Botanical Garden**. Disponível em: <<http://www.tropicos.org>>. Acesso em: 04 jan. 2016.
- VILELA, E.F.; DELLA LÚCIA, T.M.C. 2001. Introdução aos semioquímicos e terminologia. In: VILELA, E.F.; DELLA LÚCIA, T.M.C. (Eds.). Feromônios de insetos: biologia, química e emprego no manejo de pragas. Ribeirão Preto, p.9-12.
- ZARBIN, P.H.G.; RODRIGUES, M.A.C.M.; LIMA, E. 2009. Feromônios de insetos: tecnologia e desafios para uma agricultura competitiva no Brasil. *Química Nova*, v.32, n.3, p.722-731.
- ZAWADNEAK, M. A., GONÇALVES, R.B., KUHN, T., ARAUJO, E., DOLCI, E., SANTOS, B., SILVA, C., BENATTO, A.; VIDAL, H. 2011. Morango: novo desafio. **Cultivar HF**, p.30-32.
- ZIMMERMANN, O.; VON, D.E. 2004. Der Einsatz von *Trichogramma*-Schlupfwespen in Deutschland. **Gesunde Pflanzen**, v. 56, p.157-166.

2 CAPÍTULO II

NÚMERO IDEAL E CAPACIDADE DE DISPERSÃO DE *Trichogramma* PARA O MANEJO DE *Duponchelia fovealis* Zeller

RESUMO

A determinação do número ideal e da capacidade de dispersão de inimigos naturais é fundamental em programas que utilizam o controle biológico de pragas. Esse estudo determinou o número ideal e a capacidade de dispersão de *Trichogramma galloi* e *T. pretiosum*, ambos linhagem comercial Koppert[®], que apresentou o melhor comportamento biológico para o controle de ovos de *Duponchelia fovealis* na cultura do morangueiro em sistema de túnel baixo, após 24, 48 e 72 horas de liberação dos parasitoides. O número ideal foi estimado com base na liberação de fêmeas de *Trichogramma* na proporção de 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 e 128 por ovos de *D. fovealis*, em uma gaiola (40x40x120 cm) confeccionada com tecido TNT. A estimativa do número ideal foi de quatro fêmeas de *Trichogramma* por ovo da praga para ambas as espécies dos parasitoides estudados. Já a capacidade de dispersão e parasitismo em 24, 48 e 72 horas da liberação do parasitoide foi estudada na região serrana do Espírito Santo, no distrito de São João do Garrafão, município de Santa Maria de Jetibá. Túneis de 1,20 m de largura por 50 m de comprimento foram selecionados. Trinta, sessenta, noventa e cento e vinte ovos de *D. fovealis*, em ambos os lados do túnel de morango, a distância de três, sete, onze e quinze metros, respectivamente a partir do ponto central de liberação dos parasitoides foram artificialmente infestados nas plantas de morango. Após 24 horas os ovos foram recolhidos e novos ovos utilizados na infestação até o período de 72 horas. *Trichogramma galloi* e *T. pretiosum* foram liberados em quatro diferentes túneis, na proporção de 1:4 e 1:8 (ovo/parasitoide). Os resultados indicaram que *Trichogramma pretiosum* demonstrou ser mais eficiente no parasitismo em campo do que *Trichogramma galloi*. Não houve diferença entre o parasitismo em 24 e 48 horas da liberação do parasitoide, sendo significativamente menor em 72 horas. A capacidade de dispersão de *T. pretiosum* foi de 14,21 metros lineares, correspondente a uma área de 17,05 m² em morango cultivado em sistema de túnel baixo. Recomenda-se a liberação de 93.000 fêmeas de *T. pretiosum* por hectare a cada três dias.

Palavras-chave: parasitoide de ovos; *Trichogramma*, controle biológico.

NUMBER OF IDEAL AND DISPERSION CAPACITY OF *Trichogramma* Westwood FOR THE *Duponchelia fovealis* Zeller PARASITISM

ABSTRACT

Determining the optimal number of natural enemies and dispersion capacity is critical in programs that use biological pest control. This study determined the optimal number and dispersion capacity of *Trichogramma galloi* and *Trichogramma pretiosum*, both commercial strain Koppert[®], which showed the best biological behavior to control *Duponchelia fovealis* eggs in strawberry crop in low tunnel system, after 24, 48 and 72 hours of release of parasitoids. The optimal number was estimated based on the release of *Trichogramma* females in the proportion of 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 and 128 per egg *D. fovealis* in a cage (40x40x120cm) fabric made with TNT. The estimated optimal number was four *Trichogramma* for pest egg for both species of parasitoids studied. Have the ability to spread and parasitism in 24, 48 and 72 hours of the release of the parasitoid was studied in the mountainous region of the Espírito Santo State, in the district of São João do Garrafão, municipality of Santa Maria de Jetibá. Tunnel 1.20m in width and 50m in length were selected. Thirty, sixty, ninety, one hundred and twenty eggs of *D. fovealis*, on both sides of strawberry tunnel, the distance of three, seven, eleven and fifteen meters respectively from the center point of release of parasitoids were artificially infested in strawberry plants. After 24 hours the eggs were collected and used in new eggs until the infestation period of 72 hours. *Trichogramma galloi* and *T. pretiosum* were released in four different tunnels at a ratio of 1:4 and 1:8 (egg/ parasitoid). The results indicated that *Trichogramma pretiosum* demonstrated to be more effective in the field parasitism than *T. galloi*. There was no difference between parasitism in 24 to 48 hours of the release of the parasitoid, being significantly lower in 72 hours. The capacity of dispersion of *T. pretiosum* is 14.21 lineal meters, corresponding to an area of 17.05 m² on strawberries cultivated in low tunnels system. It is recommended to release 93000 *T. pretiosum* females per hectare every three days.

Keywords: egg parasitoid; *Trichogramma*; biological control.

2.1 INTRODUÇÃO

A lagarta exótica do morangueiro, *Duponchelia fovealis* Zeller, 1847 (Lepidoptera: Crambidae), identificada em 2010 no Espírito Santo, tem causado grandes prejuízos em cultivos de morangueiro, principalmente pela ausência de métodos de manejo eficientes (PAES et al., 2015; PRATISSOLI et al., 2015). O controle biológico, através da liberação de inimigos naturais, torna-se uma alternativa viável de manejo.

Dentre os insetos, os parasitoides do gênero *Trichogramma* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) são os inimigos naturais utilizados em maior quantidade e frequência no controle biológico de pragas em todo o mundo (SMITH, 1996).

A utilização desse parasitoide é favorecida, dentre outros fatores, pela facilidade de criação em hospedeiros alternativos com um custo menor em relação a hospedeiros naturais (PARRA 1997; PRATISSOLI et al., 2008), pela ampla distribuição geográfica, especialização e eficiência (HASSAN, 1997), e pelo parasitismo de um grande número de espécies de Lepidoptera (PARRA et al., 1987; SMITH, 1996; PIZZOL et al., 2010).

No mundo, mais de 50 países utilizam *Trichogramma* no controle de lepidópteros praga (PRATISSOLI, 2009; PIZZOL et al., 2010), apesar de parasitarem também os ovos de outras ordens de insetos (PINTO et al., 1997).

Diversos fatores estão envolvidos na eficiência desses parasitoides no controle de pragas no campo (GEREMIAS; PARRA, 2014). Esses fatores estão associados principalmente a capacidade de busca e dispersão da espécie/linhagem utilizada (influenciada na maioria das vezes pelo hospedeiro), número de insetos liberados, densidade da praga-alvo, número e época de liberações, método de distribuição em campo e fenologia da planta (KING et al., 1985; SMITH et al., 1986; HASSAN 1994; PRATISSOLI et al., 2005a; 2005b; FREITAS-BUENO et al., 2011).

A capacidade de dispersão é um fator particularmente importante, pois afeta diretamente nas técnicas de liberação utilizadas, no efeito potencial de pragas não-alvo e no tempo necessário para que o *Trichogramma* seja eficiente na colonização da área cultivada (PARRA et al., 2002; YONG; HOFFMAN; 2006; GEREMIAS; PARRA, 2014). Em geral, a capacidade de dispersão não ultrapassa 20 metros (YU et al., 1984; SÁ et al., 1993).

Em técnicas de controle biológico inundativo, segundo Parra (2010) “a capacidade de dispersão é fundamental, pois irá determinar o número ideal de pontos de liberação de parasitoides no campo para que uma cobertura homogênea seja alcançada”.

2.2 OBJETIVOS

- Estabelecer o número ideal de *Trichogramma galloi* Zucchi, 1988 e *T. pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) a ser liberado por ovo da praga *Duponchelia fovealis* Zeller, 1847 (Lepidoptera: Crambidae) para atingir o máximo parasitismo;
- Verificar, em cultivos de morangueiro em sistema de túnel baixo, se existe diferença entre *T. galloi* e *T. pretiosum* no parasitismo de ovos de *D. fovealis*;
- Verificar o comportamento de parasitismo em campo de *Trichogramma* em até 72 horas após a liberação;
- Determinar a capacidade de dispersão de *Trichogramma* em campos de produção de morango visando estabelecer a distância ideal de liberação no cultivo em túnel baixo;
- Recomendar a melhor espécie de *Trichogramma* para o controle de ovos de *D. fovealis* na condição de cultivo do morangueiro no Espírito Santo;
- Estimar o número de *Trichogramma* a ser liberado por hectare.

2.3 MATERIAL E MÉTODOS

2.3.1 Criação de *Duponchelia fovealis*

A criação de *D. fovealis* foi estabelecida no Setor de Entomologia do Núcleo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Manejo Fitossanitário de Pragas e Doenças (NUDEMAFI), do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES).

Os insetos foram mantidos em laboratório sob condições de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ umidade relativa e 14 horas de fotofase. Adultos recém-emergidos foram transferidos para gaiolas (20 x 20 cm) confeccionadas com tubo do tipo PVC, forrado internamente com papel sulfite e fechadas na base inferior com isopor, também revestido com papel sulfite. A extremidade da gaiola foi fechada com tecido do tipo *voile* para evitar a fuga dos insetos. Mel em solução a 10% embebido em algodão foi oferecido como alimento aos adultos. As posturas foram recolhidas diariamente por meio da troca do papel que revestia as gaiolas e imediatamente acondicionadas em caixas de acrílico (11 x 11 x 3,5 cm) do tipo Gerbox[®].

Os papéis contendo os ovos foram tratados através da imersão por 10 segundos em solução de formaldeído em 1% e posteriormente em solução de sulfato de cobre em 17%; procedimentos esses que ocorreram dentro de bancada de fluxo laminar onde permaneceram até secagem do material. Após a secagem, foram transferidos para tubos de vidro de fundo chato (8,5 x 2,5 cm) contendo dieta artificial proposta por King; Hartley (1985) modificada. Após o terceiro dia da fase pupal, estes foram retirados dos tubos e transferidos para gaiolas de criação para obtenção dos adultos.

2.3.2 Manutenção e multiplicação dos parasitoides

A manutenção e multiplicação dos parasitoides do gênero *Trichogramma* também foram estabelecidas no NUDEMAFI, CCA-UFES.

As duas espécies utilizadas foram *Trichogramma galloi* Zucchi, 1988 e *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) linhagens comerciais Koppert[®]. A seleção de linhagens foi realizada previamente em laboratório, no trabalho de Paes (2015).

Foram utilizados ovos da criação estoque do NUDEMAFI do hospedeiro alternativo *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae) para a manutenção e multiplicação do *Trichogramma*. Ovos de *A. kuehniella* após inviabilização em lâmpada germicida foram fixados através de goma arábica em 20%

em cartolina azul (8,0 x 2,5 cm). As cartelas foram transferidas para tubos de vidro de fundo chato (8,5 x 2,5 cm), contendo adultos recém-emergidos do parasitoide. Posteriormente os tubos foram vedados com filme plástico do tipo PVC para evitar a fuga dos parasitoides (PRATISSOLI et al., 2010).

2.3.3 Determinação do número ideal

Liberações de *T. galloi* e *T. pretiosum* linhagens comerciais Koppert® foram realizadas separadamente em relação a um número fixo de ovos do inseto praga (100 ovos - distribuídos em quatro cartelas equidistantes com 25 ovos cada (Figura 1A)), obtidos da criação estoque do laboratório (item 3.1).

Foram utilizadas gaiolas com armação de arame (40 x 40 x 120 cm) envoltas por tecido para exposição dos ovos ao parasitismo (Figuras 1B; C). Estes foram afixados em plantas de morangueiro, cultivadas em vasos plásticos de quatro litros.

Em cada gaiola foram liberadas no início do dia 100, 200, 400, 800, 1.600, 3.200, 6.400 e 12.800 fêmeas das espécies de *Trichogramma*, o que equivale às seguintes proporções: 1:1; 1:2; 1:4; 1:8; 1:16; 1:32; 1:64 e 1:128 ovos de *D. fovealis* por parasitoide. Uma outra gaiola foi montada como testemunha, sem a liberação de *Trichogramma*.

O experimento foi instalado em condições de telado (semi-campo), isto é, sem controle de temperatura, umidade relativa e fotofase.

Permitiu-se o parasitismo por 24 horas. Após esse período, os ovos foram recolhidos e mantidos por cerca de seis a oito dias em sacolas plásticas (5 x 23 cm) em câmara climatizada em $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ umidade relativa e 14 horas de fotofase para posterior avaliação da porcentagem de parasitismo (Figura 1D).

O estudo foi realizado em delineamento experimental inteiramente casualizado com nove tratamentos (diferentes proporções de *Trichogramma*) e seis repetições.

Os dados de porcentagem de parasitismo foram submetidos à análise de regressão não linear, relacionada à porcentagem de parasitismo e ao número de fêmeas de cada espécie do parasitoide ao número de ovos da praga.

2.3.4 Avaliação da dispersão de *Trichogramma* spp. em morangueiro, sob cultivo de túnel baixo, para parasitismo de ovos de *Duponchelia fovealis*

A fim de determinar a distância de deslocamento (capacidade de dispersão) em metros lineares e o número de pontos de liberação dentro de túnel baixo cultivado com

morangueiro, foram instalados experimentos de dispersão em propriedades no distrito de São João do Garrafão, município de Santa Maria de Jetibá, região serrana do Espírito Santo (Coordenadas 1: 20°09'30"S;40°59'05"O - Coordenadas 2: 20°08'09"S; 40°56'53"O) em cultivos da variedade Albion, plantados em espaçamento de 0,3 m entre linhas e 0,3 m entre plantas em canteiros com três linhas de plantio, em período produtivo (cerca de quatro meses de plantio), em sistema de túnel baixo, sendo um canteiro por túnel.

Túneis de morangueiro com aproximadamente 1,20 m de largura e 50 m de comprimento foram previamente selecionados. A partir da metade do túnel (cerca de 25 m), plantas distanciadas a três, sete, onze e quinze metros tanto à esquerda quanto à direita foram infestadas artificialmente com três, seis, nove e doze cartelas, respectivamente, contendo dez ovos de *D. fovealis* com idade entre 24 e 48 horas em cada cartela (Figura 2A-B).

Após a infestação artificial, uma única liberação no início do dia, logo após a eclosão e ao centro do canteiro de *T. galloi* e *T. pretiosum*, foi realizada no respectivo túnel correspondente ao seu tratamento. O número de parasitoide liberado foi determinado previamente conforme o item 3.3.

A liberação dos parasitoides foi feita utilizando-se cartelas comerciais das espécies do parasitoide fornecidas pela Koppert Brasil Ltda, recém-emergidos, em um ponto central ao túnel na proporção 1:4 e 1:8 (ovo/parasitoide). Não foi fornecida alimentação às fêmeas de *Trichogramma*.

Um dia após a liberação (24 horas), as cartelas, contendo os ovos de *D. fovealis* foram recolhidas e substituídas por outras, sendo este procedimento repetido por três dias seguidos (24, 48 e 72 horas). Todas as amostras coletadas foram levadas ao laboratório, onde as cartelas foram acondicionadas em sacolas plásticas (5 x 23 cm), separadas devidamente de acordo com a distância em que estavam dispostas em relação ao ponto de liberação e ao tratamento e acondicionadas em câmaras climatizadas a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas, onde permaneceram até a avaliação do parasitismo (Figura 1C).

De forma análoga, um túnel distante, a no mínimo 20 m dos pontos de liberação dos parasitoides (testemunha), foi selecionado para comparar com os túneis onde ocorreram as liberações artificiais do *Trichogramma*.

A determinação da melhor espécie entre *T. galloi* e *T. pretiosum* em relação ao parasitismo de ovos de *D. fovealis*, a melhor densidade de liberação e a diferença entre

o parasitismo entre os tempos (24, 48 e 72 horas) também foi determinada com base nos dados obtidos pela metodologia citada anteriormente.

O delineamento adotado foi em blocos casualizados (quatro blocos), em esquema fatorial 2x2 (duas densidades de liberação e duas espécies de *Trichogramma*). Cada túnel foi considerado um bloco e estes foram selecionados com, ao menos, 15 m de distância entre eles.

Foram realizadas análises de regressão entre os índices de parasitismo em função da densidade do parasitoide e espécie liberada. A relação matemática para obtenção do deslocamento médio, número de pontos de liberação e área de dispersão do parasitoide no cultivo de morango em sistema de túnel baixo foi calculada com base no ajustamento quadrático dos dados, determinando a partir de derivadas o ponto ótimo de liberação, otimizando com isso os pontos de interseção entre as curvas de parasitismo.

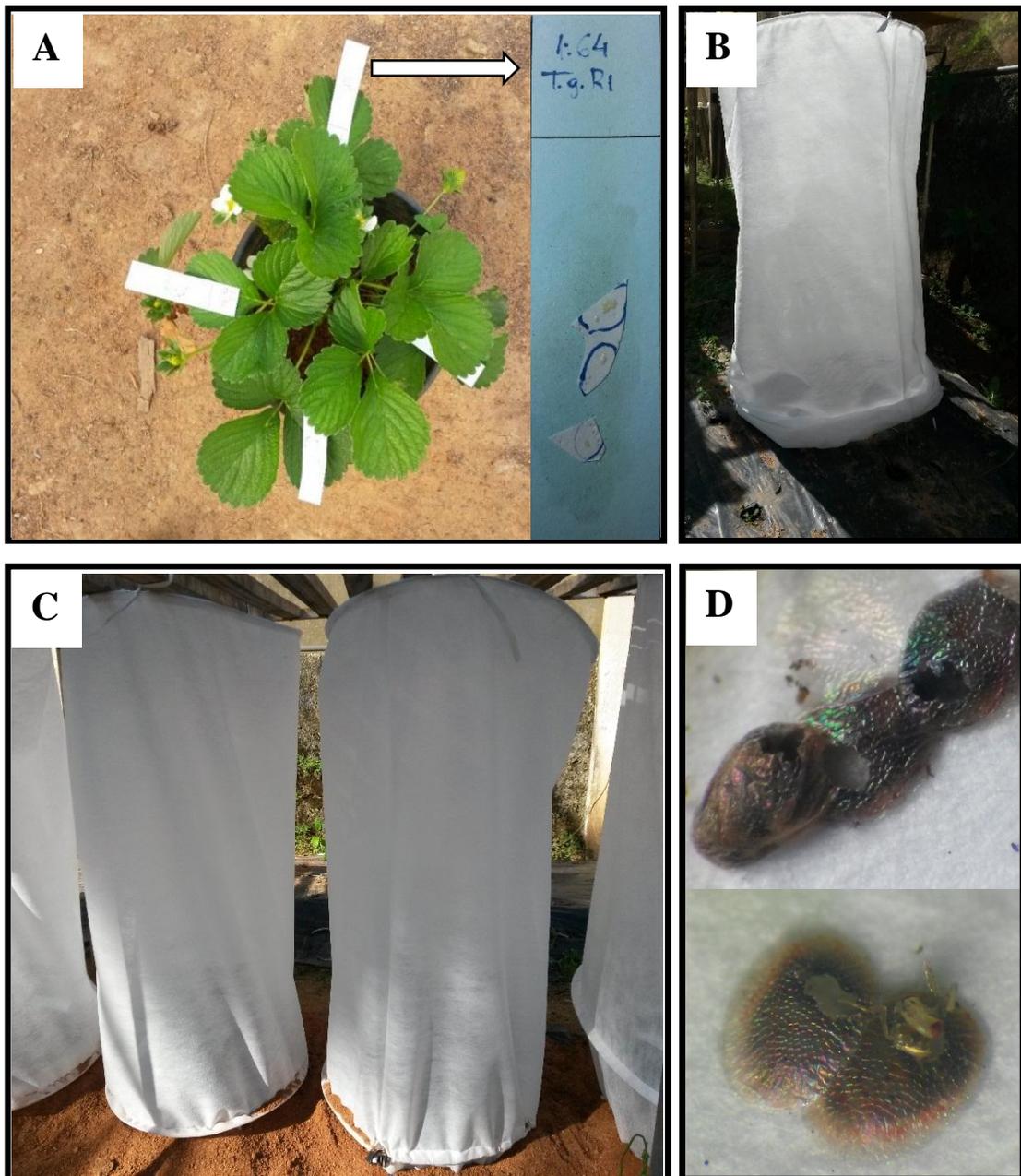


Figura 1: A. Planta de morango com as cartelas contendo ovos de *Duponchelia fovealis* utilizadas para a determinação do número ideal de parasitoides/ovo. B-C. Gaiola utilizada nos ensaios de número ideal. D. Ovos de *Duponchelia fovealis* parasitados.

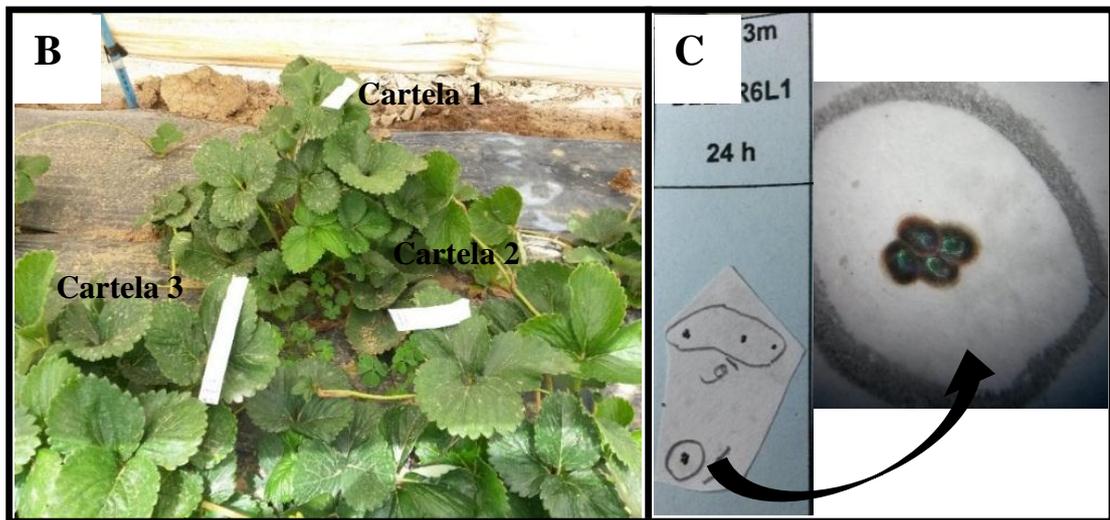
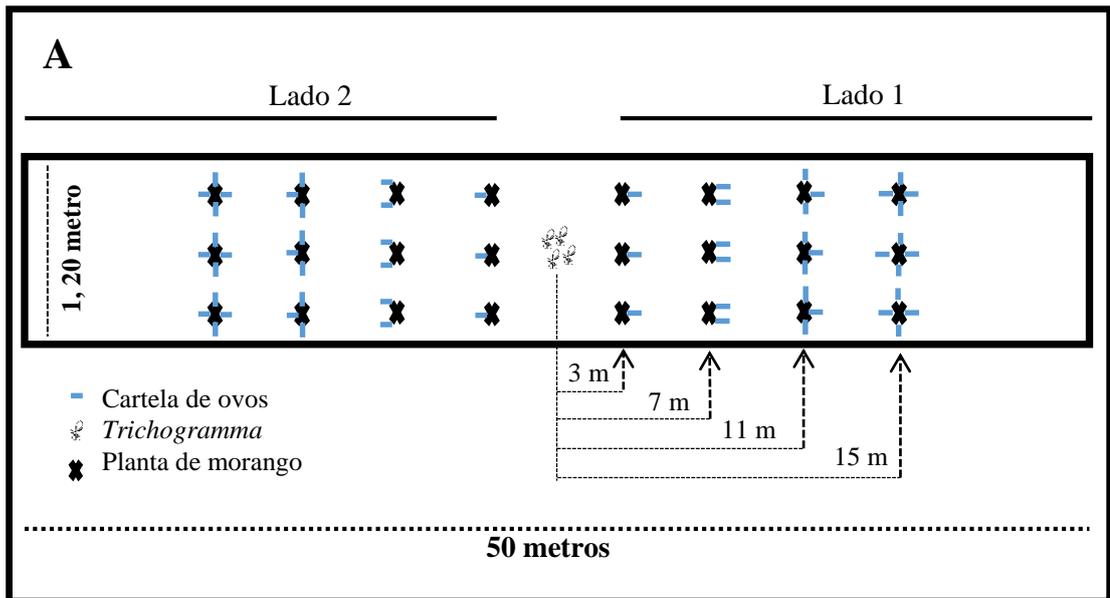


Figura 2: A. Esquema da distribuição das cartelas e liberação do parasitoide em campo de produção de morango no sistema de túnel baixo; B. Cartelas com ovos de *Duponchelia fovealis* distribuídas em campo para determinação da capacidade de dispersão do parasitoide. C. Ovos parasitados do experimento de capacidade de dispersão após sete dias.

2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.4.1 Determinação do número ideal de *Trichogramma galloi* e *Trichogramma pretiosum* a ser liberado por ovo de *Duponchelia fovealis*

A relação entre o parasitismo (número de ovos parasitados) de ambas as espécies de *Trichogramma* e o número de parasitoides liberados por ovo da praga (densidade de parasitoides) ajustou-se ao modelo exponencial (*T. galloi*: $y = 70,2146 \cdot (1 - \exp(-1,5825 \cdot x))$, $R^2 = 0,8595$; *T. pretiosum*: $y = 73,0101 \cdot (1 - \exp(-1,7756 \cdot x))$, $R^2 = 0,8743$) (Figura 3), sendo “y” o parasitismo (%) e “x” a densidade liberada do respectivo parasitoide.

O comportamento das duas espécies de *Trichogramma* foi muito similar. As menores taxas de parasitismo foram observadas nas menores densidades liberadas (1:1 e 1:2), enquanto o melhor desempenho de parasitismo foi obtido nas densidades de 1:4 e 1:8. A partir das densidades superiores a taxa de parasitismo foi estável (Figura 2).

Assim, o melhor desempenho de *T. galloi* e *T. pretiosum* no parasitismo de *D. fovealis* em condições de semi-campo é obtido por meio da liberação da densidade de 4 ou 8 parasitoides por ovo da praga.

As densidades de 1:4 e 1:8 (ovo/parasitoide) proporcionaram melhor eficiência no parasitismo provavelmente em função da arquitetura da planta do morangueiro. Essa característica da planta pode ter facilitado a busca dos parasitoides aos ovos da praga.

Diferentes taxas de parasitismo em função da arquitetura da planta foram demonstradas por Pratissoli et al., (2005a) em estudos com *T. pretiosum* na cultura do tomateiro em diferentes fases vegetativas e sistemas de condução. Ovos localizados em plantas com maior desenvolvimento vegetativo apresentaram taxas significativamente menores de parasitismo do que ovos localizados em plantas mais jovens. Zago et al. (2010) na cultura do repolho em estudos sobre o comportamento de postura de *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae) e o parasitismo por *T. pretiosum* também observaram diferença em função da característica da cultura. O parasitismo foi diferente em função das idades de plantas de repolho, sendo superior em plantas após a formação da cabeça. Isso ocorreu, dentre outros fatores, pela maior quantidade de ovos em uma região de fácil localização pelo parasitoide. Segundo os autores, estruturas mais simples de plantas favorecem o parasitismo por *T. pretiosum*.

Maiores densidades (ovo/parasitoide) nem sempre apresentam maiores taxas de parasitismo, podendo inclusive resultar em queda no parasitismo em virtude da competição intraespecífica dos parasitoides. Segundo Knipling (1977), números crescentes de parasitoides liberados por uma mesma unidade de área provocam uma redução na eficiência de espécies de *Trichogramma*, devido a menor probabilidade de um indivíduo encontrar um ovo à medida que sua população aumenta. Esse fator, competição intraespecífica, segundo Molina; Parra, (2006) na maioria dos casos impede que ocorram parasitismos de 100% em condições de campo.

Além da competição intraespecífica (relacionada com o número de insetos a serem liberados) e da cultura (seu estágio fenológico e arquitetura), o hospedeiro, a predação, a qualidade do parasitoide, as condições climáticas, época e número de liberações e a dinâmica de postura da praga são outros fatores que poderão interferir na eficiência do parasitismo por *Trichogramma* (HASSAN, 1994; SMITH, 1996; PRATISSOLI et al., 2005a; 2005b).

Esses fatores foram observados e associados em alguns estudos a uma grande variação entre o número ideal de *Trichogramma* a ser liberado e as características da praga-alvo e da cultura em questão. Molina (2003); Molina; Parra (2006) obtiveram a proporção ideal de 36 indivíduos de *T. pretiosum* por ovo de *Ecdytolopha aurantiana* (Lima, 1927) (Lepidoptera: Tortricidae) em citros, enquanto Pratisoli et al., (2005a) estudando o mesmo parasitoide, obtiveram número ideal de 16 indivíduos para o controle de *Tuta absoluta* (Meyrich, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) em tomateiro estaqueado. Freitas-Bueno (2008) encontrou parasitismo ideal de *Anticarsia gemmatilis* Hübner, 1818 e *Pseudoplusia includens* (Walker, 1857) (Lepidoptera: Noctuidae) quando liberados 25,6 parasitoides por ovo dessas pragas em cultivo de soja. Enquanto isso, em cana-de-açúcar a proporção ideal não ultrapassa 3,2 parasitoides por ovo de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae) (LOPES, 1988).

Portanto, a melhor densidade de liberação de *Trichogramma* a ser utilizada em programas de controle biológico deve preconizar principalmente aquela densidade que combine um controle eficiente com um menor custo possível decorrente da sua utilização (FREITAS-BUENO, 2008).

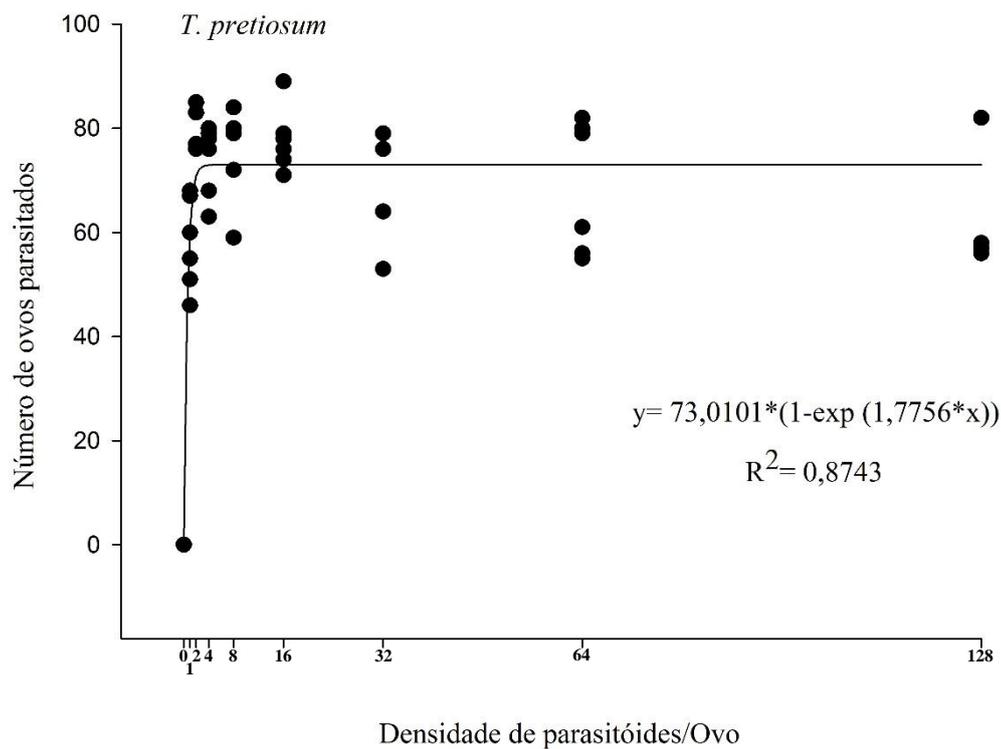
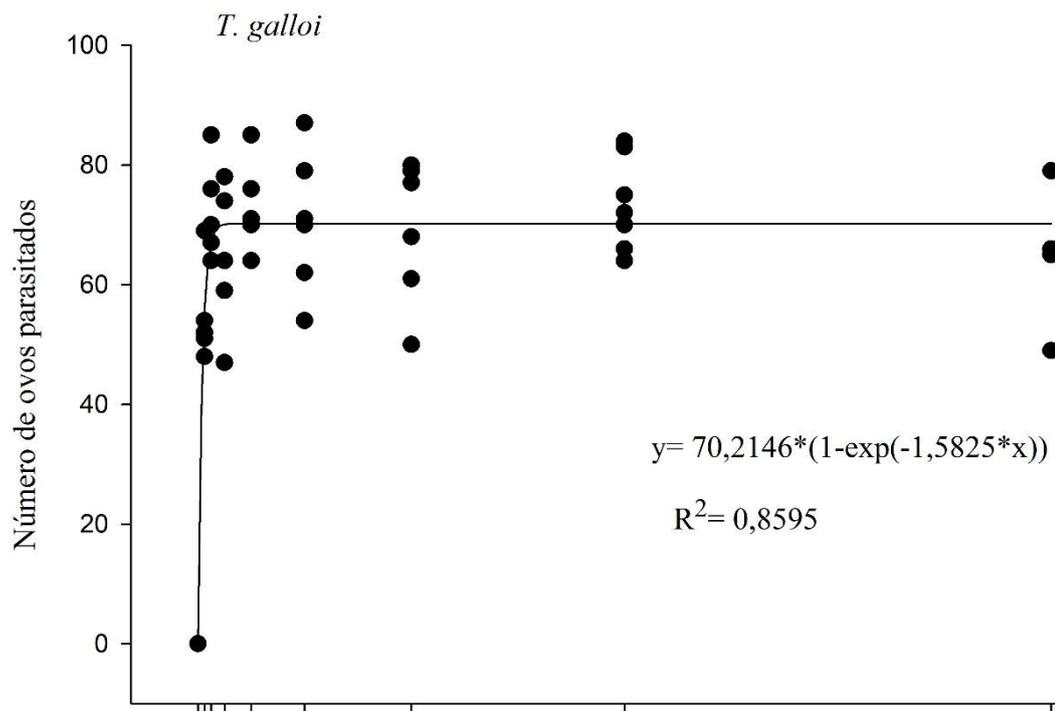


Figura 3. Número de ovos parasitados de *Duponchelia fovealis* em função de diferentes densidades de *Trichogramma galloi* e *Trichogramma pretiosum* em condições de semi-campo.

2.4.2 Espécie e densidade de *Trichogramma* recomendada para liberações em campo com base nos dados de capacidade de dispersão em morangueiro cultivado em túnel baixo, para parasitismo de ovos de *Duponchelia fovealis*

2.4.2.1 Espécie de *Trichogramma* x densidade de liberação

As liberações foram bem-sucedidas para o controle de ovos de *D. fovealis*, pois ambas as espécies de *Trichogramma* utilizadas apresentaram parasitismo em todos os túneis onde houve liberações. Dessa forma, a análise foi realizada em função do comparativo entre o comportamento do parasitismo em campo de *T. galloi* x *T. pretiosum* nas respectivas densidades ovo/parasitoide utilizadas.

Em relação às espécies *T. galloi* e *T. pretiosum* e às respectivas densidades de ovos de *D. fovealis* por parasitoides (1:4 e 1:8) liberadas em campo, não houve interação significativa pelo teste F em 5% de probabilidade (Tabela 1). Com isso, os fatores espécie (*Trichogramma*) e densidade (ovo/parasitoide) podem ser analisados individualmente, já que atuam de forma independente (Tabela 1).

Quanto à densidade do parasitoide, não existe diferença significativa entre a liberação de quatro ou oito *Trichogramma* por ovo de *D. fovealis* (Tabela 1). Dessa forma, a densidade de liberação recomendada para o controle de ovos da praga em campos de morangueiro cultivados em túnel baixo deve ser 1:4, isto é, para cada um ovo da praga, deve-se liberar quatro parasitoides.

Essa densidade é suficiente para que o parasitoide consiga localizar o ovo da praga, além de representar menor custo de liberação do parasitoide. Altas densidades liberadas não correspondem a um aumento semelhante no parasitismo (BOTELHO, 1997), podendo até diminuir a eficiência deste por meio de competição intraespecífica (KNIPLING, 1977).

A proporção inadequada de *Trichogramma* a ser liberada, isto é, a densidade do parasitoide em relação à densidade populacional da praga, soma-se aos diversos fatores que culminam no insucesso do seu uso (PARRA; ZUCCHI, 1997). Liberações insuficientes de *Trichogramma* em campo podem levar a praga a atingir o nível de dano econômico (NEIL; SPECHT 1990).

Já o parasitismo dos ovos de *D. fovealis* proporcionado pelas espécies *T. galloi* e *T. pretiosum* apresentou diferença significativa pelo teste F em nível de 5% de probabilidade (Tabela 1). O parasitismo médio em campo foi maior com as liberações de *T. pretiosum* que *T. galloi*.

Os melhores resultados com *T. pretiosum* em relação a *T. galloi* podem estar associados à maior capacidade de busca em plantas de morangueiro e agressividade. Na seleção de uma espécie de *Trichogramma*, a agressividade de procura, a capacidade de busca e o parasitismo são fatores que influenciam diretamente no sucesso do programa de controle biológico (HASSAN 1993;1994; BOTELHO, 1997).

Trichogramma galloi pode ter apresentado maior tempo em localizar os ovos da praga no morangueiro, o que interferiu significativamente nas taxas de parasitismo. A capacidade reprodutiva dos parasitoides de ovos pode ser influenciada pela ausência do hospedeiro (PRATISSOLI et al., 2004), nesse caso provocada pela não localização deste. Como são espécies pró-ovigênicas, as fêmeas de *Trichogramma* na ausência prolongada de hospedeiro podem reter os ovos (HEGAZI et al., 2000), diminuindo assim o parasitismo.

Assim, a espécie recomendada para liberação em campos de morango para controle de ovos de *D. fovealis* é *T. pretiosum*. A recomendação da liberação para controle de ovos de *D. fovealis* em nível de campo e sua respectiva capacidade de dispersão foi baseada então nessa espécie e na densidade de quatro parasitoides por ovo da praga.

Tabela 1: Interação entre as espécies de *Trichogramma* e as densidades de liberação em campos de produção de morango em sistema de túnel baixo para o controle de ovos de *Duponchelia fovealis*.

FV	GL	SQ	QM	Fc	P>Fc
Bloco	3	1.196,00	398,80	0,707	0,579
Espécie	1	2.935,00	29.351,40	51,997	0,00005 *
Densidade	1	1.279,00	1279,00	2,266	0,167
Espécie*Densidade	1	863,00	863,00	1,529	0,248
Resíduo	9	5.080,00	564,50		
Total	15	37.770,00			
CV (%)	8,68				

*valores significativos ao nível de 5% de significância.

2.4.2.2 Tempos de parasitismo

Em função da espécie do parasitoide recomendada e sua respectiva densidade (Tabela 1), foi analisada a diferença entre o parasitismo em função do tempo inicial de liberação de *T. pretiosum* em campo (24, 48 e 72 horas).

Houve diferença significativa pelo teste F nível de 5% de probabilidade entre o parasitismo após 24, 48 e 72 horas de liberação do parasitoide (Tabela 2). A eficiência do parasitismo de *T. pretiosum* não diferiu entre 24 e 48 horas, sendo significativamente menor 72 horas após a sua liberação, nas condições de cultivo de morangueiro na região serrana do Espírito Santo (Tabela 3).

A alta atividade nas primeiras 48 horas após a liberação pode ter ocorrido em função do suporte energético da espécie *T. pretiosum*. Após esse período, com a queda do suprimento energético, a capacidade de busca e conseqüentemente do parasitismo é significativamente afetada. O decréscimo do parasitismo ao longo do tempo de vida do parasitoide após a sua emergência é comum, seja para parasitoides bem alimentados ou não, variando somente os intervalos em que isso ocorre (REZNIK et al., 1998).

O suprimento alimentar e a qualidade do mesmo também interferem na atividade de *Trichogramma* (PRATISSOLI et al., 2004), a qualidade do carboidrato disponível é fundamental para aumentar a capacidade reprodutiva do parasitoide (TORRES et al., 2008). A longevidade e o potencial de parasitismo são maximizados quando a alimentação dos adultos de *Trichogramma* é regular (BLEICHER; PARRA, 1991; GURR; NICOL, 2000). Dessa forma, o suprimento em campo pode ter sido insuficiente.

Baseando-se, portanto, nos dados obtidos, é possível afirmar que *T. pretiosum* linhagem comercial Koppert® não difere o parasitismo em ovos de *Duponchelia fovealis* nas primeiras 48 horas (dois dias) após a liberação, indicando que a frequência de liberação não deve ser menor que esse período.

Tabela 2. Parasitismo de *Trichogramma pretiosum* em até 15 m do ponto de liberação, na densidade de um ovo de *Duponchelia fovealis* para quatro parasitoides (1:4), em 24, 48 e 72 horas de liberação em campos de produção de morango em sistema de túnel baixo.

FV	GL	SQ	QM	Fc	P>Fc
Bloco	3	1.401,90	467,30	1,025	0,446
Tratamento	2	13.789,40	6.894,70	15,119	0,004*
Resíduo	6	2.736,20	456,00		
Total	11	17.927,50			
CV(%)	20,33%				

*valores significativos ao nível de 5% de significância.

Tabela 3: Média do parasitismo acumulado de ovos de *Duponchelia fovealis* por *Trichogramma pretiosum* na densidade 1:4, nas quatro repetições e quatro distâncias do ponto de liberação após o tempo inicial de liberação em campos de produção de morango em sistema de túnel baixo.

Tempo após a liberação	Parasitismo acumulado ¹
24 horas	129,1 a
48 horas	128,9 a
72 horas	57,1 b

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey. ¹Parasitismo médio acumulado na proporção 1:4, nas quatro repetições e quatro distâncias do ponto de liberação.

2.4.3 Estimativa da capacidade de dispersão e número de pontos de liberação de *Trichogramma pretiosum* em morangueiro cultivado em túnel baixo, para parasitismo de ovos de *Duponchelia fovealis*

Em virtude dos resultados obtidos e discutidos anteriormente (item 4.2.1), os dados apresentados referem-se à capacidade de dispersão de *T. pretiosum* para o controle de ovos de *Duponchelia fovealis*, na densidade de quatro parasitoides por ovo da praga.

Os resultados encontrados indicam uma redução no parasitismo de ovos de *D. fovealis* por *T. pretiosum* linhagem comercial Koppert® à medida que os pontos amostrados se distanciaram do ponto de liberação do parasitoide, diferindo estatisticamente em todas as distâncias analisadas (Tabela 4).

A capacidade de dispersão pode ser influenciada por diversos fatores. Assim, o menor parasitismo dos ovos em maiores distâncias a partir do ponto inicial de liberação, pode ter sofrido influência da característica biológica da espécie/linhagem de *Trichogramma* liberada e da própria cultura. Nesse caso, o morangueiro, funcionou como uma barreira física a dispersão do parasitoide. Pratissoli et al. (2005a; 2005b) observaram resultados similares, onde a característica do parasitoide e da cultura também interferiram na capacidade de busca de *T. pretiosum* na cultura do tomateiro estaqueado.

Associado às características biológicas do parasitoide e à característica de arquitetura da planta, menores índices de parasitismo foram observados nas maiores distâncias do ponto de liberação. Esses resultados são normalmente observados, uma vez que existe uma relação de dependência entre distância de liberação e a taxa de

parasitismo, sendo normalmente observada redução na taxa de parasitismo por *Trichogramma* a maiores distâncias do ponto de liberação (WANG; SHIPP, 2004).

Menores taxas de parasitismo em função de maiores distâncias a partir do ponto de liberação também foram observadas em *Trichogramma pretiosum* na cultura da soja (ZACHRISSON; PARRA, 1998; FREITAS-BUENO et al., 2011), milho (SÁ et al., 1993), maçã (PASTORI et al., 2008), tomate em casa de vegetação (WANG; SHIPP, 2004) e campo (PRATISSOLI et al., 2005ab). Esse mesmo padrão também foi observado para *Trichogramma chilonis* Ishii, 1941 e *Trichogramma japonicum* Ashmead, 1904 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em arroz (SHARMA; AGGARWAL, 2015) e *T. galloi* em cana-de-açúcar (LOPES, 1988).

A turgidez do ovo de *D. fovealis* também pode ter comprometido o parasitismo nas maiores distâncias. Segundo Freitas-Bueno (2008), ovos localizados a maiores distâncias do ponto de liberação do parasitoide podem perder a turgidez, já que estes ficam mais expostos às condições adversas do ambiente, como alta temperatura e baixa umidade por exemplo, e quando localizados pelo *Trichogramma* os ovos estão em condições inadequadas para o parasitismo. Os fatores adversos podem ter sido maximizados, uma vez que os túneis permaneceram fechados em todo o período da realização dos experimentos.

O raio médio de ação e a área de dispersão do parasitoide, outro parâmetro importante, normalmente é baseado na metodologia proposta no trabalho de Dobzhansky; Wright (1943). No entanto, as condições de cultivo de morango no Espírito Santo, principalmente nas regiões que possuem as maiores produções, são absolutamente diferentes das encontradas nos trabalhos até aqui desenvolvidos. O morangueiro é cultivado em terrenos com topografia irregular, em sistema de túnel baixo e com comprimentos variáveis, até mesmo dentro das mesmas propriedades. Daí a importância de uma nova metodologia para adequar ao cálculo desses parâmetros (item 2.0).

Baseando-se então no novo modelo proposto, a distância média de ação e a área de dispersão de *T. pretiosum* na cultura do morango em sistema de túnel baixo para controle de ovos de *Duponchelia fovealis* é de 14,21 m lineares e 17,05 m², respectivamente (Tabela 5). Portanto, o número de pontos de liberação de *T. pretiosum* para controle de ovos de *Duponchelia fovealis* será determinando dividindo-se o comprimento dos túneis pela ação média do parasitoide (14,21 m lineares) (Figura 3 e 4).

A eficiência de controle está diretamente ligada à distribuição uniforme do parasitoide (BOTELHO, 1997; ZACHRISSON; PARRA, 1998). Os resultados obtidos, portanto, visam atender essa condição. A distância média calculada e a área de dispersão proporcionam uma maior homogeneidade de cobertura da área pelo parasitoide, e conseqüentemente, maior eficiência atingida no controle de *Duponchelia fovealis* pelo *T. pretiosum* linhagem comercial Koppert®.

Com base nas estimativas propostas da capacidade de dispersão de *T. pretiosum* para o manejo de *D. fovealis*, a recomendação é uma liberação de 93.000 fêmeas do parasitoide em um intervalo de três dias para cada hectare de morangueiro.

A recomendação do parasitoide a ser liberado pode mudar de acordo com a densidade de plantio e intensidade de infestação da praga no campo (PRATISSOLI et al., 2005b). Em frutíferas podem variar entre 70.000 e 3,8 milhões de parasitoides por hectare (GLEN; HOFFMANN, 1997; MILLS et al., 2000). Já em tomate estaqueado a recomendação é de 576.000 *Trichogramma* a cada oito dias (PRATISSOLI, 2006), enquanto na Europa na cultura do milho, a recomendação é de 150.000 a 300.000 liberados a cada sete dias (WANG et al., 2005).

Tabela 4: Valores médios (\pm EPM) de parasitismo de ovos de *Duponchelia fovealis* por *Trichogramma pretiosum* linhagem comercial Koppert® após 72 horas, em diferentes distâncias a partir do ponto central de liberação, na cultura do morango em sistema de túnel baixo, no distrito de São João do Garrafão, município de Santa Maria de Jetibá-ES.

Distância (m)	Parasitismo (%)	
3	32,64 \pm 2,84	a
7	14,03 \pm 0,08	b
11	5,74 \pm 0,23	c
15	0,11 \pm 0,06	d
CV (%)	20,94	

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Tabela 5: Distância média (metros lineares) e área de dispersão (m²) com o respectivo modelo de coeficiente de determinação (R²) para *Trichogramma pretiosum* linhagem comercial Koppert[®] em ovos de *Duponchelia fovealis* na cultura do morango em sistema de túnel baixo, no distrito de São João do Garrafão, município de Santa Maria de Jetibá-ES.

Parâmetros	Cultura do morango
Distância média (m linear)	14,21
Área de dispersão (m ²)	17,05
Modelo matemático	$y = 63,267 - 8,307x + 0,275x^2$
R ²	0,9985

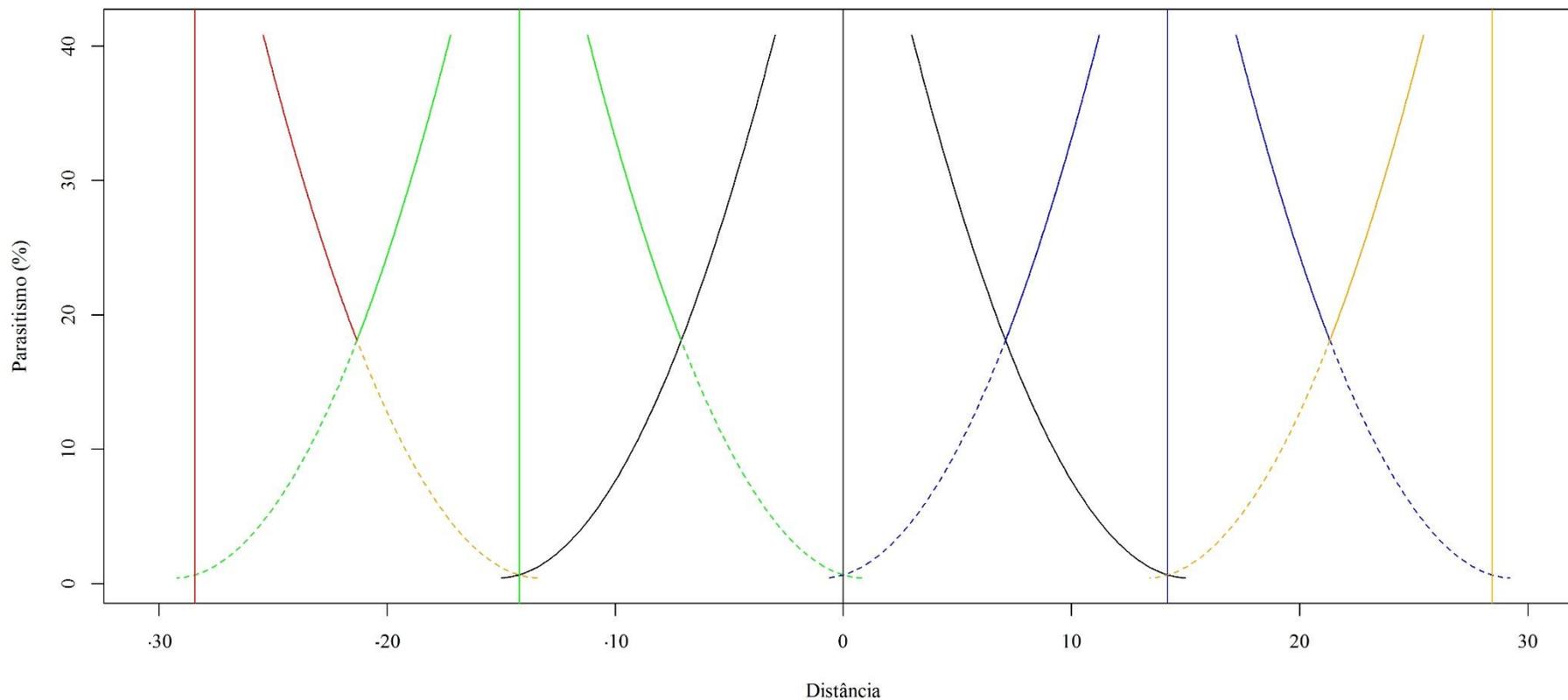


Figura 3: Estimativa do comportamento de parasitismo dos ovos de *Duponchelia fovealis* por *Trichogramma pretiosum* pelo modelo proposto no cultivo do morangueiro em sistema de túnel baixo com 50 metros de comprimento e 1,20 metros de largura. Linhas contínuas verticais representam o ponto de liberação dos parasitoides; Curvas representadas por linhas contínuas equivalem a área do parasitismo abrangido pelas liberações.

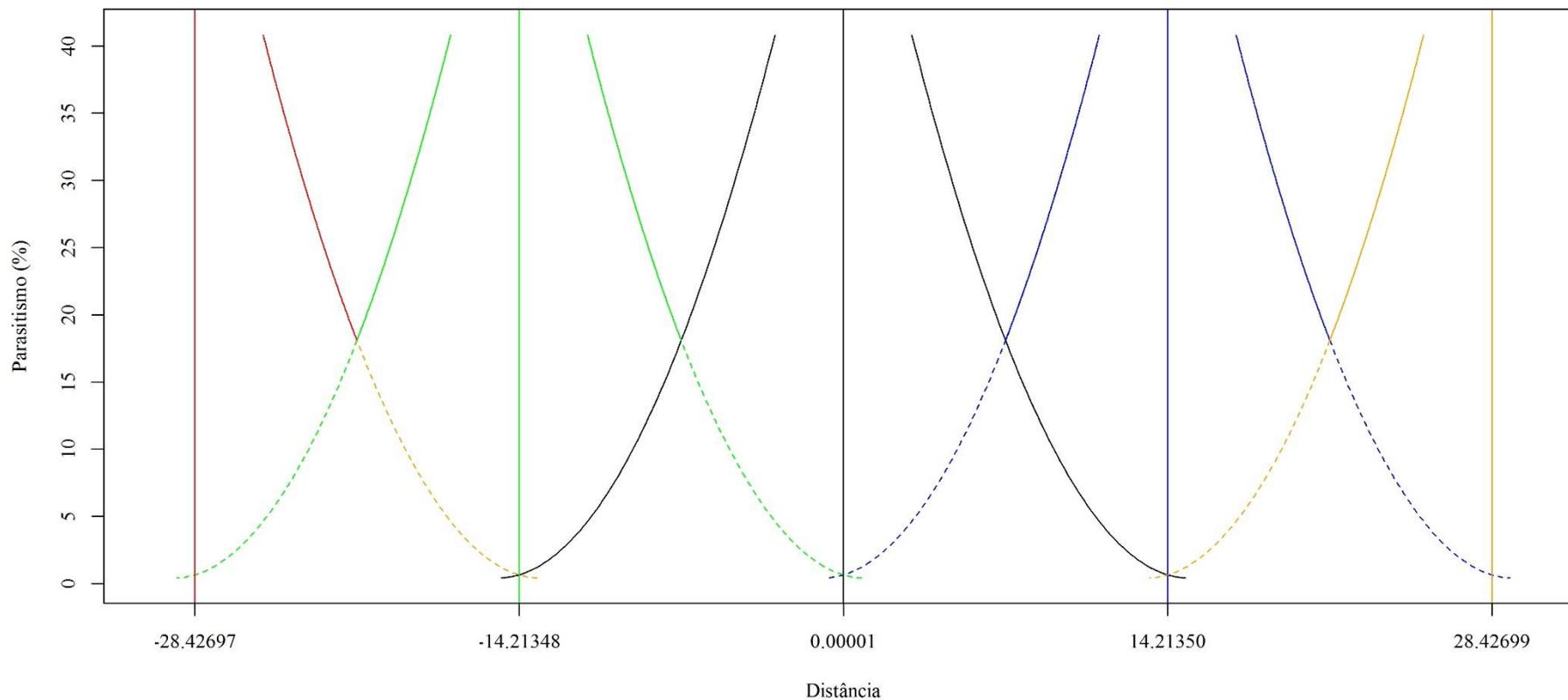


Figura 4: Parasitismo dos ovos de *Duponchelia fovealis* por *Trichogramma pretiosum* considerando os pontos de liberação do parasitoide a cada 14,21 metros lineares no cultivo do morangueiro em sistema de túnel baixo. Linhas contínuas verticais representam o ponto de liberação dos parasitoides; Curvas representadas por linhas contínuas equivalem a área do parasitismo abrangido pelas liberações.

2.5 CONCLUSÃO

- A proporção ideal de *Trichogramma* foi de 4 parasitoides por ovo da praga;
- *Trichogramma pretiosum* é a espécie recomendada para liberações visando o manejo de ovos de *D. fovealis*;
- *Trichogramma pretiosum* possui parasitismo eficiente em até 48 horas após a liberação;
- *Trichogramma pretiosum* possui capacidade de dispersão de 14,21 metros linear, sendo a área de dispersão de 17,05 m² em campos de produção de morango no sistema de cultivo em túnel baixo;
- O número de pontos de liberação do parasitoide por canteiro será obtido pela divisão do comprimento dos túneis (considerando túneis com 1,20 metros de largura) pela capacidade de dispersão do parasitoide (14,21 metros linear);
- Deve-se liberar 93000 fêmeas de *Trichogramma pretiosum* por hectare a cada três dias para o manejo de *Duponchelia fovealis*.

2.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLEICHER, E.; PARRA, J.R.P. 1991. Efeito do hospedeiro de substituição e da alimentação na longevidade de *Trichogramma* sp. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, p.1845-1850.
- BOTELHO, P.S.M. 1997. Eficiência de *Trichogramma* em campo. In PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A. 1997. **Trichogramma e o controle biológico aplicado**. Piracicaba, FEALQ, cap. 11, p.303-318.
- DOBZHANSKY, T., & WRIGHT, S. 1943. Genetics of natural populations. X. Dispersion rates in *Drosophila pseudoobscura*. **Genetics**, v.28, p.304-340.
- FREITAS-BUENO, R.C.O. 2008. **Bases biológicas para utilização de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) para controle de *Pseudoplusia includens* (Walker, 1857) e *Anticarsia gemmatilis* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Noctuidae) em soja**. 2008. 119p. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- FREITAS-BUENO, R.C.O.; PARRA, J.R.P.; FREITAS-BUENO, A. 2011. *Trichogramma pretiosum* parasitism and dispersal capacity: a basis for developing biological control programs for soybean caterpillars. **Bulletin of Entomological Research**, p.1-8.
- GEREMIAS, L.D.; PARRA, J.R.P. 2014. Dispersal of *Trichogramma galloi* in corn for the control of *Diatraea saccharalis*. **Biocontrol Science and Technology**, v.24, n.7, p. 751–762.
- GLENN, D.C.; HOFFMENN, A. A. 1997. Developing a commercially viable system for biological control of light apple moth (Lep.: Tortricidae) in grapes using endemic *Trichogramma* (Hym.: Trichogrammatidae). **Journal of Economic Entomology**, v.90, p.370-382.
- GURR, G.M.; NICOL, H.I. 2000. Effect of food on longevity of adults of *Trichogramma carverae* Oatman and Pinto and *Trichogramma nr brassicae* Bezdenko (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Australian Journal of Entomology**, v.39, p.185-187.
- HASSAN, S.A. 1997. Seleção de espécies de *Trichogramma* para uso em programas controle biológico. In PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A. **Trichogramma e o controle biológico aplicado**. Piracicaba, FEALQ, cap.7, 183-206.
- HASSAN, S.A. 1994. Strategies to select *Trichogramma* species for use in biological control. In: GERDING P. M. ed. **Produccion y utilizacion de Trichogrammas para el control biologico de plagas**. Chillán, INIA, p.1-19.
- HASSAN, S.A. 1993. The Mass Rearing and Utilization of *Trichogramma* to Control Lepidopterous Pests: Achievements and Outlook. **Pesticide Science**, v.37, p.387-391.

- HEGAZI, E. M.; KHAFAGI, W.E.; HASSAN, S.A. 2000. Studies on three species of *Trichogramma*. I. Foraging behaviour for food or hosts. **Journal of Applied Entomology**, v.124, n.1, p.145-149.
- KING, E.G.; BULL, D.L.; BOUSE, L.F.; PHILIPS, J.R. 1985. Introduction: biological control of *Heliothis* spp. in cotton by argumentative release of *Trichogramma*. **Southwestern Entomologist**, v.8, p. 1-10.
- KNIPLING, E. F. 1977. The theoretical basis for augmentation of natural enemies. p. 79-123. **In:** RIDGWAY, R.L.; VINSON, S.B. (eds.). **Biological control by augmentation of natural enemies**. New York, Plenum Press, 480p.
- LOPES, J.R.S. 1988. **Estudos bioetológicos de *Trichogramma galloi* Zucchi, 1988 (Hym.: Trichogrammatidae) para o controle de *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1974) (Lep.: Pyralidae)**. 1988. 141p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- MILLS, N.; PICKEL, C.; MANSFIELD, S.; MCDUGALL, S.; BUCHNER, R.; CAPRILE, J.; EDSTOM, J.; ELKINS, R.; HASEY, J.; KELLEY, K.; KRUEGER, B.; OLSON, B.; STOCKER, R. 2000. Mass releases of *Trichogramma* wasps can reduce damage from codling moth. **California Agriculture**, v.56, p.22-25.
- MOLINA, R.M.S.; PARRA, J.R.P. 2006. Seleção de linhagens de *Trichogramma* (Hymenoptera, Trichogrammatidae) e determinação do número de parasitoides a ser liberado para o controle de *Gymnandrosoma aurantianum* Lima (Lepidoptera, Tortricidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v.50, n.4, p.534-539.
- MOLINA, R.M.S. 2003. **Bioecologia de duas espécies de *Trichogramma* para o controle de *Ecdytolopha aurantiana* (Lima, 1927) (Lepidoptera: Tortricidae) em citros**. 2003. 80p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- NEIL, K.A.; SPECHT, H.B. 1990. Field releases of *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) for suppression of corn earworm, *Heliothis zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae), egg populations on sweet corn in Nova Scotia. **The Canadian Entomologist**, v.122, p.1259-1266.
- PAES, J.P.P. 2015. **Seleção e caracterização de *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae)**. 2015. 83p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal-Entomologia) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre.
- PAES, J.P.P.; PIROVANI, V.D.; PRATISSOLI, D. 2015. Lagarta do morangueiro. **In:** PRATISSOLI, D. (org.). **Pragas emergentes no estado do Espírito Santo**. Alegre, Unicopy. cap.13, p.88-95.
- PARRA, J.R.P. 1997. Técnicas de criação de *Anagasta kuehniella*, hospedeiro alternativo para produção de *Trichogramma*. **In:** PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.

- Trichogramma* e o controle biológico aplicado.** Piracicaba, FEALQ, 1997. cap. 4, p.121-150.
- PARRA, J.R.P. 2010. Mass rearing of egg parasitoids for biological control programs. *In: CÔNSOLU, F.L.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A. (eds.). (Org.). Egg Parasitoids in Agroecosystems with Emphasis on Trichogramma.* 1ed. New York: Springer, p. 267-292.
- PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A. 1997. ***Trichogramma* e o controle biológico aplicado.** Piracicaba, FEALQ, 324p.
- PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; SILVEIRA-NETO, S. 1987. Biological control of pests through egg parasitoids of the genera *Trichogramma* and/or *Trichogrammatoidea*. **Mémoires do Instituto Oswaldo Cruz**, v.82, p.153-160.
- PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M.S. 2002. Controle biológico: Uma visão inter e multidisciplinar. *In: PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M.S. (eds.), Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores.* São Paulo, Manole. cap. 8, p.124-142.
- PASTORI, P.L.; MONTEIRO, L.B.; BOTTON, M. 2008. Capacidade de dispersão de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em pomar adulto de macieira. **Boletín de Sanidad Vegetal Plagas**, v.34, p.239-245.
- PINTO, J.D. 1997. Taxonomia de Trichogrammatidae (Hymenoptera) com ênfase nos gêneros que parasitam Lepidoptera. *In: PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A. Trichogramma e o controle biológico aplicado.* Piracicaba, FEALQ, cap. 1, p.13-40.
- PIZZOL, J.; PINTUREAU, B.; KHOUALDIA, O.; DESNEUX, N. 2010. Temperature-dependent differences in biological traits between two strains of *Trichogramma cacoeciae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Journal of Pest Science**, v.83, n.4, p. 447-452.
- PRATISSOLI, D. Uso de *Trichogramma* em tomateiro estaqueado. 2006. **In BORTOLI, S.A.; BOIÇA-JUNIOR, A.L.; OLIVEIRA, J.E.M (eds). Agentes de controle biológico: metodologias de criação, multiplicação e uso.** Jaboticabal, FUNEP, cap. 10, p.191-214.
- PRATISSOLI, D. *Trichogramma* como agente de controle biológico. 2009. **In: ZAMBOLIN, L.; PIKANÇO, M.C. (org.). Controle Biológico - Pragas e Doenças: Exemplos Práticos.** 1ed. Viçosa: UFV/DFP, v.7, cap. 7, p.183-210.
- PRATISSOLI, D.; OLIVEIRA, H.N.; VIEIRA, S.M.J.; OLIVEIRA, R.C.; ZAGO, H.B. 2004. Efeito da disponibilidade de hospedeiro e de alimento nas características biológicas de *Trichogramma galloi* Zucchi (Hymenoptera, Trichogrammatidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v.48, n.1, p.101-104.

- PRATISSOLI, D.; THULER, R.T.; ANDRADE, G.S.; ZANOTII, L.C.M.; SILVA, A.F. 2005a. Estimativa de *Trichogramma pretiosum* para controle de *Tuta absoluta* em tomateiro estaqueado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.7, p.715-718.
- PRATISSOLI, D.; VIANNA, U.R.; ZAGO, H.B.; PASTORI, P.L. 2005b. Capacidade de dispersão de *Trichogramma* em tomateiro estaqueado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.6, p.613-616.
- PRATISSOLI D; POLANCZYK RA; HOLTZ AM; DALVI LP; SILVA AF; SILVA LN. 2008. Selection of *Trichogramma* species for controlling the Diamondback moth. **Horticultura Brasileira**, v.26, p.194-196.
- PRATISSOLI, D.; DALVI, L.P.; POLANCZYK, R.A.; ANDRADE, G.S.; HOLTZ, A.M.; NICOLINE, H.O. 2010. Características biológicas de *Trichogramma exiguum* em ovos de *Anagasta kuehniella* e *Sitotroga cerealella*. **Idesia**, v.28, n.1, p.39-42.
- PRATISSOLI, D.; PIROVANI, V.D.; CARVALHO, J.R.; DALVI, L.P. 2015. Manejo de pragas para a cultura do morangueiro: sem resíduo de agrotóxico. Alegre: Nudemafi. 64p. (Nudemafi: Série Técnica n.2).
- REZNIK, S. YA.; N. D. VOINOVICH; T.; UMAROVA, Y.A. 1998. Egg retention in the presence of a host in *Trichogramma* females. **Journal of Applied Entomology** **122**: 555-559.
- SÁ, L.A.N.; PARRA, J.R.P.P; SILVEIRA-NETO, S. 1993. Capacidade de dispersão de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 para controle de *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) em milho. **Scientia Agricola**, v.50, n.2, p.226-231.
- SHARMA S.; AGGARWAL, N. 2015. Dispersal ability and parasitisation performance of *Trichogramma* spp (Hymenoptera:Trichogrammatidae) in organic Basmati rice. **Journal of Environmental Biology**, v.36, n.6, p.1345-1348.
- SMITH, S. M. 1996. Biological control with *Trichogramma*: Advances, successes, and potential of their use. **Annual Review of Entomology**, v.41, p.375-406.
- SMITH, S.M.; HUBBES, M.; CARROW, J.R. 1986. Factors affecting inundative releases of *Trichogramma pretiosum* against the spruce budworm. **Journal of Applied Entomology**, v.101, p.29-39.
- TORRES, M.L.GOMEZ; ARAB, A.; NAVA, D.E; PARRA, J.R.P. 2008. Factores que afectan el parasitismo de *Trichogramma atopovirilia* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) sobre el barrenador de los cítricos *Gymnandrosoma aurantianum* (Lepidoptera: Tortricidae). **Boletín de Sanidad Vegetal Plagas**, v.34, p.3-9.
- WANG, K.; SHIPP, J.L. 2004. Effect of release point density of *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) on control efficacy of

Keiferia lycopersicella (Walsingham) (Lepidoptera: Gelechiidae) in greenhouse tomato. **Biological control**, v.30, p.323-329.

WANG, Z.; HE, K.; YAN, S. 2005. Large-scale augmentative biological control of Asian corn borer using *Trichogramma* in China: A success story. **In** Second International Symposium on Biological Control of Arthropods, 12-16 September Davos, Switzerland. Disponível em: <<http://www.bugwood.org/arthropod2005/vol2/10b.pdf>>. Acesso: 10 de fev. 2016.

YONG, T.; HOFFMANN, M. P. 2006. Habitat selection by the introduced biological control agent *Trichogramma ostrinae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) and implications for non-target effects. **Environmental Entomology**, v.35, p.725-732.

YU, D.S.K., J.E. LAING; E.A.C. HAGLEY. 1984. Dispersal do *Trichogramma* spp. (Hym.: Trichogrammatidae) in an apple orchard after inundative releases. **Environmental Entomology**, v.13, n.2, p.371- 374.

ZACHRISSON, B.; PARRA, J.R.P. 1998. Capacidade de dispersão de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 para o controle de *Anticarsia gemmatilis* Hübner, 1818 em soja. **Scientia Agricola**, v.55, n.1, p.133-137.

ZAGO, H.B.; BARROS, R.; TORRES, J.B.; PRATISSOLI, D. 2010. Distribuição de Ovos de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) e o Parasitismo por *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Neotropical Entomology**, v.39, n.2, p.241-247.

3 CAPÍTULO III

VIRULÊNCIA DO NEMATOIDE ENTOMOPATOGÊNICO *Steinernema carpocapsae* (RHABDITIDA: STEINERNEMATIDAE) PARA O CONTROLE DE *Duponchelia fovealis* ZELLER (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE)

RESUMO

O controle biológico de insetos praga que vivem no solo pode ser realizado por meio de nematoides entomopatogênicos (NEPs), sendo, portanto, promissor para o controle da lagarta exótica do morangueiro, *Duponchelia fovealis* Zeller, 1847 (Lepidoptera: Crambidae), recém-introduzida no Brasil. Assim, a virulência do nematoide entomopatogênico *Steinernema carpocapsae* (Rhabditida: Steinernematidae) linhagem comercial Koppert[®], foi avaliada nos diferentes estágios de desenvolvimento de *D. fovealis*, bem como o efeito da temperatura na capacidade de infecção do nematoide. A CL₅₀ também foi estimada para a fase que apresentou suscetibilidade ao NEP. Ovos de diferentes idades (24, 48, 72 e 96 horas), lagartas de 4^o ínstar, pré-pupa e pupa de *D. fovealis* foram submetidos a diferentes concentrações (0; 25; 500; 100; 200 e 400 JIs/inseto) do NEP. Ovos e pupa não apresentaram suscetibilidade ao nematoide, enquanto lagarta e pré-pupa foram altamente suscetíveis, com mortalidade de 100% na maior dosagem. Diferentes temperaturas foram observadas (15, 21, 24, 27 e 30°C) na eficiência de infectividade de *S. carpocapsae* sob lagartas de quarto ínstar, estágios suscetíveis aos NEPs. A temperatura apresentou relação direta com a mortalidade, que variou entre 8% e 93%, entre a menor e maior temperatura, respectivamente. Por fim, estimou-se a CL₅₀ para lagartas e pré-pupas por meio da análise Probit. Os valores foram próximos, 71,43 e 75,24 JIs/inseto para lagarta e pré-pupa, mesmo a pré-pupa possuindo um casulo que poderia conferir proteção. Os estudos indicam, portanto, o potencial de *S. carpocapsae* para o controle de *D. fovealis*.

Palavras-chave: Controle biológico; lagarta-exótica do morangueiro; Crambidae; nematoide entomopatogênico (NEP).

VIRULENCE OF NEMATODE ENTOMOPATHOGENIC *Steinernema carpocapsae* (RHABDITIDA STEINERNEMATIDAE) FOR CONTROL *Duponchelia fovealis* ZELLER (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE)

ABSTRACT

The biological insect control soil pests can be accomplished by means of entomopathogenic nematodes (EPNs), and is therefore promising for the control of exotic strawberry caterpillar, *Duponchelia fovealis* Zeller, 1847 (Lepidoptera: Crambidae), recently introduced in Brazil. Thus, the virulence of the entomopathogenic nematode *Steinernema carpocapsae* (Koppert® commercial line) was evaluated at different stages of development of *D. fovealis* as well as the effect of temperature on nematode infection ability. The LC50 was also estimated for the stage that was susceptible. Eggs of different ages (24, 48, 72 and 96 hours), fourth instar caterpillars, pre-pupae and pupae of *D. fovealis* were subjected to different concentrations (0, 25, 500, 100, 200 and 400 IJs / insect) of the NEPs. Eggs and pupae showed no susceptibility to the nematode, while caterpillar and pre-pupae were highly susceptible, with 100% mortality at higher dosage. In relation to temperature (15; 21; 24; 27 and 30°C), its effect on infectivity of *S. carpocapsae* in fourth instar larvae, stages susceptible to NEPs, was analyzed. The temperature was directly related to mortality, which ranged about 8% and 93% between the lowest and highest temperature, respectively. Finally, it was estimated LC50 value for the pre-pupae and larvae by Probit analysis. The values were similar, 71.43 and 75.24 IJs / insect to caterpillar and pre-pupae even pre-pupa having a cocoon that might confer protection. The studies therefore indicate the potential of *S. carpocapsae* for controlling *D. fovealis*.

Keywords: Biological control; caterpillar Exotic strawberry; Crambidae; entomopathogenic nematode (EPN).

3.1 INTRODUÇÃO

Os nematoides de maneira geral são microscópicos, não segmentados, sem apêndices, alongados e com o corpo cilíndrico. Existem espécies de vida livre (terrestres e aquáticos) e parasitas de vertebrados, invertebrados e plantas (LAMBSHEAD, 1993; ALMENARA et al., 2012). Espécies nocivas aos artrópodes vêm sendo utilizadas como agente de controle biológico em diversos locais de mundo (DENNO et al., 2008; ALMENARA et al., 2012).

Os nematoides utilizados no controle de insetos são conhecidos como nematoides entomopatogênicos (NEPs) e podem ser definidos como organismos que possuem a capacidade de matar insetos ou causar patogenias, assim como outros agentes de controle biológico, tais como fungos, vírus e bactérias (ORTIZ-URQUIZA et al., 2010; TOLEDO et al., 2010). Essa capacidade está associada à relação simbiótica com bactérias dos gêneros *Xenorhabdus* e *Photorhabdus* (KAYA; GAUGLER, 1993).

Esses organismos compartilham características comuns às apresentadas por parasitoides, predadores e patógenos (vírus, bactérias e fungos) tais como: presença de quimiorreceptores, mobilidade, alta virulência, capacidade de matar rapidamente o hospedeiro, facilidade de criação *in vitro* e alto potencial reprodutivo (KAYA; GLAUGLER, 1993). Possuem uma ampla gama de hospedeiros e são seguros para vertebrados, plantas e outros organismos não alvos, além de serem de fáceis aplicações, compatíveis com pesticidas químicos e passíveis de seleção genética. Esses fatores favorecem o uso dos NEPs em programas de manejo de pragas (KAYA; GLAUGLER, 1993; HAZIR et al., 2003; DOLINSKI; MOINO JR, 2006; MILES et al., 2012).

O habitat natural dos NEPs é o solo. Essa característica representa um grande potencial para uso como agente de controle biológico de insetos praga que tenham, ao menos, uma das fases ocorrendo nesse mesmo ambiente (SHAPIRO-ILAN et al., 2004), como é o caso da fase larval de *Duponchelia fovealis* Zeller, 1847 (Lepidoptera: Crambidae), praga exótica que infesta lavouras de morangueiro no estado do Espírito Santo (BRAMBILA; STOCKS, 2010; STOCKS; HODGES, 2013; PAES et al., 2015; PRATISSOLI et al., 2015).

Outra importante observação para sucesso no uso de NEPs são os fatores bióticos e abióticos, uma vez que influenciam diretamente nos resultados. O principal

fator biótico relaciona-se a biologia dos nematoides e sua associação com o hospedeiro, no caso a praga-alvo. São preponderantes à sua virulência e capacidade de busca ao hospedeiro e à capacidade dos NEPs em tolerar as condições ambientais em que se encontram presentes (SHAPIRO-ILAN et al., 2006). Quando a virulência do nematoide entomopatogênico não é elevada para a praga-alvo, as chances de sucesso diminuem consideravelmente (SHIELDS et al., 1999).

Os fatores abióticos mais críticos, que diretamente afetam os nematoides entomopatogênicos no solo são a radiação ultravioleta, a umidade do solo e o principal, a temperatura (KAYA, 1990). A temperatura é um fator diretamente ligado à infecção. Dependendo da espécie os graus de tolerância e eficiência irão variar de acordo com o aumento ou queda da temperatura (GREWAL et al., 1994; BERRY et al., 1997; SHAPIRO-ILAN et al., 2000).

Alguns fatores, no entanto, ainda podem limitar ou dificultar o uso de NEPs em programas de controle biológico e manejo de insetos praga, tais como: a ampla gama de hospedeiros suscetíveis a esses organismos pode incluir insetos benéficos; a tolerância do nematoide entomopatogênico é pequena em relação a alguns fatores ambientais, como a umidade; o tempo de armazenamento e sua persistência em nível de campo são curtos quando comparados a outros agentes de controle biológico e o custo é relativamente elevado frente aos inseticidas químicos (HAZIR et al., 2003).

Dessa forma, conhecer a virulência de uma determinada espécie/linhagem de nematoide entomopatogênico a um inseto praga e os fatores que a influenciam é fundamental para o início de sua utilização em programas de manejo de pragas.

3.2 OBJETIVOS

- Avaliar a virulência do nematoide entomopatogênico *Steinernema carpocapsae* (linhagem comercial) nas diferentes fases de desenvolvimento de *Duponchelia fovealis*;
- Analisar o efeito de diferentes concentrações na mortalidade da(s) fase(s) suscetível de *Duponchelia fovealis* ao NEP;
- Comparar o efeito de diferentes temperaturas na mortalidade de lagartas e pré-pupas de *Duponchelia fovealis* causada pelo NEP;
- Estimar a Concentração Letal (CL₅₀) de *Steinernema carpocapsae* para *Duponchelia fovealis*.

3.3 MATERIAL E MÉTODOS

3.3.1 Avaliação da virulência do nematoide entomopatogênico *Steinernema carpocapsae* sobre as fases de desenvolvimento de *Duponchelia fovealis*

A criação de *D. fovealis* foi estabelecida no Setor de Entomologia do Núcleo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Manejo Fitossanitário de Pragas e Doenças (NUDEMAFI), do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo conforme item 3.1, capítulo II.

3.3.2 Virulência do NEP em *Duponchelia fovealis*

3.3.2.1 Ensaio em ovos

O ensaio foi realizado com ovos de *D. fovealis* de diferentes idades (24, 48, 72 e 96 horas) em cinco repetições com 20 ovos em cada, as quais foram submetidas a sete dosagens de Juvenis Infectantes (JIs) do nematoide entomopatogênico *S. carpocapsae* (0; 25; 50; 100; 200; 400 e 800 JIs/inseto).

Cada repetição dos respectivos tratamentos foi realizada em uma placa de Petri de 9 cm de diâmetro, forrada no fundo com papel filtro umedecido previamente com 0,6 ml de água destilada, antes da transferência dos ovos (Figura 1A).

Uma solução contendo os nematoides foi homogeneizada em agitador magnético por três minutos em velocidade moderada. Posteriormente, um volume de 0,4 ml de suspensão, nas respectivas concentrações, foi aplicado com a ajuda de uma pipeta automática sobre os ovos no interior da Placa de Petri. A cada 48 horas, 0,3 ml de água destilada foi adicionada a cada tratamento para manter a umidade. As placas de Petri com os tratamentos foram mantidas em câmara climatizada a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ umidade relativa e 14 horas de fotofase.

Contagens diárias durante sete dias foram realizadas para verificar a eclosão de lagartas em cada tratamento e repetição. O delineamento foi inteiramente casualizado dividido em um esquema fatorial 4x7, sendo quatro idades de ovos e sete concentrações do nematoide entomopatogênico.

Os dados sobre a mortalidade de ovos de diferentes idades, com aplicações de diferentes concentrações do NEP foram submetidos à análise de regressão, em 5% de probabilidade, utilizando o programa de estatística R versão 3.0.2 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2009), com a viabilidade dos ovos como variável

dependente e as concentrações do nematoide entomopatogênico como a variável independente.

3.3.2.2 Ensaio em lagartas

O ensaio consistiu de cinco repetições, compostas por 10 lagartas de quarto ínstar, distribuídas individualmente em eppendorf com sete pequenos furos (cerca de 1mm de diâmetro) e forrado internamente com papel filtro umedecido (Figura 1D).

Foram utilizadas oito diferentes concentrações de Juvenis Infectantes do NEPs como tratamento (0; 25; 50; 100; 200; 400; 600 e 800 JI/inseto). As soluções de nematoides foram previamente preparadas conforme o item 3.2.1. A suspensão de nematoides aplicada foi de 0,2 ml por eppendorf, com ajuda de uma pipeta automática. Para umedecer o papel, utilizou-se 0,1 ml de água destilada. A testemunha (concentração 0) recebeu 0,3 ml de água destilada. Foi fornecida às lagartas dieta artificial utilizada na criação de *D. fovealis*.

Os eppendorfes com os tratamentos foram mantidos em câmara climatizada a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ umidade relativa e 14 horas de fotofase. As avaliações foram realizadas diariamente até o sétimo dia a partir da aplicação dos nematoides. A mortalidade das lagartas foi confirmada pela sintomatologia e dessecação seguida de visualização em estereomicroscópio (Figura 1B-C).

O delineamento foi inteiramente casualizado. Os dados sobre a mortalidade das lagartas foram submetidos à análise de regressão, em 5% de probabilidade, utilizando o programa de estatística R versão 3.0.2 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2009).

3.3.2.3 Ensaio em pré-pupas

A mesma metodologia utilizada em lagartas (item 3.2.2) foi empregada para os ensaios com pré-pupas. O delineamento foi inteiramente casualizado dividido em oito tratamentos (concentrações de nematoides) com cinco repetições. Os dados sobre a mortalidade de pré-pupas obtidos a diferentes concentrações foram submetidos à análise de regressão, em 5% de probabilidade, utilizando o programa de estatística R versão 3.0.2 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2009).

3.3.2.4 Ensaios em pupas

O ensaio consistiu de cinco repetições, cada uma delas compostas de uma placa de Petri de 9 cm de diâmetro, forrada no fundo com papel filtro umedecido previamente com 0,6 ml de água destilada. Cada repetição foi composta por cinco pupas (Figura 1E).

As concentrações utilizadas foram as mesmas para lagarta e pré-pupa, diferenciando apenas o volume de suspensão aplicado. Nesse caso para pupas, foi utilizado 0,4ml de suspensão para as diferentes concentrações. As avaliações foram realizadas diariamente até o sétimo dia a partir da aplicação dos nematoides.

O delineamento foi inteiramente casualizado. Os dados sobre a mortalidade de pupas de quarto ínstar obtidos em diferentes concentrações foram submetidos à análise de regressão, em 5% de probabilidade, utilizando o programa de estatística R versão 3.0.2 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2009).

3.3.3 Efeito da temperatura (°C) sobre a mortalidade de lagartas e pré-pupas de *Duponchelia fovealis* pelo nematoide entomopatogênico

O ensaio consistiu de cinco repetições, compostas por 15 lagartas de quarto ínstar em cada repetição, distribuídas individualmente em eppendorf com pequenos furos e forrado internamente com papel filtro umedecido. Foi utilizada a concentração de 600 JI/inseto, que apresentou alta mortalidade dos testes anteriores. As soluções de nematoides foram previamente preparadas conforme o item 2.1. A suspensão de nematoides aplicada foi de 0,2 ml por eppendorf. Para umedecer o papel, utilizou-se 0,1 ml de água destilada. Foi fornecida às lagartas dieta artificial utilizada na criação de *D. fovealis*.

As temperaturas utilizadas (tratamentos) foram: 15, 18, 21, 24, 27 e 30 ± 1°C, mantidas constantes em seis câmaras climatizadas com umidade relativa de 70 ± 10% e 14 horas de fotofase. Os eppendorfes contendo as lagartas foram mantidos em câmaras climatizadas até o sétimo dia a partir da aplicação dos nematoides, com avaliação diária da mortalidade, que foi confirmada pela sintomatologia e dessecação seguida de visualização em estereomicroscópio.

O delineamento foi inteiramente casualizado dividido em seis tratamentos (diferentes temperaturas) com cinco repetições. Os dados sobre a mortalidade de lagartas de quarto ínstar obtidos em diferentes temperaturas foram submetidos à

análise de regressão, em 5% de probabilidade, utilizando o programa de estatística R versão 3.0.2 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2009) sendo a temperatura a variável independente e a mortalidade das lagartas a variável dependente.

3.3.4 Estimativa da concentração letal (CL₅₀)

A estimativa da CL₅₀ foi realizada de acordo com os procedimentos descritos para lagartas e pré-pupas. Para a estimativa da concentração letal foram utilizadas nove concentrações espaçadas em escala logarítmica, sendo o limite inferior (concentração que causa a morte de cerca de 10% dos insetos) e superior (concentração que causa a morte de cerca de 90% dos insetos) estabelecido por meio de ensaios preliminares. Além da respectiva testemunha.

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com quatro repetições de 20 insetos cada. A CL₅₀ foi estimada pela análise de Probit (FINNEY, 1971) com auxílio do programa SAS 9.0 (SAS INSTITUTE, 2002).

3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.4.1 Virulência

3.4.1.1 Ovos

Não houve efeito do nematoide entomopatogênico *S. carpocapsae* sobre a mortalidade de ovos de *D. fovealis* em nenhuma das concentrações avaliadas e em nenhuma das idades dos ovos da praga ($p < 0,05$) (Tabela 1).

A resistência do ovo e de suas aberturas naturais provavelmente foram os fatores responsáveis pela não infecção por *S. carpocapsae*. As aberturas naturais nos ovos são fundamentais para que ocorra a infecção, já que nematoides do gênero *Steinernema* utilizam de forma exclusiva essas aberturas para colonização do hospedeiro (BATISTA et al., 2011).

O comportamento de busca associado a *S. carpocapsae* também pode ter contribuído negativamente no insucesso. Nematoides entomopatogênicos apresentam diferentes características no que se refere ao comportamento de busca dos juvenis infectantes pelo hospedeiro-alvo. As estratégias para localização e posterior infecção variam entre as espécies. Algumas são classificadas como espécies do tipo “ambushier”, enquanto outras como “cruisers” - (CAMPBELL; GAUGLER, 1997).

Espécies “ambushier” tendem a ficar mais próximas à superfície e são caracterizadas por uma baixa motilidade (p.e. *Steinernema carpocapsae*). A resposta a estímulos voláteis normalmente é pequena e sua capacidade infectiva é extremamente eficiente em espécies hospedeiras móveis que habitam próximo à superfície do solo, como lagartas e grilos (SHAPIRO-ILAN et al., 2006).

De forma oposta, os nematoides com comportamento do tipo “cruisers”, demonstram ampla capacidade de busca (p.e. *S. glaseri*), possuem alta motilidade, distribuem-se ao longo do perfil do solo e a percepção dos voláteis orienta a sua busca. Hospedeiros sedentários, como pupas e pré-pupas, são eficientemente controlados por essas espécies de nematoides (SHAPIRO-ILAN et al., 2006).

Steinernema carpocapsae é uma espécie com comportamento do tipo “ambushier”, o que pode ter comprometido a colonização dos ovos.

Resultados semelhantes associados ao insucesso de *S. carpocapsae* na infecção de ovos devido à sua resistência e ausência de aberturas naturais, foram observados também por Batista et al. (2011) em ovos de *Mahanarva spectabilis* (Distant, 1909) (Hemiptera: Cercopidae) e por Santos et al. (2011) e Jackson; Brooks (1995) em *Diabrotica* sp. (Coleoptera: Chrysomelidae).

Tabela 1: Número médio de lagartas de primeiro ínstar (média \pm erro padrão) de *Duponchelia fovealis* eclodidas de ovos de diferentes idades após aplicação de diferentes concentrações do nematoide entomopatogênico *Steinernema carpocapsae*. Temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, U.R. de $70 \pm 10\%$ e 14 de fotofase.

Dosagens Nematoides (JI/Ovo)	Número médio de lagartas ^{1,2}			
	Ovos 24h	Ovos 48 h	Ovos 72 h	Ovos 96 h
0	18,8 \pm 0,37	19,2 \pm 0,37	18,2 \pm 0,86	19,4 \pm 0,40
25	18,4 \pm 0,68	19,0 \pm 0,54	19,0 \pm 0,44	19,4 \pm 0,40
50	19,2 \pm 0,58	19,2 \pm 0,37	18,8 \pm 0,37	19,2 \pm 0,58
100	19,4 \pm 0,40	19,4 \pm 0,40	19,4 \pm 0,40	19,6 \pm 0,24
200	19,0 \pm 0,63	19,8 \pm 0,20	18,6 \pm 0,87	18,8 \pm 0,80
400	18,8 \pm 0,58	19,0 \pm 0,44	19,4 \pm 0,24	19,4 \pm 0,40
800	19,0 \pm 0,32	19,0 \pm 0,44	18,6 \pm 0,40	18,6 \pm 0,51

¹ Médias obtidas a partir de cinco repetições com 20 ovos em cada repetição. ² Análise de regressão não-significativa ($p < 0,05$).

3.4.1.2 Lagartas de quarto ínstar

A mortalidade das lagartas de *D. fovealis* variou entre 26% e 100% nas concentrações de 25 JI/inseto e 800 JI/inseto, respectivamente, demonstrando assim uma relação direta entre mortalidade e dosagem do nematoide.

As diferentes concentrações testadas apresentaram relação com a intensidade da mortalidade de lagartas de quarto ínstar de *D. fovealis* e foram melhor ajustadas pelo modelo de regressão exponencial (Figura 2).

De acordo com Poinar (1979) e Kaya; Gaugler (1993) as aberturas naturais presentes no corpo dos insetos, boca, ânus e espiráculos, são os locais por onde os nematoides entomopatogênicos penetram. Dessa forma, caso ocorra a suscetibilidade de alguma espécie a um determinado nematoide entomopatogênico fases do desenvolvimento do inseto que apresentam essas principais portas de entrada serão mais suscetíveis.

Os resultados foram compatíveis com as características da fase larval de *D. fovealis*. *Steinernema carpocapsae* mostrou-se eficiente em penetrar o corpo do inseto e causar mortalidade. Essa associação é importante, uma vez que a confirmação da associação entre o nematoide entomopatogênico e a praga da qual se busca o controle é a primeira etapa para o uso em programas de controle biológico (MILES et al., 2012; DENO et al., 2008; FUGA et al., 2012).

Normalmente a taxa de infectividade tende a decrescer com o aumento da concentração utilizada, já que os nematoides passam a competir entre si (SELVAN et al., 1993). Esse decréscimo não foi observado nos bioensaios realizados em lagartas de quarto ínstar de *D. fovealis*, provavelmente porque a concentração onde começaria a competição intraespecífica de *S. carpocapsae* não foi atingida no estudo. Essa informação otimiza o uso no nematoide e representa concentrações próximas ao ideal para seu emprego no controle da praga.

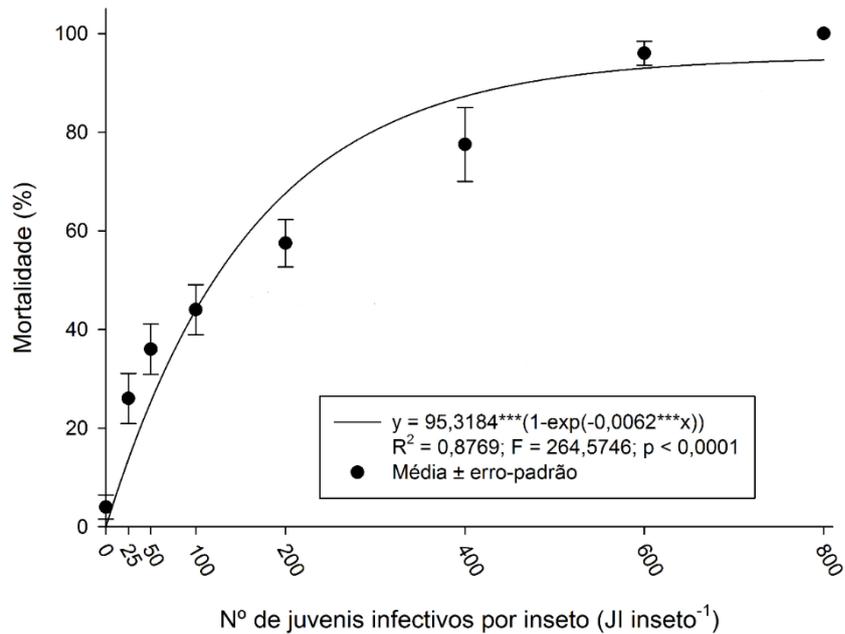


Figura 2: Relação entre as diferentes concentrações de juvenis infectantes de *S. carpocapsae* e a mortalidade de lagartas de quarto ínstar de *D. fovealis* ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ umidade relativa e 14 horas de fotofase).

3.4.1.3 Pré-pupa

Steinernema carpocapsae foi patogênico também a pré-pupa de *D. fovealis*. A mortalidade foi verificada em todas as concentrações testadas, variando entre 18% e 98% nas concentrações de 25 JI/inseto e 800 JI/Inseto, respectivamente. Assim como observado para a fase larval, os dados de concentrações apresentaram relação direta com a mortalidade de pré-pupas. Essa relação foi ajustada pelo modelo exponencial de regressão (Figura 3).

Assim como a fase larval, pré-pupas apresentam todas as aberturas naturais que favorecem a infecção pelos nematoides. No entanto, uma característica da fase pré-pupal de *D. fovealis* poderia limitar a infecção pelos nematoides. As lagartas constroem um casulo composto por teia, onde ocorrerá a formação da pupa. Esse casulo poderia dificultar ou até mesmo impedir a penetração dos NEPs, o que não foi observado (Figura 1C). O casulo pode ter retardado ou dificultado levemente a infecção, resultados expressados pela maior CL_{50} (Tabela 3).

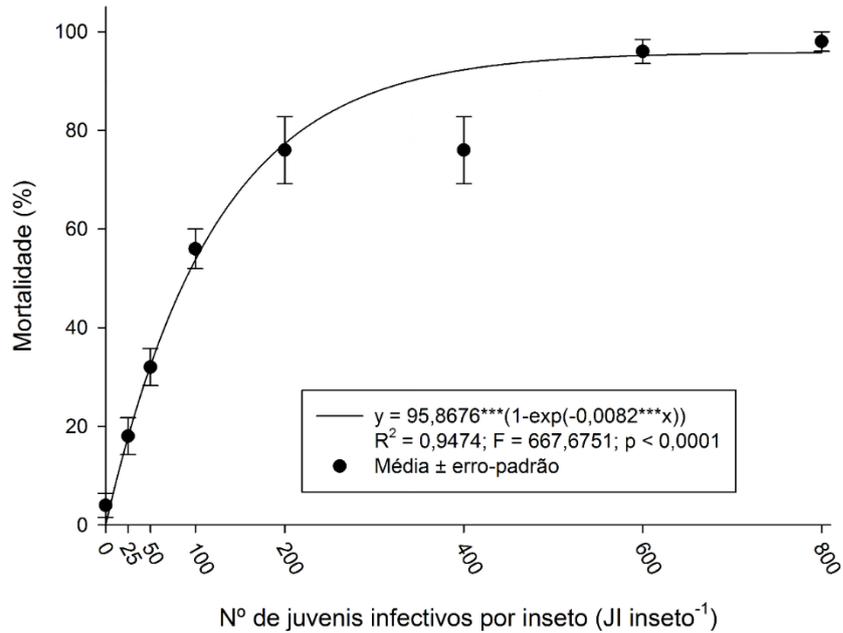


Figura 3: Relação entre as diferentes concentrações de juvenis infectantes de *S. carpocapsae* e a mortalidade de pré-pupa de *D. fovealis* ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ umidade relativa e 14 horas de fotofase).

3.4.1.4 Pupas

Assim como o observado na fase de ovo, a fase de pupa também não sofreu efeito do nematoide entomopatogênico *S. carpocapsae* sobre a sua mortalidade em nenhuma das concentrações testadas (Tabela 2).

Em pupa as possíveis formas de penetração dos nematoides entomopatogênicos são os espiráculos, que em Lepidoptera estão localizados na região abdominal e variam em número de acordo com a espécie do inseto (KAYA; HARA, 1980), o grau de esclerotização da pupa ou possíveis ferimentos na cutícula. Segundo Poinar, (1979) essas são as únicas alternativas de penetração já que as principais portas de entrada dos NEPs, boca e ânus, estão ausentes nesse estágio.

Nesse caso, *S. carpocapsae* não foi capaz de penetrar pupas de *D. fovealis* provavelmente pela forma estrutural dos espiráculos. Esse fator contribuiu para os diferentes graus de suscetibilidades em pupas de Lepidoptera (KAYA; HARA, 1980).

As pupas de *D. fovealis* utilizadas no bioensaio estavam completamente esclerotizadas, visando diminuir justamente qualquer ferimento que pudesse facilitar a entrada do nematoide entomopatogênico, o que pode ter significado no insucesso de penetração dos nematoides.

Apesar da fase de pupa ser menos suscetível que a fase larval e normalmente ser menos analisada, alguns estudos com *S. carpocapsae* vêm demonstrando que a suscetibilidade dessa fase pode ocorrer, mesmo em insetos de ordem diferentes, necessitando portanto de investigação científica (KAYA; HARA, 1980; CHAMBERS et al., 2010; DEMBILIO et al., 2010; PEREAULT et al., 2010).

Tabela 2: Número médio de adultos (média \pm erro padrão) de *Duponchelia fovealis* obtidos após aplicação de diferentes concentrações do nematoide entomopatogênico *Steinernema carpocapsae*. Temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, U.R. de $70 \pm 10\%$ e 14 de fotofase.

Dosagens Nematoides (JI/Pupa)	Número médio \pm erro padrão de adultos ^{1,2}
0	4,2 \pm 0,37
25	4,4 \pm 0,40
50	4,4 \pm 0,24
100	3,8 \pm 0,37
200	4,0 \pm 0,45
400	4,4 \pm 0,60
600	4,2 \pm 0,37
800	4,0 \pm 0,32

¹ Médias obtidas a partir de cinco repetições com cinco pupas em cada repetição. ² Análise de regressão não-significativa ($p < 0,05$).

3.4.2 Efeito da temperatura ($^\circ\text{C}$) sobre a mortalidade de lagartas e pré-pupas de *Duponchelia fovealis* pelo nematoide entomopatogênico

A temperatura apresentou relação direta com a capacidade de *S. carpocapsae* em causar infecção em lagartas de quarto ínstar de *D. fovealis*, apresentando maior mortalidade à medida que a temperatura aumentava.

Na menor temperatura observada (15°C) a mortalidade foi relativamente baixa, com apenas 8%. Diferentemente disso, nas maiores temperaturas analisadas (27° e 30°C), a mortalidade foi extremamente elevada, com 91% e 93%, respectivamente. A relação da temperatura e mortalidade foi ajustada pelo modelo exponencial de regressão (Figura 4).

A temperatura tem relação direta com a eficiência de infectividade do nematoide entomopatogênico e varia entre as espécies. *Steinernema carpocapsae* tem alta eficiência em temperaturas que variam entre 22° e 30°C (MILES et al., 2012), o que foi observado para os testes com *D. fovealis*.

Ademais, baixas temperaturas podem diminuir a mobilidade do hospedeiro. Segundo Chen et al. (2003), baixas temperaturas normalmente diminuem a efetividade de infecção de *S. carpocapsae*, uma vez que a menor mobilidade da praga nessas temperaturas influencia em espécies de nematoides com características “ambushier”. Esse comportamento explica a menor taxa de mortalidade em *D. fovealis* em temperaturas mais baixas.

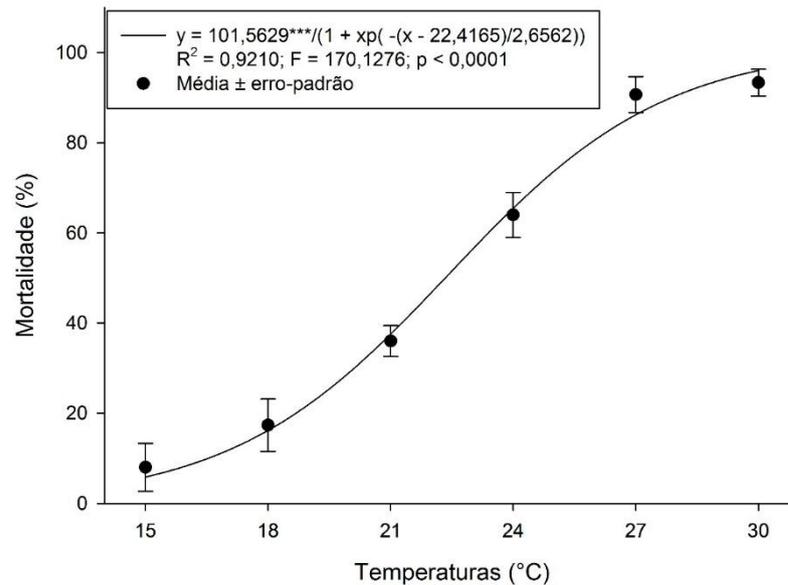


Figura 4: Relação entre o efeito das diferentes temperaturas na mortalidade de lagartas de quarto ínstar de *D. fovealis* (70 ± 10 % umidade relativa e 14 horas de fotofase).

3.4.3 Determinação da CL₅₀

A estimativa da concentração letal (CL₅₀) de *S. carpocapsae* sobre lagartas de quarto ínstar e pré-pupa de *D. fovealis* teve os dados ajustados pelo modelo de Probit, com um χ^2 não significativo e $p > 0,05$ (Tabela 3).

A estimativa da CL₅₀ de *S. carpocapsae* foi de 71,43 e 75,54 juvenis infectantes por inseto para lagarta de quarto ínstar e pré-pupa, respectivamente. A inclinação da curva de mortalidade foi bem próxima para as duas fases de desenvolvimento (Tabela 3). Esta indica a variação entre o número de juvenis infectantes do nematoide entomopatogênico responsável por causar mortalidade de lagartas e pré-pupas do inseto. Dessa forma, curvas de mortalidade com altos valores de inclinação indicam que pequenas variações no número de JIs são responsáveis por grande variação na mortalidade do inseto praga em questão.

As estimativas de concentração letal irão variar de acordo com o inseto alvo e seu estágio de desenvolvimento, a espécie de nematoide entomopatogênico e as condições de realização do bioensaio. Em adultos de *Oryzaephilus surinamensis* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Silvanidae), por exemplo, os valores de CL₅₀ foram de 1695 JIs de *S. carpocapsae* (TRDAN et al., 2006) enquanto em pré-pupas de *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée, 1854) (Lepidoptera: Crambidae) esse valor foi 70 vezes menor, com CL₅₀ estimada de 24,40 JIs (FRAGOSO, 2014).

Tabela 3. Inclinação (média ± erro padrão) da curva, CL₅₀, Qui-quadrado (χ^2) e probabilidade da curva concentração-mortalidade do nematoide entomopatogênico *Steinernema carpocapsae* a lagartas de quarto ínstar e pré-pupa de *Duponchelia fovealis*. Temperatura de 25 ± 1°C, U.R. de 70 ± 10% e 14 de fotofase.

Fase do Inseto	GL ¹	N ²	Inclinação±EPM ³	CL ₅₀ (IC ₉₅ ⁴) (JI/Inseto)	χ^2	P-valor
Lagarta 4º ínstar	7	720	1,5874±0,1121	71,43(61,35-82,93)	5,9356	0,5473
Pré-pupa	7	720	1,5173±0,1099	75,54(64,56-88,21)	3,1520	0,8705

¹GL: Graus de liberdade; ²N: Número de insetos utilizados no bioensaio; ³EPM: Erro padrão médio; ⁴IC₉₅: Intervalo de confiança das CL₅₀ 95% de probabilidade; χ^2 : Qui-quadrado.

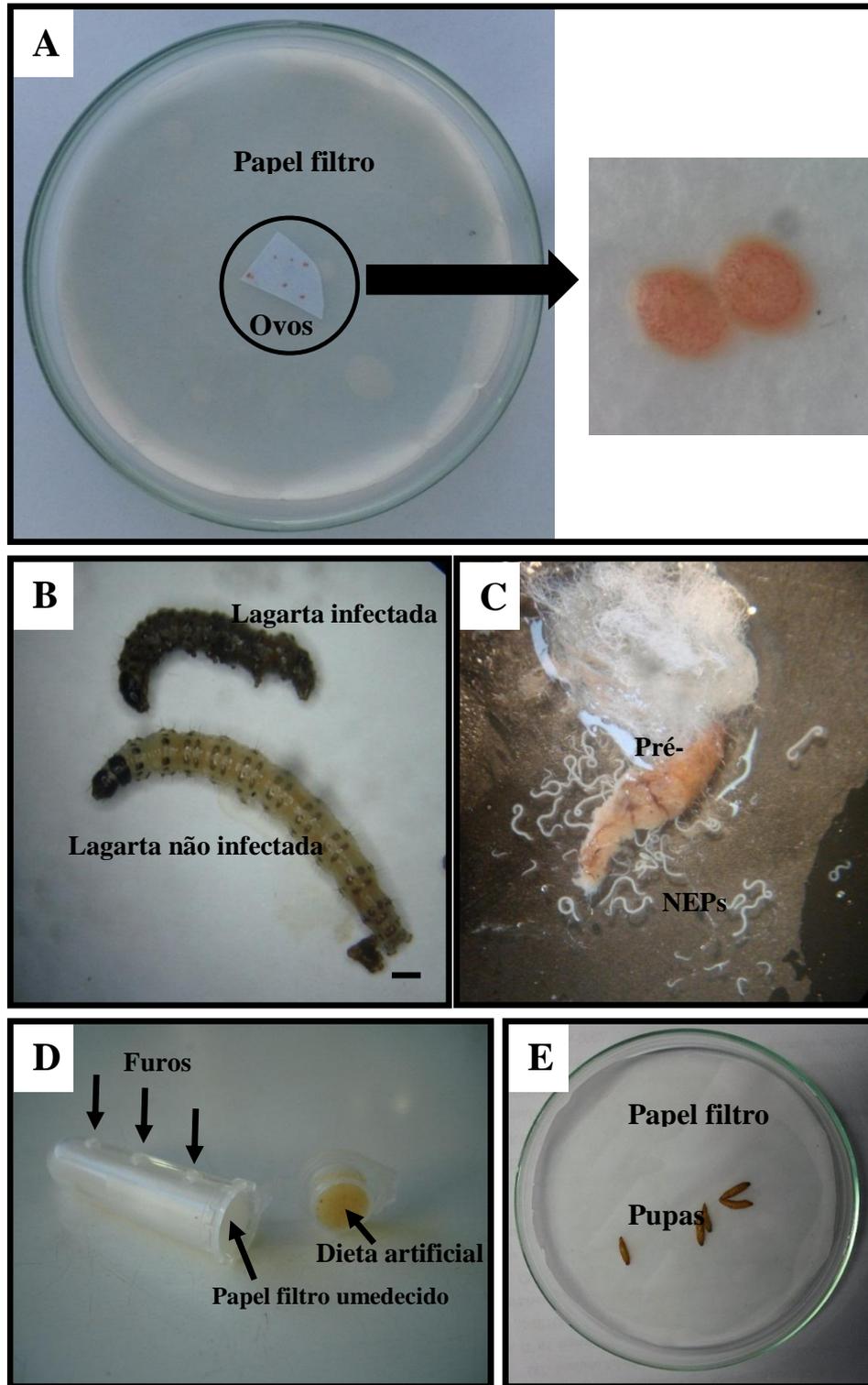


Figura 1. A - Placa de Petri com os ovos de *Duponchelia fovealis*; B - Destaque para lagarta de *Duponchelia fovealis* infectada por *Steinernema carpocapsae* em comparação com uma lagarta sadia; C - Pré-pupa de *Duponchelia fovealis* infectada. Destaque para os nematoides após maceração; D - Eppendorf utilizado nos estágios larval e pré-pupal de *Duponchelia fovealis*; E - Placa de Petri com as pupas de *Duponchelia fovealis*.

3.5 CONCLUSÃO

- O nematoide entomopatogênico *Steinernema carpocapsae* é eficiente no controle de lagartas e pré-pupas de *Duponchelia fovealis*;
- Temperaturas mais elevadas (27° e 30°C) favorecem a infectividade de *S. carpocapsae* em lagartas de *D. fovealis*;
- A CL₅₀ é obtida com 71 e 75 Juvenis Infectantes/inseto para a fase de larva e pré-pupa, respectivamente.

3.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMENARA, D.P.; ROSSI, C.; NEVES, M.R.C.; WINTER, C.E. 2012. Nematoides Entomopatogênicos. **In:** SILVA-NETO, M.A.C.; TERMINGNONI, C.; WINTER, C. (orgs). **Tópicos Avançados em Entomologia Molecular**. 1ed. Rio de Janeiro. 2012. cap. 16, p. 1-40.
- BATISTA, E.S.P.; AUAD, A.M.; FRIAS, M.P.; MONTEIRO, C.M.O. 2011. Nematoides entomopatogênicos infectam ovos e adultos cigarrinha-das-pastagens?. **Arquivos do Instituto Biológico de São Paulo**, v.78, n.3, p.475-478.
- BERRY, R.E.; LIU, J.; GROTH, E. 1997. Efficacy and persistence of *Heterorhabditis marelatus* (Rhabditida: Heterorhabditidae) against root weevils (Coleoptera: Curculionidae) in strawberry. **Environmental Entomology**, v.26, p.465-470.
- BRAMBILA, J.; STOCKS, I. 2010. The European Pepper Moth, *Duponchelia fovealis* Zeller (Lepidoptera: Crambidae), a Mediterranean Pest Moth Discovered in Central Florida. **Pest Alert created**, p.1-4.
- CHAMBERS, U.; BRUCK, D.J.; OLSEN, J.; WALTON, V.M. 2010. Control of overwintering filbertworm (Lepidoptera: Tortricidae) larvae with *Steinernema carpocapsae*. **Journal of Economic Entomology**, v.103, p.416-422.
- CHEN, S.; LI, L.; HAN, X.; MOENS, M. 2003. Effect of temperature on the pathogenicity of entomopathogenic nematodes (*Steinernema* and *Heterorhabditis* spp.) to *Delia radicum*. **BioControl**, v.48, p.713-724.
- DEMBILIO, O.; LLÁCER, E.; MARTINEZ DE ALTUBE MDEL, M.; JACAS, J.A. 2010. Field efficacy of imidacloprid and *Steinernema carpocapsae* in a chitosan formulation against the red palm weevil *Rhyncophorus ferrugineus* (Coleoptera: Curculionidae) in *Phoenix canariensis*. **Pest Management Science**, v.66, p.365-370.
- DENNO, R.F.; GRUNER, D.S; KAPLAN, I. 2008. Potential for Entomopathogenic Nematodes in Biological Control: A Meta-Analytical Synthesis and Insights from Trophic Cascade Theory. **Journal of Nematology**, v.40, n.2, p.61-72.
- DOLINSKI, C.; MOINO JR, A. 2006. Utilização de nematoides entomopatogênicos nativos ou exóticos: o perigo das introduções. **Nematologia Brasileira**, v.30, n.2, p.139-149.
- FINNEY, D.J. 1971. **Probit Analysis**. London, Cambridge University Press, 333p.
- FRAGOSO, D.F.M. 2014. **Opções de Manejo de *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae) com Bases Bioecológicas e Controle Mecânico, Biológico e Extratos de Plantas**. 2014. 132f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal – Entomologia). Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre.
- FUGA, C.A.G.; FERNANDES, R.H. & LOPES, E.A. 2012. Nematoides entomopatogênicos. **Revista Tropica**, v.6, n.3, p.56-75.

- GREWAL, P.S.; SELVAN, S.; GAUGLER, R. 1994. Thermal adaptation of entomopathogenic nematodes: niche breadth for infection, establishment and reproduction. **Journal of Thermal Biology**, v.19, p.245–253.
- HAZIR, S.; KAYA, R.K.; STOCK, P.; KESKÜN, N. 2003. Entomopathogenic Nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) for Biological Control of Soil Pest. **Turkish Journal of Biology**, v.27, p.181-202.
- JACKSON, J.J.; BROOKS, M.A. 1995. Parasitism of western corn rootworm larvae and pupae by *Steinernema carpocapsae*. **Journal of Nematology**, v.27, n.1, p.15-20.
- KAYA, H.K. Soil ecology. 1990. **In: GAUGLER, R.; KAYA, H.K. eds. Entomopathogenic Nematodes in Biological Control**. CRC Press, Boca Raton, Flórida, p.93–116.
- KAYA, H.K.; GAUGLER, R. 1993. Entomopathogenic nematodes. **Annual Review of Entomology**, v.38, p.181–206. 1993.
- KAYA, H.K.; HARA, A.H. 1980. Differential susceptibility of lepidopterous pupae to infection by the Nematode *Neoplectana carpocapsae*. **Journal of Invertebrate Pathology**, v.36, p.389-393.
- LAMBSHEAD, P.J.D. 1993. Recent developments in marine benthic biodiversity research. **Oceanis**, v.19, p.5-24.
- MILES, C.; BLETHEN, C.; GAUGLER, R.; SHAPIRO-ILAN, D. I.; MURRAY, T. 2012. Using Entomopathogenic Nematodes for Crop Insect Pest Control. **A Pacific Northwest Extension Publication**, v.544, p.1-9.
- ORTIZ-URQUIZA, A.; RIVEIRO-MIRANDA, L.; SANTIAGO-ÁLVAREZ, C.; QUESADA-MORAGA, E. 2010. Insect-toxic secreted proteins and virulence of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. **Journal Invertebrate Pathology**. v.105, p.270-280.
- PAES, J.P.P; PIROVANI, V.D.; PRATISSOLI, D. 2015. Lagarta do morangueiro. **In: PRATISSOLI, D. Org. Pragas emergentes no Espírito Santo**, Unicopy, Alegre, p.88-95.
- PEREAULT, R.J.; WHALON, M.E.; ALSTON, D.G. 2010. Field efficacy of entomopathogenic fungi and nematodes targeting caged last-instar plum curculio (Coleoptera: Curculionidae) in Michigan cherry and apple orchards. **Environmental Entomology**, v.38, p.1126-1134.
- POINAR, G.O. 1979. **Nematodes for biological control of insects**. Boca Raton, Florida: CRC Press, Inc. 277p.

- PRATISSOLI, D.; PIROVANI, V.D.; CARVALHO, J.R.; DALVI, L.P. 2015. Manejo de pragas para a cultura do morangueiro: sem resíduo de agrotóxico. Alegre: Nudemafi. 64p. (Nudemafi: Série Técnica n.2).
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. R. 2009. **A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2009.
- SANTOS, V.; MOINO-JUNIOR, A.; ANDALÓ, V.; MOREIRA, C.C.; OLINDA, R.A. 2011. Virulence of Entomopathogenic Nematodes (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae) for the control of *Diabrotica speciosa* Germar (Coleoptera: Chrysomelidae). **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.6, p.1149-1156.
- SAS INSTITUTE. 2002. **SAS user's guide: statistics, version 9.0**. Cary: SAS Institute.
- SELVAN, S.; CAMPBELL, J.F.; GAUGLER, R. 1993. Density-dependent effects on entomopathogenic nematodes (Heterorhabditidae and Steinernematidae) within an insect host. **Journal of Invertebrate Pathology**, v.62, n.3, p.278-284.
- SHAPIRO-ILAN, D.I.; GOUGE, D.H.; PIGGOTT, D.J.; FIFE, J.P. 2006. Application technology and environmental considerations for use of entomopathogenic nematodes in biological control. **Biological Control**, v.38, p.124–133.
- SHAPIRO-ILAN, D.I.; JACKSON, M.; REILLY, C.C.; HOTCHKISS, M.W. 2004. Effects of combining an entomopathogenic fungi or bacterium with entomopathogenic nematodes on mortality of *Curculio caryae* (Coleoptera: Curculionidae). **Biological Control**, v.30, p.119–126.
- SHAPIRO-ILAN, D.I.; LEWIS, E.E.; PARAMASIVAM, S.; MCCOY, C.W. 2000. Nitrogen partitioning in *Heterorhabditis bacteriophora*: infected hosts and the effects of nitrogen on attraction/repulsion. **Journal of Invertebrate Pathology**, v.76, p.43–48.
- SHIELDS, E.J.; TESTA, A.; MILLER, J.M.; FLANDERS, K.L. 1999. Field efficacy and persistence of the entomopathogenic nematodes *Heterorhabditis bacteriophora* ‘Oswego’ and *H. bacteriophora* ‘NC’ on alfalfa snout beetle larvae (Coleoptera: Curculionidae). **Environmental Entomology**, v.28, p.128–136.
- STOKES, S. D.; HODGES, A. 2013. European pepper moth or southern European marsh pyralid. **University of Florida**. p.1-16. Disponível em: <http://entnemdept.ufl.edu/creatures/veg/leps/european_pepper_moth.htm>. Acesso: 18 dez. 2015.
- TOLEDO, A.V.; DE REMES LENICOV, A.M.; LOPEZ-LASTRA, C.C. 2010. Histopathology caused by the entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*, in the adult planthopper, *Peregrinus maidis*, a maize virus vector. **Journal Insect Science**, p.10-35.

TRDAN, S.; VIDRIH, M.; VALI, N. 2006. Activity of four entomopathogenic nematode species against young adults of *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae) and *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera: Silvanidae) under laboratory conditions. **Journal of Plant Diseases and Protection**, v.113, n.4, p.168–173.

4 CAPÍTULO IV

EFICIÊNCIA DE DIFERENTES ARMADILHAS NA COLETA DE *Duponchelia fovealis* Zeller, 1847 (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE) POR MEIO DO SEU FEROMÔNIO SEXUAL, EM DUAS ÉPOCAS DO ANO

RESUMO

Os feromônios no manejo de pragas podem ser utilizados de diversas formas, tais como: monitoramento, coleta massal e confundimento sexual. Além de não deixar resíduo e ser espécie-específico, não é tóxico ao homem. No entanto, é importante que a sua eficiência e a armadilha a ser usada sejam testadas para recomendações mais seguras e eficientes, diminuindo os custos do produto. Assim, o presente estudo avaliou a eficiência do feromônio sexual sintético de *D. fovealis*, em dois períodos do ano (inverno e verão), associado a três diferentes armadilhas: delta, copo e um protótipo denominado “nudemafi”, na coleta de *D. fovealis* em campos de produção de morango em sistema de túnel baixo no distrito de São João do Garrafão, município de Santa Maria de Jetibá, Espírito Santo, entre julho de 2014 e março de 2015. A armadilha “nudemafi” é a armadilha recomendada para o monitoramento da praga, por apresentar maior eficiência de captura e menor custo de aquisição e manutenção em campo em relação à armadilha delta e copo. O período de segurança para troca do *lure* de feromônio em campo é de aproximadamente 40 dias, independente da época do ano (inverno ou verão).

Palavras-chave: monitoramento; feromônio sexual; armadilhas.

EFFICIENCY OF DIFFERENT TRAPS IN COLLECTION *Duponchelia fovealis* Zeller, 1847 (Lepidoptera: Crambidae) BY MEANS OF ITS SEXUAL PHEROMONE IN TWO SEASONS

ABSTRACT

The use of pheromones in pest management can be used in various ways such as: monitoring, collection and mass sexual confounding. In addition to not leave residue and being species-specific, is not toxic to humans. However it is important that its efficiency and the trap to be used are tested for safety and efficiency recommendations, decreasing product costs. The present study evaluated the efficiency of the synthetic sex pheromone of *D. fovealis* in two seasons (winter and summer) associated to three different traps: delta, copo and a prototype called "nudemafi" in collecting *D. fovealis* in strawberry production fields in low tunnel system in São João do Garrafão, municipality of Santa Maria de Jetibá, Espírito Santo State, between July 2014 and March 2015. The trap "nudemafi" is the recommended trap for the monitoring pest, due to its higher collection efficiency and lower cost of acquisition and maintenance in the field in relation to delta and copo trap. The safety period for changing the pheromone lure of the field is approximately 40 days, regardless of the time of year (winter or summer).

Keywords: monitoring; sexual pheromone; traps.

4.1 INTRODUÇÃO

Os semioquímicos desempenham papel fundamental nos comportamentos específicos dos insetos. Por meio da detecção ou emissão desses compostos os insetos acasalam, alimentam-se, escolhem ou encontram locais para oviposição, defendem-se contra predadores ou até mesmo organizam a sua comunidade, como no caso dos insetos sociais (ZARBIN et al., 2009).

São classificados de acordo com o emissor e o receptor do sinal químico. Quando a comunicação é intraespecífica, ou seja, tanto o emissor quanto o receptor são da mesma espécie o semioquímico é um feromônio. Já quando os compostos atuam em espécies diferentes, isto é, a comunicação é interespecífica, a substância é um aleloquímico (VILELA; DELLA LUCIA, 2001).

Dentre os feromônios mais comuns pode citar o sexual, de agregação, de trilha e de alarme. Diversos comportamentos são desencadeados nos insetos por esses feromônios (COOK et al., 2007).

A especificidade do feromônio sexual, uma vez que são espécie-específico, o fácil manuseio, a ausência de toxicidade e os baixos riscos ao homem e aos animais, permitem destaque em programas de manejo integrado de pragas (EL-SAYED et al., 2006; COOK et al., 2007; LARRAIN, et al., 2009; HASHEMI, 2015) e todo esse potencial deve ser mais explorado e no maior número de culturas possível.

Todavia, em alguns casos seu uso pode ser limitado por alguns fatores, tais como: o alto custo inicial para implantação de feromônios em áreas infestadas por pragas, baixa eficiência em nível de campo da molécula isolada na atratividade da praga-alvo ou ainda a ausência de feromônios disponíveis para a gama de insetos praga (MOREIRA et al., 2005; ARIOLI et al., 2013).

O avanço do mercado brasileiro quanto à utilização de semioquímicos no controle de pragas tem sido pequeno. O que se observa é que em culturas onde os programas de manejo integrado de pragas estão bem estabelecidos, como maçã e pêsego, por exemplo, os produtos feromonais são empregados em maior número, sendo o inverso para outras culturas, onde normalmente o que prevalece para o controle de pragas são os calendários de aplicação de produtos químicos. (ZARBIN et al., 2009).

A utilização do feromônio sexual é limitada a disponibilidade de produtos comerciais, já sintetizados. Pesquisas ao redor do mundo já estudaram 103 dos 447

insetos praga do agronegócio brasileiro, o que representa 23% do total de espécies (ZARBIN et al., 2009). O seu uso no manejo de pragas vem sendo utilizado, principalmente, na detecção e no monitoramento populacional da praga, em coletas massal e na interferência do acasalamento, por meio do confundimento sexual desses insetos (EL-SAYED et al., 2006; MONTEIRO et al., 2008; CRUZ et al., 2012; MARTINS et al., 2013; RODA et al., 2015).

Em todos esses métodos, o uso do feromônio é associado a uma armadilha que permite a captura do inseto, normalmente o levando a morte. A eficiência das capturas dependerá também do tipo de armadilha que está sendo utilizada. Desse modo, as armadilhas devem ser testadas em cada programa de manejo, a fim de fornecer informações confiáveis (ATHANASSIOU et al., 2003; ATHANASSIOU et al., 2004; LARRAIN, et al., 2009).

4.2 OBJETIVOS

- Avaliar três armadilhas em associação ao feromônio sexual visando à eficiência na captura de machos de *Duponchelia fovealis* Zeller, 1847 (Lepidoptera: Crambidae);
- Verificar a eficiência do feromônio sexual sintético de *Duponchelia fovealis* em campos de morango cultivados em sistema de túnel baixo;
- Determinar o tempo de eficiência (atratividade) do feromônio em condições de campo, em duas épocas diferentes do ano: verão e inverno.

4.3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no distrito de São João do Garrafão, município de Santa Maria de Jetibá, região serrana do Espírito Santo. Foram selecionadas propriedades com infestação de *D. fovealis*:

- Propriedade 1: Coordenadas 20°07'50"S / 40°58'15"O;
- Propriedade 2: Coordenadas 20°10'18"S / 40°56'40"O;
- Propriedade 3: Coordenadas 20°09'24"S / 40°54'23"O.

O feromônio sexual de *D. fovealis* utilizado foi doado pela empresa Koppert Brasil Ltda.

4.3.1 Tipos de armadilhas

Foram utilizados três tipos de armadilhas em associação ao feromônio sexual: armadilha do tipo delta; armadilha do tipo copo (Bio Neo – Biocontrole) e um protótipo denominado “Nudemafi”, desenvolvido no “Núcleo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Manejo Fitossanitário de Pragas e Doenças - NUDEMAFI”, setor de Entomologia (Figura 1).

Quatro áreas foram previamente selecionadas e divididas da seguinte forma: duas áreas amostrais na propriedade do Sr. Daniel em virtude do tamanho da área cultivada com morangueiro; uma área amostral na propriedade do Sr. Adelson e uma na propriedade da Sra. Elizabeth. Nelas foram separados 25 túneis de morangueiro com 40-50 metros de comprimento, cultivados com a variedade Albion e plantados na mesma época.

4.3.2 Atrativos

Como atrativos dos machos de *D. fovealis* foi utilizado na armadilha o feromônio sexual da empresa Koppert® e como controle foi empregado o uso de três fêmeas virgens de 24 horas de vida de *D. fovealis* obtidas da criação no laboratório de Entomologia do NUDEMAFI, conforme descrito no item 3.1, capítulo II.

4.3.3 Disposição do Experimento

O experimento foi conduzido de forma idêntica em duas épocas: entre julho e setembro (período de inverno) de 2014 e janeiro e março de 2015 (período de verão).

As armadilhas foram dispostas de forma aleatória nas extremidades de cada túnel, a 1,40 metro de altura do solo, espaçadas a cada seis túneis, totalizando 6 armadilhas por bloco (1 armadilha delta – feromônio; 1 armadilha delta – fêmeas virgens; 1 armadilha copo – feromônio; 1 armadilha copo – fêmeas virgens; 1 armadilha nudemafi – feromônio; 1 armadilha nudemafi – fêmeas virgens). A cada 24 horas, após a contagem do número de machos capturados, as armadilhas eram, ao acaso, trocadas de posição dentro do bloco (Figura 2). Foram realizadas as contagens dos insetos capturados em três dias consecutivos.

O feromônio permaneceu sob as condições de campo por aproximadamente 80 dias, desde o primeiro ao último dia de avaliação, em ambas as épocas do ano (inverno e verão). Nesse período as avaliações foram realizadas a cada 15 dias, totalizando cinco períodos de avaliação. Em todos os períodos de avaliações (cinco), novas fêmeas virgens foram usadas.

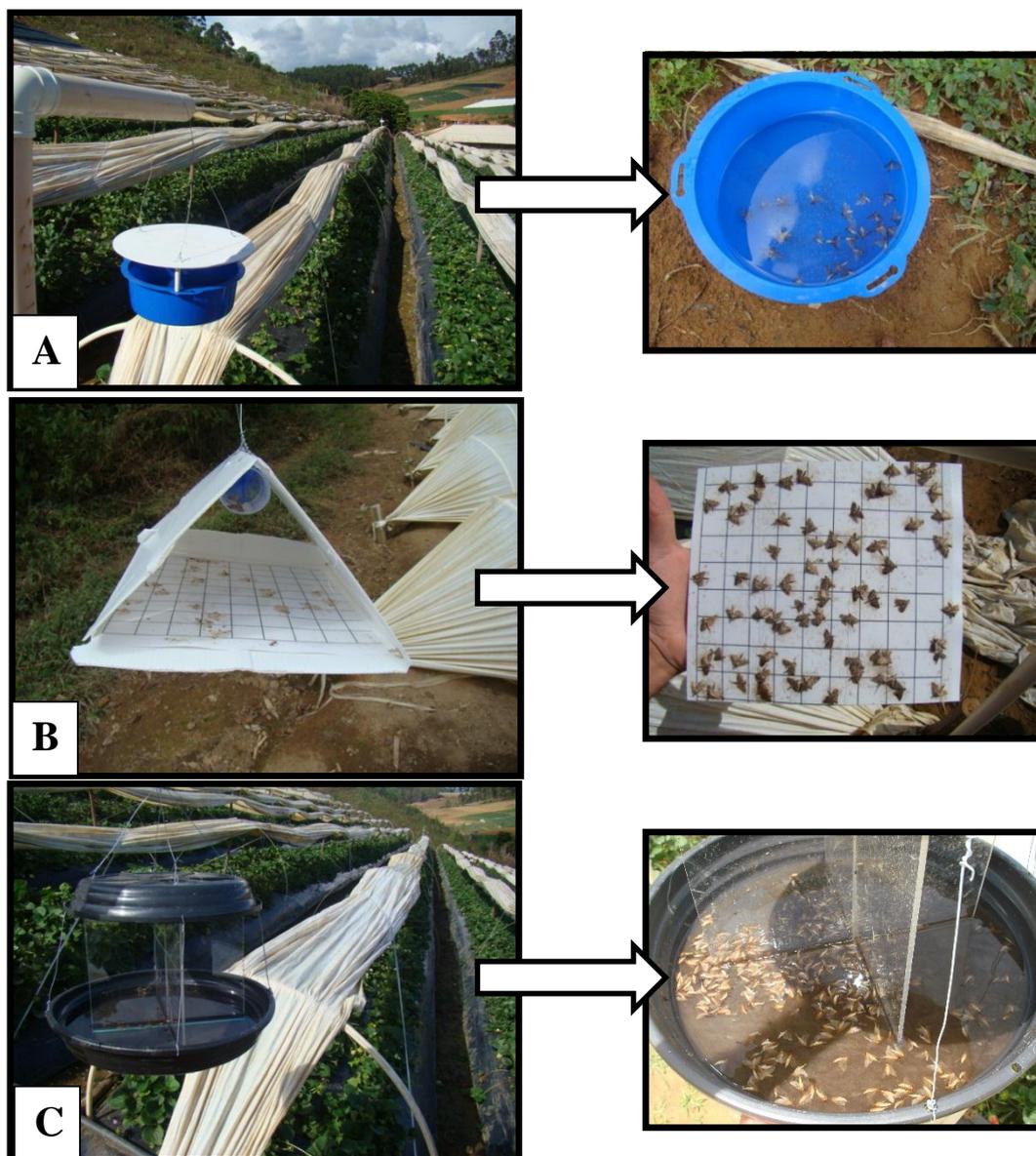


Figura 1: Armadilhas utilizadas para captura de machos de *Duponchelia fovealis*. A. armadilha do tipo copo (Bio Neo – Biocontrole); B. armadilha do tipo delta; e C. protótipo denominado “Nudemafi”.



Figura 2: Distribuição das armadilhas em campo (setas vermelhas), com destaque para o sistema de rotação aleatório dentro dos blocos no período de 24, 48 e 72 horas.

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A eficiência de captura de machos de *D. fovealis* entre as três armadilhas estudadas foi diferente (Tabela 1). A armadilha “nudemafi” apresentou maior média de machos coletados (50,58), mas foi semelhante à armadilha delta (43,19). No entanto, a armadilha delta e copo não diferiram entre si (Tabela 2).

Tabela 1: ANOVA. Melhor armadilha para coleta de machos de *Duponchelia fovealis* em duas épocas do ano (inverno e verão) utilizando fêmeas virgens e feromônio sexual como atrativo.

FV	GL	SQ	QM	Fc	P>Fc
Armadilhas	2	1.001,60	500,79	7,186	0,026*
Bloco	3	1.977,00	659,00	9,457	0,011*
Resíduo	6	418,10	69,69		
Total	11	3.396,70			
CV (%)	20,47				

* valores significativos pelo teste F 5% de probabilidade.

Tabela 2: Valores médios coletados de machos de *Duponchelia fovealis* por três diferentes armadilhas.

Armadilha	Média machos capturados ¹	
Nudemafi	50,58	a
Delta	43,19	ab
Copo	28,59	b

¹Média dos machos de *D. fovealis* capturados pelas diferentes armadilhas, atrativos e época do ano; Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste Tukey nível de 5% de probabilidade.

Dessa forma, tanto a armadilha “nudemafi” quanto a armadilha delta podem ser utilizadas em associação ao feromônio sexual para coleta de machos de *D. fovealis*. No entanto, o fator relativo ao custo de implantação e manutenção dessas armadilhas deve ser considerado e é determinante na escolha da melhor armadilha.

Tendo em vista esses critérios, a recomendação é que a armadilha utilizada no monitoramento de *D. fovealis* seja a do modelo “nudemafi”. Essa armadilha possui um custo cerca de 77% menor em relação à armadilha delta (Tabela 3), o que a torna economicamente mais viável.

Tabela 3: Comparação do custo entre as armadilhas delta e “nudemafi”, ao longo de um ano, para monitoramento de *Duponchelia fovealis* utilizando feromônio sexual. (Preços em Real (R\$)).

Modelo	Preço ¹	Feromônio ^{1,2}	Piso adesivo ^{1,3}	Valor total ¹	CR (%) ⁴
Delta	7,50	143,00	130,00	280,50	+ 77,50%
Nudemafi	15,00	143,00	---	158,00	

¹Preço em Real (R\$); ²Preço do lure individual em real referente à cotação em euros em 29/01/2016: R\$ 16,50. Valores estimados totais para um ano, estimados considerando seis semanas de duração do feromônio; ³Estimativa de uma troca semanal ao longo de um ano (52 semanas) baseado em observações e testes em cultivos de morango no Espírito Santo; Valor do piso: R\$ 2,50/unidade; ⁴Custo relativo em porcentagem da armadilha delta em relação à armadilha “nudemafi”.

O menor custo estimado da armadilha “nudemafi” (Tabela 3) está relacionado à forma como as duas armadilhas capturam os insetos atraídos. Enquanto a armadilha delta utiliza um piso adesivo, que deve ser trocado após a cola perder a eficiência (cerca de um mês) ou sempre que o número de insetos capturados for elevado, o que pode ocorrer, por exemplo, em apenas 24 horas, a armadilha “nudemafi” utiliza de um simples sistema com água, que pode ser otimizado com acréscimo de um pouco de detergente.

O fator econômico é um parâmetro importante a ser considerado dentro do Manejo Integrado de Pragas (MIP) e sempre que possível os métodos, dentre outros requisitos, devem ser escolhidos com base na maior eficiência e um menor custo (KOGAN, 1998; KOGAN; BAJWA, 1999; EHLER, 2006).

Em estudos recentes em casa de vegetação na Europa, Van Denveter (2009), considerou a hipótese de armadilhas à base de água apresentarem maior eficiência e menor custo quando comparadas à armadilha do tipo “delta” para coleta de *D. fovealis*. Essa hipótese foi confirmada com os resultados obtidos nesse estudo em relação a eficiência e menor custo da armadilha “nudemafi”.

A maior eficiência da armadilha “nudemafi” também pode ser relacionada à maior área superficial para captura dos insetos (Figura 1) em relação à armadilha delta. A relação aumento de superfície e captura de mariposas possui relação diretamente proporcional (TINGLE; MITCHELL, 1979). Além disso, as armadilhas que usam superfícies com cola, como a delta, podem sofrer grande influência da ação do vento na propagação do feromônio, já que possuem apenas duas possíveis entradas para os insetos (TINGLE; MITCHELL, 1975; 1979), o que não ocorre no caso da “nudemafi”,

já que sua forma circular permite influência do vento em 360° na dispersão do feromônio (Figura 1). Melhores resultados de armadilhas com maiores superfícies para captura também foram observados por Pair et al. (1989) em estudos com *Spodoptera frugiperda*.

O design das armadilhas são fatores que podem comprometer qualquer programa de amostragem ou coleta em massa de insetos praga, por isso diferentes armadilhas devem ser testadas. A armadilha deve favorecer a fácil coleta da praga e permitir que a pista olfativa seja facilmente propagada (COX, 2004; COOK et al., 2007).

Armadilhas que apresentam eficiência da captura de qualquer inseto praga tornam-se imprescindíveis no monitoramento dessas populações. Os índices de coleta das armadilhas são utilizados, por exemplo, em casos de sincronismos com procedimentos de controle e devem, portanto, ser o mais eficiente possível e apresentar o menor custo (WITZGALL, 2010).

Em relação às duas épocas do ano estudadas, inverno e verão, não houve influência na ação dos atrativos utilizados nas armadilhas (Tabela 4). Dessa forma, independente da estação do ano de monitoramento de *D. fovealis*, o período de eficiência do feromônio a ser considerado em campo será o mesmo. Isso pode ocorrer porque apesar da variação de temperatura entre o verão e inverno, a região apresenta uma variação de temperatura dentro de uma faixa que não influencia no efeito do feromônio.

Esses resultados são semelhantes aos obtidos por NAVARRO et al. (2002) em estudo com feromônio para monitoramento de *Rhynchophorus palmarum* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Curculionidae), no qual não encontraram influência da época do ano no período de atratividade da praga, já que a temperatura não permaneceu fora da faixa ótima de eficiência do feromônio.

A alta estabilidade do feromônio observada entre as duas épocas do ano representa segurança na utilização do produto, pois segundo Kovalshi et al. (2003) essa deve ser uma característica do produto em armadilhas que visem o monitoramento da praga.

Tabela 4: ANOVA. Análise entre a eficiência de coleta de machos de *Duponchelia fovealis* no período de inverno e verão.

FV	GL	SQ	QM	Fc	P>Fc
Período do ano	1	22,95	22,95	0,179	0,700 ns
Bloco	3	1.716,62	572,21	4,482	0,125
Resíduo	3	382,95	127,65		
Total	7	2.122,52			
CV (%)	24,10				

ns: valores não significativos pelo teste F a 5% de probabilidade.

O atrativo utilizado para coleta dos machos de *D. fovealis* ao decorrer do período de dias de avaliação (0-80 dias) apresentou interação significativa, isto é, existe influência do tipo de atrativo na coleta dos machos de *D. fovealis* ao longo do período de tempo na qual os dados foram coletados (0-80 dias) (Tabela 5). Dessa forma, os resultados foram verificados em cada um dos respectivos desdobramentos (Tabela 6 e Tabela 7).

O feromônio sexual foi significativamente melhor que a fêmea virgem no tempo 0 (início do experimento). As fêmeas utilizadas como iscas podem ter morrido ou apresentado limitação fisiológica. Esses fatores podem ocorrer nesse tipo de estudo (MATRANGOLO et al., 1996; BADJI et al., 2006).

Entre a segunda avaliação (tempo 20) e a quarta (tempo 60) os valores foram estaticamente iguais, enquanto no maior período de estudo (80 dias) o feromônio mostrou-se menos eficiente que a fêmea virgem na atração dos insetos, demonstrando assim que a partir desse período sua eficiência já está comprometida (Tabela 6).

Nos estudos em relação ao tempo dentro do atrativo fêmea ($y = 50,4232 - 1,5633x + 0,0278x^2$; $R^2 = 0,8836$) e feromônio ($y = 77,7000 - 2,3547x + 0,0232x^2$; $R^2 = 0,8692$) foram melhores ajustados pelo modelo quadrático, sendo “y” o número médio de machos de *D. fovealis* coletados e “x” o tempo, em dias, após o início das coletas (Tabela 7; Figura 3).

O feromônio sexual de *D. fovealis*, segundo recomendações técnicas da empresa fabricante, deve ser trocado entre quatro e seis semanas (cerca de 28-42 dias). Todavia, nas condições da região serrana do Espírito Santo os resultados indicam que a troca do *lure* do feromônio pode ser realizada a cada 8 semanas (cerca de 60 dias) (Tabela 5), independente da estação do ano (Tabela 4).

Os dados indicam que estatisticamente as médias de machos coletados após 60 dias pelo atrativo fêmea (40,75) e feromônio (19,56) foram semelhantes, mesmo com o dobro de machos coletados pelo atrativo fêmea. Esse resultado pode ter sido influenciado pelo alto coeficiente de variação (CV=48%). Assim, de forma a garantir a segurança e eficiência da amostragem, a recomendação será de seis semanas (cerca de 40 dias) (Figura 3). Esse é o máximo período de tempo recomendado pela empresa para a troca do *lure* e representará o uso com segurança, confirmado pelos dados obtidos.

Diversos fatores podem contribuir no período de atividade dos feromônios sexuais utilizados em campo. Os principais são: formulação, temperatura, exposição à luz solar; umidade relativa e tipo de armadilha utilizada (CARDÉ; ELKINTON 1984; YOUM; BEEVOR, 1995). Por isso, os resultados obtidos nesse estudo foram importantes, pois a avaliação de formulações comerciais e de armadilhas são os primeiros passos para estabelecer um programa de monitoramento de insetos praga (MALO et al., 2001).

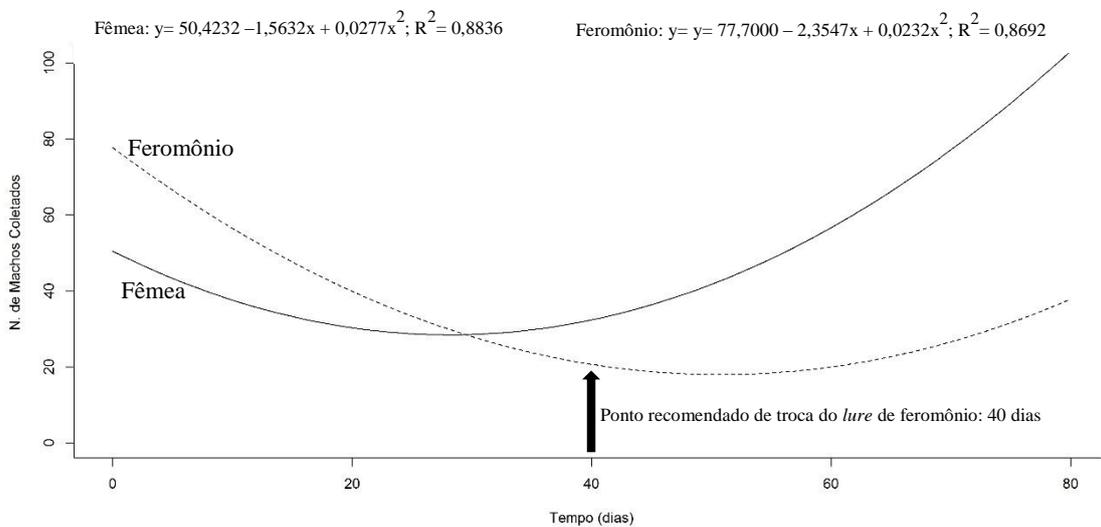


Figura 3: Número de machos de *Duponchelia fovealis* coletados no período de inverno e verão pelo atrativo fêmea e feromônio ao longo de 80 dias.

Tabela 5: ANOVA. Eficiência do atrativo (fêmea virgem e feromônio sexual) na coleta de machos de *Duponchelia fovealis* em cinco amostragens sequenciais, espaçadas a cada 15 dias, no período total de 80 dias.

F.V.	GL	SQ	QM	Fc	P>Fc
Atrativo	1	2.360,10	2.360,10	112,153	0,002 *
Bloco	3	8.583,00	2.861,00	135,959	0,001 *
Erro a	3	63,00	21,00		
Tempo	4	14.004,00	3.501,10	5,928	0,002 *
Atrativo*Tempo	4	11.808,00	2.951,90	4,998	0,004 *
Erro b	24	14.174,00	590,60		
Total	39	50.992,00			
CV 1 (%)	9,78				
CV 2 (%)	51,84				

* valores significativos pelo teste F a 5% de probabilidade

Tabela 6: Desdobramento de atrativo dentro do tempo.

FV	GL	SQ	QM	Fc	P>Fc
Atrativo: tempo 0	1	2.295,03	2.295,03	4,815	0.037*
Atrativo: tempo 20	1	15,82	15,82	0,033	0.856
Atrativo: tempo 40	1	392,00	392,00	0,822	0.373
Atrativo: tempo 60	1	897,82	897,82	1,885	0.182
Atrativo: tempo 80	1	10.566,95	10.566,95	22,168	8e-05*

* valores significativos pelo teste F a 5% de probabilidade.

Tempo (dias)	Atrativo	
	Fêmea	Feromônio sexual
0	48,94 a	82,81 b
20	28,94 a	26,13 a
40	45,25 a	31,25 a
60	40,75 a	19,56 a
80	108,94 a	36,25 b

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo Teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 7: desdobramento de tempo dentro de atrativo.

FV	GL	SQ	QM	Fc	p-Valor	R ²
Tempo: Fêmea	(4)	(15.689,72)	(3.922,43)	(6,642)	(0,001)*	
Efeito linear	1	6.949,81	6.949,81	11,77	0,002*	0,4429
Efeito quadrático	1	6.914,19	6.914,19	11,71	0,002*	0,8836
Efeito cúbico	1	529,26	529,26	0,90	0,353	0,9174
Tempo: Feromônio	(4)	(10.122,17)	(2.530,54)	(4,289)	(0,009)*	
Efeito linear	1	3.975,04	3.975,04	6,73	0,016*	0,3927
Efeito quadrático	1	4.823,93	4.823,93	8,17	0,008*	0,8692
Efeito cúbico	1	447,23	274,31	0,76	0,392	0,9136

* valores significativos ao nível de 5% de probabilidade; Linha em negrito representa a equação de melhor ajuste aos dados.

4.5 CONCLUSÃO

- A armadilha recomendada para coleta de *Duponchelia fovealis* é o protótipo “nudemafi”, pois apresenta eficiência e menor custo;
- O feromônio sintético comercial de *D. fovealis* é eficiente na atração de machos da praga;
- O feromônio sintético pode ser utilizado com segurança por até 40 dias no monitoramento de *D. fovealis*, independente da estação do ano (inverno ou verão) na região serrana do Espírito Santo em cultivos de morangueiro em sistema de túnel baixo.

4.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARIOLI, C.J.; BOTTON, M.; MAFRA-NETO, A.; MOLINARI, F.; BORGES, R.; PASTORI, P.L. 2013. **Feromônios sexuais no manejo de insetos-praga na fruticultura de clima temperado**. Florianópolis: Epagri. 58p. (Epagri. Boletim Técnico, 159).
- ATHANASSIOU, C.G.; KAVALLIERATOS, N.G.; PALYVOS, N.E.; BUCHELOS, C.T. 2003. Evaluation of the multisurface trap on the capture of *Ephestia kuehniella* Zeller. **Phytoparasitica**, v.31, p.39-50.
- ATHANASSIOU, C.G.; KAVALLIERATOS, N.G.; MAZOMENOS, B.E. 2004. Effect of trap type, trap color, trapping location and pheromone dispenser on captures of male *Palpita unionalis* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae). **Journal of Economic Entomology**, v.97, p.321-329.
- BADJI, C.A.; EIRAS, A.E.; CABRERA, A.; JAFFE, K. 2003. Avaliação do Feromônio Sexual de *Neoleucinodes elegantalis* Guenée (Lepidoptera: Crambidae). **Neotropical Entomology**, v.32, n.2, p.221-229.
- CARDÉ, R.T.; ELKINTON, J.S. 1984. Field trapping with attractants: methods and interpretation. In H.E. Hummel. & T.A. Miller (eds.), **Techniques in pheromone research**. New York, Springer-Verlag, p. 37-53.
- COOK, S.M.; KHAN, Z.R.; PICKETT, J.A. 2007. The Use of Push-Pull Strategies in Integrated Pest Management. **Annual Review of Entomology**, v.52, p.375-400.
- COX, P.D. 2004. Potential for using semiochemicals to protect stored products from insect infestation. **Journal of Stored Products Research**, v.40, p.1-25.
- CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M.L.C.; SILVA, R.B. 2012. **Uso de armadilha com feromônio sexual no processo de tomada de decisão para o controle de *Spodoptera frugiperda* (lagarta-do-cartucho) em milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 26p. (Embrapa: Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 62).
- EHLER, L.E. 2006. Perspectives Integrated Pest Management (IPM): definition, historical development and implementation, and the other IPM. **Pest Management Science**, v.62, p.787-789.
- EL-SAYED, A.M.; SUCKLING, D.M.; WEARING, C.H.; BYERS, J.A. 2006. Potential of Mass Trapping for Long-Term Pest Management and Eradication of Invasive Species. **Journal of Economic Entomology**, v.99, n.5, p.1550-1564.
- HASHEMI, S.M. 2015. Influence of Pheromone Trap Color and Placement on Catch of Male Potato Tuber Moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller, 1873). **Ecologia Balkanica**, v.7, p.45-50.
- KOGAN, M. 1998. Integrated Pest Management: Historical Perspectives and Contemporary Developments. **Annual Review of Entomology**, v.43, p.243-270.

- KOGAN, M.; BAJWA, W.I. 1999. Integrated Pest Management: a global reality?. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.28, n.1, p.1-25.
- KOVALESKI, A.; BOTTON, M.; NAKANO, O.; VILELA, E.F.; EIRAS, A.E. 2003. Concentração e tempo de liberação do feromônio sexual sintético de *Bonagota cranaodes* (Meyrick) (Lepidoptera: Tortricidae) na cultura da macieira. **Neotropical Entomology**, v.32, n.1, p.45-48.
- LARRAÍN S.P.; GUILLON, M.; KALAZICH, J.; GRAÑA, F.; VÁSQUEZ, C. 2009. Effect of pheromone trap density on mass trapping of male potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae), and level of damage on potato tubers. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v.69, n.2, p.281-285.
- MALO, E.A.; CRUZ-LOPES, L.; VALLE-MORA, J.; VIRGEN, A.; SANCHEZ, J.A.; ROJAS, J.C. 2001. Evaluation of commercial pheromone lures and traps for monitoring male fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) in the coastal region of Chiapas, Mexico. **Florida Entomologist**, v.84, n.4, p.659-664.
- MATRANGOLO, W.J.R.; DELLA-LUCIA, T.M.C.; CRUZ, I.; VILELA, E.F. 1996. Determinação do número de fêmeas virgens por armadilha e periodicidade de captura de machos de *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae). **Scientia Agrícola**, v.53, n.1.
- MARTINS, D.S.; FORNAZIER, M. J.; FANTON, C.J. 2013. **Manejo de pragas**. Belo Horizonte: EPAMIG, v.34, n.275, p.68-77. (Eпамig. Informe Agropecuário).
- MONTEIRO, L.B.; SOUZA, A.; BELLI, L. 2008. Confusão sexual para o controle de *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae), em pomares de macieira, em Fraiburgo (SC), Brasil. **Bragantia**, v.67, n.1, p.191-196.
- MOREIRA, M.A.B.; ZARBIN, P.H.G.; CORACINI, M.D.A. 2005. Feromônios associados aos coleópteros-praga de produtos armazenados. **Química nova**, v.28, n.3, p.472-477.
- NAVARRO, D.M.A.F.; MURTA, M.; DUARTE, A.G.; LIMA, I.S.L.; NASCIMENTO, R.R.; SANT'ANA, A.E.G. 2002. Aspectos práticos relacionados ao uso do rincoforol, o feromônio de agregação da broca-do-olho-do-coqueiro *Rhynchophorus palmarum*. (Coleoptera: Curculionidae) no controle de pragas do coqueiro. Análise de sua eficiência em campo. **Química Nova**, v.25, n.1, p.32-36.
- PAIR, S.D.; RAULSTON, J.R.; SPARKS, A.N.; SIMS, S.R.; SPRENKEL, R.K.; DOUCE, G.K.; CARPENTER, J.E. 1989. Pheromone traps for monitoring fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), populations. **Journal of Entomological Science**, v.24, p.34-39.
- RODA, A.L.; BRAMBILA, J.; BARRIA, J.; EUCEDA, X.; KORYTKOWSKI, X. 2015. Efficiency of Trapping Systems for Detecting *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). **Journal of Economic Entomology Advance**, p.1-7.

- TINGLE, F.C.; MITCHELL, E.R. 1975. Capture of *Spodoptera frugiperda* and *S. exigua* in pheromone traps. **Journal of Economic Entomology**, v.68, p.613-615.
- TINGLE, F.C.; MITCHELL, E.R. 1979. *Spodoptera frugiperda*: Factors Affecting Pheromone Trap Catches in Corn and Peanuts. **Environmental Entomology**, v.8, p.989-992.
- Van DEVENTER P. 2009. *Duponchelia* water-trapped. **International Pest Control**, v.51, n.1, p.27-28.
- VILELA, E.F.; DELLA LÚCIA, T.M.C. 2001. Introdução aos semioquímicos e terminologia. In: VILELA, E.F.; DELLA LÚCIA, T.M.C. (eds.). **Feromônios de insetos: biologia, química e emprego no manejo de pragas**. Ribeirão Preto, p.9-12.
- WITZGALL, P.; KIRSCH, P.; CORK, A. 2010. Sex Pheromones and Their Impact on Pest Management. **Journal of Chemical Ecology**, v.36, p.80-100.
- YOUM, O.; BEEVOR, P.S. 1995. Field Evaluation of Pheromone-Baited Traps for *Coniesta ignefusalis* (Lepidoptera: Pyralidae) in Niger. **Journal of Economic Entomology**, v.88, n.1, p.65-69.
- ZARBIN, P.H.G.; RODRIGUES, M.A.C.M.; LIMA, E. 2009. Feromônios de insetos: tecnologia e desafios para uma agricultura competitiva no Brasil. **Química Nova**, v.32, n.3, p.722-731. 2009.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A lagarta exótica do morangueiro, *Duponchelia fovealis* Zeller, 1847 (Lepidoptera: Crambidae), tem causado grandes prejuízos no Brasil e no Espírito Santo desde a sua introdução em 2010. A situação é agravada pela ausência de métodos de manejo eficientes para a praga nas condições brasileiras de cultivo do morangueiro.

A partir dos resultados, o manejo dos ovos dessa praga na cultura do morangueiro cultivado em sistema de túnel baixo pode ser obtido através do uso de parasitoides do gênero *Trichogramma*. A espécie recomendada é *Trichogramma pretiosum* linhagem comercial Koppert® na densidade de quatro parasitoides por ovo da praga. A capacidade de dispersão é de 14,21 metros lineares. A liberação ideal é de 93.000 fêmeas por hectare a cada três dias. A distância entre os pontos de liberação do parasitoide é determinada pela divisão do comprimento do túnel de morangueiro por 14,21.

Já a fase de lagarta e pré-pupa de *D. fovealis* são suscetíveis ao nematoide entomopatogênico *Steinernema carpocapsae*. Temperaturas entre 27° e 30°C aumentam a eficiência do nematoide entomopatogênico. A CL₅₀ é de 71 e 75 JIs/inseto para a fase de larva e pré-pupa, respectivamente.

Por fim, adultos podem ser monitorados com eficiência pelo feromônio sexual sintético. A duração do *lure* em campo é de seis semanas (cerca de 40 dias), independente da estação do ano (inverno ou verão). A associação com a armadilha do tipo “nudemafi” apresenta eficiência e menor custo.

Mediante o exposto, o manejo de *D. fovealis* pode ser realizado de forma eficiente com os métodos propostos nesse estudo na cultura do morangueiro para as condições brasileiras.