

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

COMPORTAMENTO DE *Trichogramma pretiosum* (HYMENOPTERA:
TRICHOGRAMMATIDAE) ASSOCIADO A SINAIS QUÍMICOS DE
LEPIDÓPTEROS HOSPEDEIROS

Me. Camila Corrêa Vargas
Tecnóloga Agropecuária/UERGS
Mestre em Fitotecnia/UFRGS

Tese apresentada como um dos requisitos
à obtenção do Grau de Doutor em Fitotecnia
Área de concentração Sanidade Vegetal

Porto Alegre (RS), Brasil
março, 2020

CIP - Catalogação na Publicação

Vargas, Camila Correa
COMPORTAMENTO DE *Trichogramma pretiosum*
(HYMENOPTERA:TRICHOGRAMMATIDAE) ASSOCIADO A SINAIS
QUÍMICOS DE LEPIDÓPTEROS HOSPEDEIROS / Camila Correa
Vargas. -- 2020.
120 f.
Orientadora: Dra. Luiza Rodrigues Redaelli.

Coorientador: Dr. Josué Sant" Ana.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de
Pós-Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre, BR-RS,
2020.

1. Entomologia Agrícola. 2. Controle Biológico. 3.
Parasitoides. 4. Ecologia química. 5. Semioquímicos.
I. Redaelli, Dra. Luiza Rodrigues, orient. II. Sant"
Ana, Dr. Josué, coorient. III. Título.

CAMILA CORRÊA VARGAS
Tecnóloga em Agropecuária -
Mestre em Fitotecnia - UFRGS

TESE

Submetida como parte dos requisitos

para obtenção do Grau de

DOCTORA EM FITOTECNIA

Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia

Faculdade de Agronomia

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 02.03.2020
Pela Banca Examinadora

Homologado em: 22.11.2021
Por

LUIZA RODRIGUES REDAELLI
Orientadora - PPG Fitotecnia
UFRGS

CARLA ANDRÉA DELATORRE
Coordenadora do Programa de
Pós-Graduação em Fitotecnia

JOSUÉ SANT'ANA
Coorientador - PPG Fitotecnia
UFRGS

ROBERTA TOGNON
Faculdade de Agronomia
UFRGS

MARCUS VINÍCIUS SAMPAIO
Instituto de Ciência Agrárias
UFU

CARLOS ALBERTO BISSANI
Diretor da Faculdade de
Agronomia

Dedico aos meus pais Jairo Vargas e Rejane Vargas.

Vocês são base sólida do meu caminhar.

Agradecimentos

Agradeço a Deus que me munuiu de força, coragem, fé e me protegeu em todos os momentos de minha vida.

Aos meus pais Jairo Vargas e Rejane Vargas por serem meu maior exemplo e me mostrarem o melhor caminho para seguir. Por estarem comigo desde o início desta jornada, por me apoiarem e acreditarem em meus sonhos.

As minhas irmãs, Caelen Vargas e Maele Vargas por estarem ao meu lado me apoiando nos dias difíceis e sempre incentivando meus objetivos.

À minha orientadora Dr^a. Luiza Rodrigues Redaelli, pelos ensinamentos, companheirismo e amizade ao longo de todos os anos de pós-graduação. Por me receber de braços abertos ainda no início da minha vida científica.

Ao meu coorientador Dr. Josué Sant’Ana, pela amizade, conselhos e atenção com que sempre discutimos meu trabalho e dividimos o dia a dia no laboratório. Por sempre me direcionar em prol do meu crescimento profissional.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul por ter proporcionado ensino de qualidade.

Ao Programa de Pós-graduação em Fitotecnia por ter propiciado a estrutura e ferramentas necessárias para a construção deste trabalho.

À CAPES pela bolsa de estudos.

Aos pesquisadores da Embrapa Cenargem Dr^a. Maria Carolina Brassioli-Moraes, Dr. Raúl Laumann e Dr. Miguel Borges pela colaboração neste trabalho.

À professora Dr^a. Simone Jahnke pelos ensinamentos durante minha vida acadêmica desde o mestrado.

Aos meus colegas de laboratório, aos quais tive o prazer de compartilhar meus dias, meu crescimento pessoal e profissional, minhas dores e alegrias e por muitas vezes serem minha família na “cidade grande”: Bruna, Carlos Diego, Cláudia, Dânia, Douglas, Fabiane, Fernanda, Joana, Joel, Jucélio, Nelson, Patrícia, Priscila, Roberta Rohr, Roberta Tognon, Samuel, Sebastian, Suélen, Thais e Willian.

À Dra. Rosana Morais por ter me apresentado pela primeira vez a espécie *Trichogramma pretiosum* e pela confiança no meu trabalho.

Ao povo brasileiro, em especial aos agricultores, que com seu trabalho e seus impostos financiaram minha formação e a execução deste trabalho. Que cada vez mais a ciência e os pesquisadores trabalhem em prol de resolver os problemas que vocês enfrentam todos os dias.

Muito Obrigada!

COMPORTAMENTO DE *Trichogramma pretiosum* (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE) ASSOCIADO A SINAIS QUÍMICOS DE LEPIDÓPTEROS HOSPEDEIROS¹

Autora: Camila Corrêa Vargas
Orientadora: Dr^a. Luiza Rodrigues Redaelli
Coorientador: Dr. Josué Sant'Ana

RESUMO

Trichogramma pretiosum Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) é um importante agente de controle biológico natural de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). O sucesso de parasitismo dessa espécie está associado a estratégias de busca por caimônios presentes no corpo ou nos ovos do hospedeiro. Estes odores são utilizados como pistas durante o forrageamento, as quais podem ser aprendidas ao longo do seu desenvolvimento, incrementando o parasitismo. Neste contexto, os objetivos deste trabalho foram: a) identificar os compostos químicos presentes nas escamas de fêmeas de *S. frugiperda* e a resposta de *T. pretiosum* frente a estes odores; b) avaliar as respostas quimiotáticas e o parasitismo de *T. pretiosum* mantido por sucessivas gerações em *S. frugiperda* e em *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera, Pyralidae) e c) observar a aprendizagem pré-imaginal de *T. pretiosum* a extrato de ovos de *S. frugiperda* no comportamento quimiotático e no parasitismo. A quimiotaxia foi avaliada em olfatometro tipo Y e o parasitismo em tubos de vidro ou em gaiolas (semicampo). Os parasitoides apresentaram atratividade por escamas de fêmeas virgens de *S. frugiperda*. Nos extratos das escamas foram encontrados dois componentes do feromônio sexual de *Spodoptera frugiperda* (Z9-acetato de tetratecenila e Z11-acetato de hexadecenila), sendo estes atrativos para *T. pretiosum*. Fêmeas do parasitoide provenientes da 3ª geração em ovos de *S. frugiperda*, expostas aos extratos e aos ovos de *A. kuehniella* e *S. frugiperda*, foram mais atraídas aos odores dos ovos do segundo lepidóptero, entretanto parasitaram de forma similar ambos os hospedeiros. Parasitoides experientes a extrato de ovos de *S. frugiperda* na fase final de desenvolvimento foram mais atraídos e parasitaram mais ovos deste hospedeiro. Em semicampo, observou-se um incremento do parasitismo em ovos de *S. frugiperda* quando *T. pretiosum* foi condicionado ao extrato de ovos deste herbívoro. Os resultados obtidos neste trabalho indicam que é possível manipular o comportamento de parasitoides através da aprendizagem e este conhecimento pode aumentar a eficiência de parasitoides de ovos no campo.¹

¹Tese de Doutorado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil, (120f.) março, 2020.

**BEHAVIOR OF *Trichogramma pretiosum* (HYMENOPTERA:
TRICHOGRAMMATIDAE) ASSOCIATED WITH CHEMICAL SIGNALS
FROM LEPIDOPTERAN HOSTS²**

Author: Camila Corrêa Vargas
Advisor: Dr^a. Luiza Rodrigues Redaelli
Co-advisor: Dr. Josué Sant'Ana

ABSTRACT

Trichogramma pretiosum Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) is an important natural biological control agent of *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). The successful parasitism of this species is associated with search strategies originating from kairomones present in the host's body or eggs. These odors provide clues during foraging that can be learned throughout the parasitoid's development to increase parasitism. Hence, the objectives of this work were: a) to identify the chemical compounds in the scales of *S. frugiperda* females and the response of *T. pretiosum* to these odors; b) to evaluate the chemotactic responses and parasitism of *T. pretiosum* maintained for successive generations in *S. frugiperda* and *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) and c) to observe, through chemotactic behavior and parasitism, the preimaginal learning of *T. pretiosum* to extract from *S. frugiperda* eggs. Chemotaxis was evaluated using a Y-type olfactometer and parasitism in glass tubes or cages (semi-field). The parasitoids were attracted by scales of *S. frugiperda* virgin females. In the extracts from the scales, two components of the sexual pheromone of this species (Z9-tetratecenyl acetate and Z11-hexadecenyl acetate) were found to attract to *T. pretiosum*. Parasitoid females from the third generation in *S. frugiperda* eggs, exposed to the extracts and eggs of *A. kuehniella* and *S. frugiperda*, were more attracted to odors from the second lepidopteran, however parasitism was similar in both hosts. Parasitoids experienced with *S. frugiperda* egg extract in the final stage of development were more attracted and parasitized more eggs from this host. In the semi-field, parasitism increased in *S. frugiperda* eggs when *T. pretiosum* was conditioned to the egg extract of this herbivore. The results obtained in this work indicate that the behavior of parasitoids can be manipulated through learning and this knowledge can increase the efficiency of egg parasitoids in the field.¹

¹Doctoral Thesis in Plant Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil, (120p.), march, 2020.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 <i>Spodoptera frugiperda</i> (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae).....	3
2.2 <i>Anagasta kuehniella</i> (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae).....	4
2.3 Parasitoides do gênero <i>Trichogramma</i>	5
2.3 <i>Trichogramma pretiosum</i> Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae).....	6
2.5 Comunicação química de parasitoides de ovos.....	8
2.6 Preferência hospedeira e aprendizagem de insetos.....	11
2.7 Referências.....	14
3. ARTIGO 1 – Influence of the semiochemicals present in the scales of <i>Spodoptera frugiperda</i> on the chemotactic behavior of <i>Trichogramma pretiosum</i>	24
3.1 Abstract.....	25
3.2 Introduction.....	26
3.3 Material and Methods.....	27
3.4 Results.....	30
3.5 Discussion.....	31
3.6 Acknowledgements.....	35
3.7 References.....	35
4. ARTIGO 2 – Respostas quimiotáticas e parasitismo de <i>Trichogramma pretiosum</i> após sucessivas gerações em um mesmo hospedeiro de origem.....	50
4.1 Resumo.....	53
4.2 Introdução.....	54

	Página
4.3 Material e Métodos.....	56
4.4 Resultados.....	59
4.5 Discussão.....	61
4.6 Referências.....	65
5. ARTIGO 3 – O aprendizado pré-imaginal de <i>Trichogramma pretiosum</i> a caimônios de ovos incrementa o controle biológico de <i>Spodoptera</i> <i>frugiperda</i>	81
5.1 Resumo.....	83
5.2 Introdução.....	84
5.3 Material e Métodos.....	86
5.4 Resultados.....	90
5.5 Discussão.....	91
5.6 Agradecimentos.....	95
5.7 Referências.....	95
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	104

RELAÇÃO DE TABELAS

Página

ARTIGO 1

1. Mean (\pm SE) quantity (ng mg^{-1} of scale) and retention index (RI) of the compounds, presente on wing and abdominal scales of virgin female *Spodoptera frugiperda*..... 43

RELAÇÃO DE FIGURAS

Página

ARTIGO 1

1. Chemotactic responses (%) of *Trichogramma pretiosum* females (<24 h old) in a two-choice olfactometer when offered volatiles from wing vs. abdomen scales of *Spodoptera frugiperda* females that were virgins (V), mated (M), or mated and oviposited (O). The numbers inside the bars indicate the responding insects. NR, nonresponsive insects; ns, non-significant difference (χ^2 test: $P>0.05$)..... 44
2. Chemotactic responses (%) of *Trichogramma pretiosum* females (<24 h old) in a two-choice olfactometer when offered clean air (control) vs. volatiles from wing and abdomen scales of *Spodoptera frugiperda* females that were virgins (V), mated (M), or mated and oviposited (O). The numbers inside the bars indicate the responding insects. NR, nonresponsive insects. Asterisks indicate significant preference for one of the options (χ^2 test: $P<0.05$)..... 45
3. Chemotactic responses (%) of *Trichogramma pretiosum* females (<24 h old) in a two-choice olfactometer when offered volatiles from eggs vs. eggs combined with scales (wing + abdomen) from *Spodoptera frugiperda* females that were virgin (V), mated (M), or mated and oviposited (O). The numbers inside the bars indicate the responding insects. NR, nonresponsive insects. Asterisks indicate significant preference for one of the options (χ^2 test: $P< 0.05$; ns, $P>0.05$)..... 46
4. Chemotactic responses (%) of *Trichogramma pretiosum* females (<24 h old) in a two-choice olfactometer when offered volatiles from eggs vs. scales (wing + abdomen) from *Spodoptera frugiperda* females that were virgin (V), mated (M), or mated and oviposited (O). The numbers inside the bars indicate the number of responding insects. NR, nonresponsive insects. The asterisk indicates a significant preference for one of the options (χ^2 test: $P< 0.05$; ns, $P>0.05$)..... 47

5. Profile of the gas chromatographic-mass spectrometric analysis, indicating the compounds identified in wing and abdomen scales from *Spodoptera frugiperda* virgin females. (1) hexan-2-ol; (2) 4-hydroxy-4-methyl-pentanone; (3) 6-methyl-5-hepten-2-one; (4) linallol; (5) nonanal; (6) decanal; (7) nonanoic acid; (8) (Z)-9-tetradecenyl acetate (Z9-14:OAC); 9 (Z)-11-hexadecenyl acetate (Z11-16:OAC); (10) eicosane; (11) octadecanol; (12) heneicosane; (13) dodecosane; (14) benzoic acid; (15) tetraconsane; (16) pentacosane; (17) hexacosane; (18) heptacosane; (19) octacosane; and (20) nonacosane..... 48
6. Chemotactic responses (%) of *Trichogramma pretiosum* females (<24 h old) in a two-choice olfactometer to hexane (control) vs. 1, 0.1, or 0.01 $\mu\text{g } \mu\text{l}^{-1}$ (Z)-9-tetradecenyl acetate (Z9-14:OAC) or (Z)-11-hexadecenyl acetate (Z11-16:OAC). The numbers inside the bars indicate the responding insects. NR, nonresponsive insects. Asterisks indicate a significant preference for one of the options (χ^2 test: $P < 0.05$; ns, $P > 0.05$)..... 49
- ARTIGO 2
1. Percentuais de respostas quimiotáticas de fêmeas de *Trichogramma pretiosum* (até 48 horas de idade) provenientes de *Anagasta kuehniella* ou *Spodoptera frugiperda* (1^a, 2^a e 3^a geração), testadas em olfatômetro Y de dupla escolha a ovos lavados e não lavados de *A. kuehniella*. Valores entre parênteses indicam o número de insetos responsivos. Barras seguidas de asterisco diferem (χ^2 , $P < 0,05$); ns = diferença não significativa. Ho = hospedeiro de origem. NR = número de insetos não responsivos..... 73
2. Percentuais de respostas quimiotáticas de fêmeas de *Trichogramma pretiosum* (até 48 horas de idade) provenientes de *Anagasta kuehniella* ou *Spodoptera frugiperda* (1^a, 2^a e 3^a geração), testadas em olfatômetro Y de dupla escolha a ovos lavados e não lavados de *S. frugiperda*. Valores entre parênteses indicam o número de insetos responsivos. Barras seguidas de asterisco diferem (χ^2 , $P < 0,05$); ns = diferença não significativa. Ho = hospedeiro de origem. NR = número de insetos não responsivos..... 74

3. Percentuais de respostas quimiotáticas de fêmeas de *Trichogramma pretiosum* (até 48 horas de idade) provenientes de *Anagasta kuehniella* ou *Spodoptera frugiperda* (1º, 2º, 3º gerações), testadas em olfatômetro de dupla escolha a ovos não lavados de *A. kuehniella* e *S. frugiperda*. Valores entre parênteses indicam número de insetos responsivos. Barras seguidas de asterisco diferem (χ^2 , $P < 0,05$); ns = diferença não significativa (χ^2 , $p > 0,05$). Ho = hospedeiro de origem. NR = número de insetos não responsivos..... 75
4. Percentuais de respostas quimiotáticas de fêmeas de *Trichogramma pretiosum* (até 48 horas de idade) provenientes de *Anagasta kuehniella* ou *Spodoptera frugiperda* (1ª, 2ª, 3ª geração), testadas em olfatômetro Y de dupla escolha a extrato de *A. kuehniella*. Valores entre parênteses indicam o número de insetos responsivos. Barras seguidas de asterisco diferem (χ^2 , $P < 0,05$); ns = diferença não significativa . Ho = hospedeiro de origem. NR = número de insetos não responsivos..... 76
5. Percentuais de respostas quimiotáticas de fêmeas de *Trichogramma pretiosum* (até 48 horas de idade) provenientes de *Anagasta kuehniella* ou *Spodoptera frugiperda* (1ª, 2ª, 3ª geração), testadas em olfatômetro Y de dupla escolha ao extrato de ovos de *S. frugiperda*. Valores entre parênteses indicam o número de insetos responsivos. Barras seguidas de asterisco diferem (χ^2 , $P < 0,05$); ns = diferença não significativa . Ho = hospedeiro de origem. NR = número de insetos não responsivos..... 77
6. Percentuais de respostas quimiotáticas de fêmeas de *Trichogramma pretiosum* (até 48 horas de idade) provenientes de *Anagasta kuehniella* ou *Spodoptera frugiperda* (1ª, 2ª, 3ª geração), testadas em olfatômetro Y de dupla escolha extrato de ovos de *A. kuehniella* e *S. frugiperda*. Valores entre parênteses indicam o número de insetos responsivos. Barras seguidas de asterisco diferem (χ^2 , $P < 0,05$); ns = diferença não significativa . Ho = hospedeiro de origem. NR = número de insetos não responsivos..... 78
7. Número médio de ovos (\pm EP) parasitados por *Trichogramma pretiosum* provenientes de *Anagasta kuehniella* ou *Spodoptera frugiperda* de 1ª, 2ª ou 3ª geração expostos simultaneamente a ovos destes hospedeiros. Valores entre parênteses indicam o número total de ovos parasitados. Barras seguidas de letras minúsculas comparam ovos das duas espécies no mesmo tratamento e barras seguidas de letras maiúsculas comparam ovos de uma mesma espécie entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Número total de ovos avaliados = 400/tratamento..... 79

8. Número médio de parasitoides de *Trichogramma pretiosum* emergidos (\pm EP) provenientes de *Anagasta kuehniella* ou *Spodoptera frugiperda* de 1^a, 2^a ou 3^a geração expostos simultaneamente a ovos destes hospedeiros. Valores entre parênteses indicam o número total de ovos parasitados. Barras seguidas de letras minúsculas comparam ovos das duas espécies no mesmo tratamento e barras seguidas de letras maiúsculas comparam ovos de uma mesma espécie entre os tratamentos pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Número total de ovos avaliados = 400/tratamento..... 80

ARTIGO 3

1. Percentuais de respostas quimiotáticas de fêmeas de *Trichogramma pretiosum* (até 48 horas de idade) provenientes de ovos de *Anagasta kuehniella* lavados com hexano e experientes a extrato de ovos de *Spodoptera frugiperda*: (T1) adições de extrato feitas no segundo, sexto e nono dia, ao longo da fase imatura de *T. pretiosum*; (T2) apenas no segundo dia; (T3) apenas no sexto dia; (T4) apenas no nono dia e (T5) inexperientes (ovos lavados e não expostos ao extrato), testadas em olfatômetro Y de dupla escolha a extrato de ovos de *A. kuehniella* vs. hexano. Valores entre parênteses indicam o número de insetos responsivos. Barras seguidas de asterisco indicam diferença significativa (χ^2 , $p < 0,05$). NR = número de insetos não responsivos..... 99
2. Percentuais de respostas quimiotáticas de fêmeas de *Trichogramma pretiosum* (até 48 horas de idade) provenientes de ovos de *Anagasta kuehniella* lavados com hexano e experientes a extrato de ovos de *Spodoptera frugiperda*: (T1) adições de extrato feitas no segundo, sexto e nono dia, ao longo da fase imatura de *T. pretiosum*; (T2) apenas no segundo dia; (T3) apenas no sexto dia; (T4) apenas no nono dia e (T5) inexperientes (ovos lavados e não expostos ao extrato), testadas em olfatômetro Y de dupla escolha a extrato de ovos de *S. frugiperda* vs. hexano. Valores entre parênteses indicam o número de insetos responsivos. Barras seguidas de asterisco indicam diferença significativa (χ^2 , $p < 0,05$). ns = não significativo. NR = número de insetos não responsivos..... 100

3. Percentuais de respostas quimiotáticas de fêmeas de *Trichogramma pretiosum* (até 48 horas de idade) provenientes de ovos de *Anagasta kuehniella* lavados com hexano e experientes a extrato de ovos de *Spodoptera frugiperda*: (T1) adições de extrato feitas no segundo, sexto e nono dia, ao longo da fase imatura de *T. pretiosum*; (T2) apenas no segundo dia; (T3) apenas no sexto dia; (T4) apenas no nono dia e (T5) não experientes (ovos lavados e não expostos ao extrato), testadas em olfatômetro Y de dupla escolha a extrato de ovos de *S. frugiperda* vs. extrato de ovos de *A. kuehniella*. Valores entre parênteses indicam o número de insetos responsivos. Barras seguidas de asterisco indicam diferença significativa (χ^2 , $p < 0,05$). ns = não significativo. NR = número de insetos não responsivos..... 101
4. Número médio de ovos parasitados (\pm EP) e sucesso de parasitismo (emergência) de *Trichogramma pretiosum* provenientes de ovos de *A. kuehniella* inexperientes (ovos lavados e não expostos ao extrato de *S. frugiperda*) e experientes (lavados com hexano e expostos a extrato de ovos de *S. frugiperda* apenas no nono dia) submetidos à escolha entre ovos de *S. frugiperda* e de *A. kuehniella*. Valores entre parênteses indicam o número total de ovos parasitados ou o número de indivíduos emergidos. Barras seguidas de letras diferentes indicam diferença entre um mesmo parâmetro em um mesmo tratamento pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)..... 102
5. Número médio de ovos parasitados de *Spodoptera frugiperda* e sucesso de parasitismo (emergência) (\pm EP), em condições de semicampo, por *Trichogramma pretiosum* provenientes de ovos de *Anagasta kuehniella*, inexperientes (ovos lavados e não expostos ao extrato de *S. frugiperda*) e experientes (lavados com hexano e expostos a extrato de ovos de *S. frugiperda* apenas no nono dia). Valores entre parênteses indicam o número total de ovos parasitados ou sucesso de parasitismo. $n = 250$ /repetição/tratamento. Barras seguidas de letras maiúsculas diferentes indicam diferença entre o parasitismo e as minúsculas, entre o sucesso pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)..... 103

1 INTRODUÇÃO

Uma visão inter e multidisciplinar é importante para um eficiente controle de pragas, integrando diferentes métodos, menos prejudiciais ao homem e ao meio ambiente, mas garantindo a produtividade dos cultivos. Nesse cenário, o controle biológico de pragas tem sido utilizado para mitigar os danos de pragas e tem apresentado bons resultados no controle de lepidópteros, principalmente através da liberação massal de parasitoides.

Parasitoides de ovos do gênero *Trichogramma* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) são dos mais conhecidos e utilizados mundialmente para controle de pragas em diversos cultivos como milho, soja, arroz e cana-de-açúcar, devido principalmente a sua facilidade de criação em hospedeiros alternativos e eficiência de parasitismo. O sucesso das liberações de parasitoides, entretanto, depende do conhecimento das interações com seus hospedeiros. O comportamento de busca e sucesso de parasitismo estão associados a diversos fatores, como o reconhecimento de voláteis relacionados ao hospedeiro, influência do hospedeiro de origem na quimiotaxia e no parasitismo e a sua capacidade de aprendizagem.

Spodoptera frugiperda (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) é considerada uma das principais pragas de cultivos como soja, milho, arroz, tomate, dentre outros. Um dos manejos recomendados para controle desta espécie é o uso de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Este parasitoide, por utilizar o

ovo do hospedeiro como substrato para desenvolvimento da prole, controla a praga antes mesmo que o dano aconteça. Entretanto, para possibilitar sua utilização em cultivos agrícolas, *T. pretiosum* é desenvolvido em criações massais em ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) por sucessivas gerações. Esta forma de criação, pode afetar a percepção química de *T. pretiosum* durante o forrageamento e conseqüentemente sua eficiência em *S. frugiperda*. Além disso, poucas informações existem sobre as relações quimiotáticas entre estas espécies e como esses podem aumentar a eficiência do parasitoide em campo.

Desta forma, os objetivos deste trabalho foram: a) identificar os compostos químicos presentes nas escamas de fêmeas de *S. frugiperda* e a resposta de *T. pretiosum* frente a estes odores; b) avaliar as respostas quimiotáticas e o parasitismo de *T. pretiosum* mantido por sucessivas gerações em um mesmo hospedeiro e c) observar a aprendizagem pré-imaginal de *T. pretiosum* a extrato de ovos de *S. frugiperda* no comportamento quimiotático e no parasitismo desta espécie.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)

Spodoptera frugiperda, conhecida popularmente como lagarta-militar, lagarta-do-cartucho ou lagarta-dos-milharais é considerada a principal praga da cultura do milho, em função da sua ocorrência generalizada e dos danos que causa durante todas as fases do desenvolvimento da planta (Sarmiento *et al.*, 2002, Carvalho *et al.* 2013; Cock *et al.* 2017). Entretanto, devido a sua polifagia, já foi registrada atacando mais de 100 espécies de plantas (Valicente, 2015), o que favorece sua adaptação no ambiente (Silva *et al.*, 2002). Além da cultura do milho [*Zea mays* L. (Poales:Poaceae)], os danos causados por essa praga apresentam elevado destaque nas culturas da soja [*Glycine max* L. Merr (Fabales: Fabaceae)] (Pilon *et al.*, 2009), algodão [*Gossypium hirsutum* L. (Malvales: Malvaceae)] e arroz [*Oryza sativa* (Poales: Poaceae)] (Queiroz *et al.*, 2016). Nativa dos trópicos, esta espécie ocorre desde a região sul dos Estados Unidos da América até a Argentina (Cruz, 1995) e mais recentemente foi registrada no continente africano (Goergen *et al.*, 2016; Midega *et al.*, 2018). Durante a primavera e o verão, pode ser encontrada também em regiões temperadas do continente norte-americano (Nagoshi & Meagher, 2008).

Os adultos de *S. frugiperda* apresentam, em média, 35 mm de envergadura e 15 mm de comprimento do corpo, asas anteriores de coloração acinzentada e posteriores translúcidas, circundadas por linhas marrons (Cruz *et al.*,1999). A

longevidade de ambos os sexos varia entre 10 e 15 dias, em temperatura de 25 °C (Saran, 2012). O período de oviposição inicia entre o terceiro e quarto dia após a emergência e cada fêmea é capaz de colocar em torno de 2.000 ovos durante a vida, depositados em grupos de 50 a 300 (Cruz *et al.*, 2008).

Os ovos apresentam coloração rosa claro ou verde claro, forma esférica com estrias radiais e cerca de 0,4 mm de diâmetro (Cruz *et al.*, 2008; Saran, 2012), muitas vezes na parte superior destes são encontradas escamas deixadas pela fêmea no momento da oviposição (Pinto *et al.*, 2004). As posturas, são, normalmente, encontradas na parte abaxial das folhas (Cruz *et al.*, 1999). O período de incubação é de até três dias, a 25 °C, em temperaturas inferiores pode variar de cinco a 10, sendo a viabilidade média de 92% (Murúa & Virla, 2004).

A fase larval dura de 12 a 30 dias, passando por seis ínstaes (Cruz *et al.*, 1999) e a pupal tem duração de 10 a 12 dias (Saran, 2012). O ciclo biológico se completa em aproximadamente 30 dias (Cruz *et al.*, 1999).

2.2 *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae)

Anagasta kuehniella é uma praga de importância econômica de vários produtos armazenados, como grãos e farinhas, no mundo todo (Rees, 2007). O ataque desta praga reduz a qualidade dos produtos e conseqüentemente reduz o preço final de comercialização (Lorini, 2008). No entanto, essa espécie atua como importante hospedeiro alternativo em criações massais de espécies de *Trichogramma* (Tavares & Vieira, 1992) com destaque para *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) (Parreira *et al.*, 2019). Lewis *et al.* (1976) demonstraram que ovos de *A. kuehniella* produzem parasitoides mais fecundos e longevos do que quando criados em outros hospedeiros alternativos. A produção de grandes quantidades de

ovos de *A. kuehniella* é um dos requisitos básicos para a criação massal destes inimigos naturais (Cerutti *et al.*, 1992).

Os ovos de *A. kuehniella* apresentam forma oval e alongada (comprimento entre 0,53 e 0,64 mm e largura entre 0,28 e 0,37 mm), a coloração é branca quando recém ovipositados, torna-se amarela claro com o desenvolvimento do embrião e o peso varia entre 21 e 25 μ g (Brindley, 1930).

As lagartas possuem coloração creme e o corpo recoberto por longas setas, a cápsula cefálica mede 0,2 mm de largura e 0,87 mm de comprimento e pesam, em média, 0,018 mg (Brindley, 1930). Podem apresentar entre cinco e seis ínstaes, variando de acordo com a alimentação (Brindley, 1930; Stein & Parra, 1987). Diferente de outras espécies, *A. kuehniella* não apresenta canibalismo, pois quando ocorre o encontro das lagartas existe a produção de secreção mandibular com a função de dispersar os coespecíficos (Athie & Paula, 2002).

As pupas, logo que se formam apresentam coloração verde-claro e, a seguir mudam para marrom avermelhada no dorso e amarelo escuro na superfície ventral, têm, em média, 9 mm de comprimento e 2,21 mm de largura (Brindley, 1930).

Os adultos de *A. kuehniella* são mariposas pequenas e acizentadas, os machos pesando cerca de 11,5 mg e as fêmeas 15,7 mg (Brindley, 1930). O período ovo-adulto dura cerca de 40 dias, o de incubação, em média três dias, a fase larval 32 dias, a pupal sete dias e a longevidade de machos e fêmeas é de seis e sete dias, respectivamente (Lorini, 2008).

2.3 Parasitoides do gênero *Trichogramma*

Parasitoides do gênero *Trichogramma* são os mais abundantes da família Trichogrammatidae, com aproximadamente 210 espécies descritas (Pinto, 2006). É

um dos grupos mais estudados e utilizados mundialmente em programas de controle biológico (Querino & Zucchi, 2011). Apresentam ampla distribuição geográfica (Pratissoli & Parra, 2001). Na América do Sul já foram identificadas 41 espécies nativas, sendo que 26 foram registradas no Brasil, entre as quais, *T. pretiosum* foi a mais abundante (Cônsoi, Parra & Zucchi, 2010).

Estes parasitoides se desenvolvem em ovos de seu hospedeiro, controlando a praga antes que o dano seja causado à cultura (Botelho, 1997; Witting, Orr & Linker, 2007). Apresentam preferência por lepidópteros, entretanto, podem parasitar ovos de insetos de outras ordens, tais como Diptera, Coleoptera, Hemiptera, Hymenoptera e Neuroptera (Zucchi & Monteiro, 1997).

Tricogramatídeos são facilmente produzidos em laboratório e podem ser criados em hospedeiros alternativos, facilitando sua utilização em programas de controle biológico, produção e comercialização (Querino & Zucchi, 2011). A criação em larga escala de espécies e linhagens de *Trichogramma* tornou-se possível apenas no final da década de 1920, quando em 1927, quando se obteve sucesso em criá-los em ovos do hospedeiro alternativo *Sitotroga cerealella* Oliver (Lepidoptera: Gelechiidae) (Flanders, 1930). No Brasil, a criação massal de *T. pretiosum* é conduzida principalmente em ovos de *A. kuehniella* (Parra, 1997).

2.4 *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae)

Esta espécie é exclusivamente parasitoide de ovos e apresenta inúmeros hospedeiros principalmente de Lepidoptera (Pratissoli *et al.*, 2005). *Trichogramma pretiosum* está distribuído em todo o continente americano (Pinto & Stouthamer,

1994) e no Brasil já foi registrada nas regiões Centro-Oeste, Nordeste, Sul e Sudeste (Silva, 2007).

Os adultos desta espécie têm tamanho que varia de 0,2 a 1,5 mm de comprimento (Moutia & Cortois, 1952) e podem apresentar comportamento solitário ou gregário (Pinto, 1997). A reprodução mais comum é a sexual, mas também pode ocorrer partenogênese, que pode ser telítoca, deuterótoca e arrenótoca (Molina, 2003).

Os adultos apresentam dimorfismo sexual, as fêmeas possuem antenas clavadas e os machos, plumosas (Pinto, 1997). As fêmeas depositam seus ovos em ovos de outros insetos e a prole se alimenta da massa vitelina ou do embrião do hospedeiro (Parra & Zucchi, 1986).

As larvas de *T. pretiosum* passam por três ínstares (Volkoff *et al.*, 1995) e perto da eclosão, os ovos do hospedeiro se tornam escurecidos, sendo que o ciclo biológico se completa em cerca de 10 dias, à uma temperatura média de 25 °C (Parra & Zucchi, 1986). A longevidade média é de sete a 10 dias, no entanto, esse tempo pode mudar em função da temperatura, espécie e qualidade do hospedeiro (Goodenough *et al.*, 1983), assim como a razão sexual (Vinson, 1997).

Programas de controle biológico natural bem-sucedidos com esta espécie já foram realizados para a supressão de *S. frugiperda* em milho nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil (Zucchi & Monteiro, 1997).

Para o controle biológico de *S. frugiperda* em lavouras de milho com *T. pretiosum*, recomenda-se realizar o monitoramento dos adultos através de armadilhas iscadas com feromônio sexual sintético (1 armadilha a cada 5 hectares) (Cruz & Monteiro, 2004). A captura das primeiras mariposas (em média, três por armadilha), indica o início da oviposição e a necessidade de liberação do parasitoide (Cruz & Monteiro, 2004;). A quantidade de *T. pretiosum* a ser liberada no campo varia em

função da densidade populacional da praga, cerca de 100.000 indivíduos por hectare (CONSULTA *Spodoptera frugiperda*, 2019).

2.5 Comunicação química de parasitoides de ovos

O sucesso de um inimigo natural está intimamente relacionado à sua habilidade em encontrar seu hospedeiro (Gazit *et al.*, 1996). Os parasitoides de ovos utilizam-se de mecanismos físicos, táteis e visuais provenientes ou associados a seus hospedeiros (Carneiro *et al.*, 2006). Além destes, são utilizados sinais químicos (semioquímicos) que mediam as interações intraespecíficas (feromônios) ou interespecíficas (aleloquímicos) (Colazza, Salerno, Wajnberg, 1999; Colazza, McElfresh & Millar, 2004). Para os insetos, os semioquímicos (voláteis) são fundamentais para o comportamento reprodutivo, seleção hospedeira e habitat (Corrêa & Sant'Ana, 2007), sendo este reconhecimento, em geral, associado às sensilas localizadas, principalmente, nas antenas (Le Rec & Wajnerbeg, 1990). Estes são utilizados como pistas por parasitoides (Vet & Schoolman, 1988) e podem ser derivados dos *pellets* fecais (Boo & Yang, 2000), de plantas durante ou após a herbivoria (Pashalidou *et al.*, 2010), de substâncias que aderem os ovos ao substrato e/ou entre eles (Afsheen *et al.*, 2008), da própria postura (Strand & Vinson, 1983), de escamas das asas de lepidópteros (Fatouros *et al.*, 2005), de feromônios de agregação (Aldrich, 1995; Bruni *et al.*, 2000), sexual (Colaza, Rosi & Clemente, 1997; Hilker *et al.*, 2000; Boo & Yang, 2000) e de alarme (Pires *et al.*, 2001).

De acordo com Renou *et al.* (1992), fêmeas de *Trichogramma brassicae* Bezdenko (Hymenoptera: Trichogrammatidae) responderam para voláteis de ovos, extratos, substâncias isoladas e à mistura sintética provenientes de ovos de *Ostrinia nubilales* Hübner (Lepidoptera: Crambidae) e *Mamestra brassicae* (L.) (Lepidoptera:

Noctuidae). Fêmeas de *T. brassicae* também responderam a extratos e a grupos de ovos do hospedeiro *Ostrinia furcanalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae) (Bai *et al.* 2004). Respostas quimiotáxicas ao extrato de glândulas acessórias de fêmeas copuladas deste lepidóptero foram observadas em *Trichogramma ostrinae* Pang & Chen (Hymenoptera: Trichogrammatidae) (Yong *et al.*, 2007). Este tipo de interação foi registrado também para *S. frugiperda* e *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae) (Gazit, Lewis, Tumlinson, 1996) e *Sesamia nonagrioides* Lefèbvre (Lepidoptera: Noctuidae) e *Telenomus busseolae* Gahan (Hymenoptera: Platygasteridae) (Santis *et al.*, 2006).

Segundo DeLury *et al.* (1999) e Colazza & Rossi (2001) compostos presentes nas escamas podem intensificar o comportamento de busca pelo hospedeiro e aumentar o parasitismo. Fêmeas de *S. frugiperda* depositam junto aos ovos, escamas presentes na face ventral das asas e do abdômen (Urretabizkaya *et al.*, 2010). De forma geral, essas escamas servem para proteção, formando uma barreira física para parasitoides (Beserra & Parra, 2003). No entanto, Lewis *et al.* (1972) constataram que fêmeas de *Trichogramma evanescens* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) foram atraídas para extrato de escamas de *Cadra cautella* Walker (Lepidoptera: Pyralidae). De forma semelhante, *T. brassicae* foi atraído por ovos impregnados com escamas de *Pieris brassicae* L. (Lepidoptera: Pieridae) (Fatouros *et al.*, 2005).

Os compostos dodecosano, tetracosano, pentacosano e tricosano, foram identificados nas escamas de *H. zea*, no entanto, somente tricosano foi atrativo para *T. evanescens* (Jones *et al.*, 1973). Os isômeros 13,17 dimetilheptatricontano, isolados das escamas de *O. nubilalis* foram atrativos para *Trichogramma nubilale* Eartle & Davis (Shu *et al.*, 1990). Lewis *et al.* (1982) observaram que a atratividade de *T. pretiosum* a escamas abdominais de *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera:

Noctuidae), estava associada as substâncias (Z)-7-hexadecanal, (Z)-9-hexadecanal e (Z)-11-hexadecanal, presentes no feromônio sexual deste herbívoro.

A percepção sensorial é fundamental para a sobrevivência e reprodução dos insetos. Identificar odores e utilizar os mesmos para as funções básicas tais como busca por substratos de oviposição, comunicação intra e interespecífica e alimentação (Honson, Gong, Plettner, 2005). O sistema sensorial dos insetos é caracterizado por elevada especificidade e sensibilidade e a codificação e recepção de compostos químicos ocorre através das proteínas de ligação de odores (PLOs) proteínas ligantes aos odores OBPs (Wang *et al.*, 2020). Estas estruturas atuam como veículos moleculares para transportar e distribuir o odor para os receptores olfativos (Li *et al.* 2014). A presença destas estruturas nos insetos é fator crucial para o encontro do parasitoide com o hospedeiro (Liu *et al.*, 2018).

A quimiotaxia também está relacionada com o parasitismo, explicada pela Teoria do Legado Químico, segundo a qual informações químicas obtidas na fase imatura podem ser transmitidas ao adulto por compostos químicos presentes no ambiente de desenvolvimento larval, na hemolinfa e/ou na camada externa do hospedeiro (Corbet, 1985). Esta relação se reflete na preferência de parasitoides por parasitar ovos de seu hospedeiro de origem como observado em *T. brassicae* por Volpe *et al.* (2006). Da mesma forma, Siqueira *et al.* (2012) observaram que quando criado por diversas gerações em ovos de *A. kuehniella*, *T. pretiosum* também apresentou preferência por seu hospedeiro de origem em detrimento aos ovos dos noctuídeos, *S. frugiperda*, *Spodoptera albula* (Walker), *Spodoptera eridania* (Cramer), *Anticarsia gemmatalis* Hübner e *Pseudoplusia includens* (Walker) e de *Diatraea saccharalis* (Fabricius) (Lepidoptera: Crambidae).

2.6 Preferência hospedeira e aprendizagem de insetos

O sucesso das liberações de parasitoides, visando controle biológico, depende do conhecimento de suas características biológicas associadas ao hospedeiro (Siqueira *et al.*, 2012). Uma das formas para o aumento da eficácia do controle biológico é a manipulação do parasitoide através do aprendizado (Vet & Grenewold, 1990; Meiners & Peri, 2013). Segundo Mathews & Mattheus (2010), a aprendizagem pode ser definida como uma mudança permanente ou com durabilidade longa de comportamento.

A busca do parasitoide por hospedeiros inicia com um comportamento inato ou instintivo (Papaj & Lewis, 1993). Entretanto, Vinson (1998) salientou que esse pode ser modificado através de uma experiência bem-sucedida, podendo resultar em uma aprendizagem, a qual está associada à aquisição de informações e estímulos vantajosos para seu desenvolvimento (Meiners & Peri, 2013).

A aprendizagem em parasitoides está intimamente ligada ao seu comportamento de forrageamento (Gazit *et al.*, 1996) e a semioquímicos, dentre eles, os provenientes do hospedeiro (Lewis *et al.*, 1990). A resposta de fêmeas a substâncias químicas pode ser induzida por aprendizagem na fase de larva (Vet, 1983), na emergência (Kester & Barbosa, 1991), durante todo o período de vida adulta (De Jong & Kaiser, 1991) ou em mais de um momento do desenvolvimento (Cortesero, Monge, Huignard, 1995).

Segundo Cobert (1985), as informações adquiridas na fase imatura podem ser transmitidas para a fase adulta pela Hipótese do Legado Químico. Esta prediz que os compostos químicos presentes no ambiente de desenvolvimento larval também

estariam presentes na hemolinfa dos insetos ou na camada mais externa do hospedeiro e influenciariam na resposta quimiosensorial e na escolha do adulto.

Em holometábolos, o aprendizado na fase imatura está relacionado às alterações do sistema nervoso que ocorrem durante o desenvolvimento larval e podem persistir na fase adulta (Barron & Corbet, 1999). *Hyssopus pallidus* (Askew) (Hymenoptera: Eulophidae), parasitoide de *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera: Tortricidae), quando permaneceu em contato com extrato de maçã na fase imatura, foi capaz de responder positivamente a este odor quando adulto (Mathews & Matthews, 2010). Fêmeas de *Telenomus podisi* Ashmead (Hymenoptera: Scelionidae) passaram a responder positivamente ao odor de capim-limão, substância repelente a esta espécie, após aprendizagem na fase imatura (Tognon *et al.*, 2013).

A aprendizagem em parasitoides também pode ocorrer na fase adulta (Papaj & Lewis, 1993) e esta está relacionada com as modificações do cérebro do adulto (Bieber & Fuldner, 1979). Segundo os autores, modificações no cérebro em adultos de *Aleochara curtula* Goeze (Coleoptera: Staphylinidae) foram registradas, os quais observaram crescimento de 58% do protocérebro e 38% do deutocérebro. O crescimento de cerca de 15% do número total de fibras do corpo cogumelar nos primeiros sete dias de vida dos adultos de *Drosophila melanogaster* Meigen (Diptera: Drosophilidae) foi registrada por Technau (1984) o qual relacionou as modificações a fatores como idade do inseto, ao sexo e a percepção de estímulos ambientais.

Em Hymenoptera o aprendizado na fase adulta já foi demonstrado em fêmeas de *Leptopilina heterotoma* Thompson (Hymenoptera: Figitidae) expostas a larvas do hospedeiro *Drosophila subobscura* Sturtevant (Diptera: Drosophilidae) juntamente com os odores de maçã, cogumelos ou de ambos, responderam significativamente mais ao odor com o qual tiveram experiência prévia (Vet & Shoonamn, 1988). A

aprendizagem também foi constatada na fase adulta de *T. pretiosum* e *T. atopovirilia*, quando fêmeas foram expostas a ovos de *S. frugiperda*, as quais diminuíram o tempo de busca e o de parasitismo neste hospedeiro (Beserra & Parra, 2003). Vargas *et al.* (2017) constataram que fêmeas de *T. pretiosum* foram mais atraídas e parasitaram mais ovos de *S. frugiperda*, após experiência prévia (5 horas) a ovos e extratos de ovos deste lepidóptero. De forma geral, os parasitoides apresentam preferência por parasitar seu hospedeiro de origem (Cobert, 1985).

A criação massal de *T. pretiosum* geralmente é conduzida em ovos de *A. kuehniella* (Parra, 1997). No entanto, a multiplicação dos parasitoides, em um mesmo hospedeiro, por longo período, pode afetar o seu comportamento de busca (Carneiro *et al.*, 2006). Goulart *et al.* (2011) verificaram que o parasitismo de *T. pretiosum* oriundo de uma geração em *Anticarsia gemmatalis* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) foi maior nessa espécie do que em *S. frugiperda* e *A. kuehniella*. O mesmo já havia sido observado por Volpe *et al.* (2006), que registraram maior número de ovos parasitados por este mesmo parasitoide, em seu hospedeiro de origem *A. kuehniella*, comparado com *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) e *S. frugiperda*. A ausência de parasitismo de *T. pretiosum* foi constatada em ovos dos noctuídeos *Spodoptera albula* (Walker), *S. eridania* e *Spodoptera cosmioides* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) após serem mantidos por várias gerações em *A. kuehniella*.

O estudo da aquisição de aprendizado por parasitoides visando à liberação massal gera informações que podem vir a aumentar a eficiência e as chances de parasitismo em campo (Gardner & Lenteren, 1986). Em um contexto aplicado, a principal vantagem do aprendizado está relacionada à possibilidade de manipular o comportamento de busca dos parasitoides quando expostos aos voláteis do hospedeiro ao qual o controle se destina (Faria, 2001).

2.7 Referências

- AFSHEEN, S. *et al.* Differential attraction of parasitoids in relation to specificity of kairomones from herbivores and their by-products. **Insect Science**, Victoria, v. 15, n. 5, p. 381-397, 2008.
- ALDRICH, J. R. Chemical communication in true bugs and exploitation by parasitoids and commensals. *In*: CARDÉ, R. T.; BELL, W. J. (ed.). **Chemical ecology of insects II**. New York: Chapman & Hall, 1995. p. 318-363.
- ATHIE, I.; PAULA, D. C. **Insetos de grãos armazenados: aspectos biológicos e identificação**. 2. ed. São Paulo: Livraria Varela, 2002. 244 p.
- BAI, S. X. *et al.* Olfactory response of *Trichogramma ostriniae* pang et. Chen to kairomones from eggs and different stages of adult females *Ostrinia furcinalis* (Guenee). **Acta Entomologica Sinica**, Peking, v. 47, n. 1, p. 48-54, 2004.
- BARRON, A. B.; CORBET, S. A. Pre-imaginal conditioning in drosophila revisited. **Animal Behaviour**, London, v. 58, p. 621-628, 1999.
- BESERRA, E. B.; PARRA, J. R. P. Comportamento de parasitismo de *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner e *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera, Trichogrammatidae) em posturas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera, Noctuidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 47, n. 2, p. 205-209, 2003.
- BIEBER, M.; FULDNER, D. Brain growth during the adult stage of a holometabolos insect. **Naturwissenschaften**, Berlin, v. 66, p. 426, 1979.
- BRINDLEY, T. A. The growth and development of *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera) and *Tribolium confusum* Duval (Coleoptera) under controlled conditions of temperature and relative humidity. **Annals of Entomological Society of America**, College Park, v. 23, p. 741-757, 1930.
- BOO, K. S.; YANG, J. P. Kairomones used by *Trichogramma chilonis* to find *Helicoverpa assulta* eggs. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 26, n. 2, p. 359-375, 2000.
- BOTELHO, P. M. Eficiência de *Trichogramma* em campo. *In*: PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A. (ed.). **Trichogramma e o controle biológico aplicado**. Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 303-318.
- BRUNI, R. *et al.* Influence of host pheromone on egg parasitism by scelionid wasps: comparison of phoretic and nonphoretic parasitoids. **Journal of Insect Behavior**, New York, v. 13, n. 2, p. 165-173, 2000.

CARNEIRO, T. R.; FERNANDES, O. A.; CRUZ, I. Resposta olfativa de *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera; Scelionidae) a voláteis emitidos por *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Entomotropica**, Maracay, v. 21, n. 3, p. 153-159, 2006.

CARVALHO, R. A. *et al.* Investigating the molecular mechanisms of organophosphate and pyrethroid resistance in the fall armyworm *Spodoptera frugiperda*. **Plos One**, San Francisco, v. 8, n. 4, [art.] e62268, [p. 1-11], 2013.

CERUTTI, F. *et al.* Optimal larval density and quality control aspects in mass rearing of the Mediterranean flour moth, *Ephesia kuehniella* Zell. (Lep. Pyralidae). **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 114, n. 1/5, p. 353-361, 1992.

COBERT, S. A. Insect chemosensory responses: a chemical legacy hypothesis. **Ecological Entomology**, London, v. 10, p. 43-153, 1985.

COCK, M. J. W. *et al.* Molecular methods to detect *Spodoptera frugiperda* in Ghana, and implications for monitoring the spread of invasive species in developing countries. **Scientific Reports**, London, v. 7, n. 1, [art.] 4103, 2017.

COLAZZA, S.; ROSI, M. C.; CLEMENTE, A. Response of egg parasitoid *Telenomus busseolae* to sex pheromone of *Sesamia nonagrioides*. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 23, n. 11, p. 2431-2444, 1997.

COLAZZA, S.; SALERNO, G.; WAJNBERG, E. Volatile contact chemicals released by *Nezara viridula* (Heteroptera: Pentatomidae) have a kairomonal effect on the egg parasitoid *Trissolcus basalis* (Hymenoptera: Scelionidae). **Biological Control**, Orlando, v. 16, p. 310-317, 1999.

COLAZZA, S.; McELFRESH, J. S.; MILLAR, J. G. Identification of volatile synomones, induced by *Nezara viridula* feeding and oviposition on bean spp., that attract the egg parasitoid *Trissolcus basalis*. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 30, p. 945-964, 2004.

CÔNSOLI, F. L.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A. (ed.). **Egg parasitoids in agroecosystems with emphasis on *Trichogramma***. New York: Springer, 2010. 482 p. (Progress in biological pest control).

CORBET, S. A. Insect chemosensory responses: a chemical legacy hypothesis. **Ecological Entomology**, Oxford, v. 10, n. 2, p. 143-153, 1985.

CORRÊA, A.; SANT'ANA, J. Ecologia química de insetos. *In*: CORRÊA, A. G.; VIEIRA, P. C. **Produtos naturais no controle de insetos**. São Carlos: UFSCar, 2007. p. 9-17.

CORTESERO, A. M.; MONGE, J. P.; HUIGNARD, J. Influence of two successive learning processes on the response of *Eupelmus vuilleti* Crw (Hymenoptera: Eupelmidae) to volatile stimulus from host and host plants. **Journal of Insect Behavior**, New York, v. 8, p. 751-762, 1995.

- CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M. L. C.; MATOSO, M. J. **Controle biológico de *Spodoptera frugiperda* utilizando o parasitoide de ovos *Trichogramma***. Sete Lagoas: EMBRAPA–CNPMS, 1999. 40 p.
- CRUZ, I. *et al.* **A cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. 517 p.
- CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M. L. C. Estudos preliminares do parasitoide *Telenomus* sp. Nixon sobre ovos de *Spodoptera frugiperda*. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. **Relatório técnico anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo 1992-1993**. Sete Lagoas: EMBRAPA, 1994. v. 6, p. 104-105.
- CRUZ, I.; MONTEIRO, M. A. R. **Controle biológico da lagarta do cartucho do milho, *Spodoptera frugiperda*, utilizando o parasitoide *Trichogramma pretiosum***. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2004. 4 p.
- DE JONG, R.; KAISER, L. Odour learning by *Leptopilina boulardi*, a specialist parasitoid (Hymenoptera: Eucoilidae). **Journal of Insect Behavior**, New York, v. 4, p. 743-450, 1991.
- DELURY, N. C. *et al.* Moth scale-derived kairomones used by egg-larval parasitoid *Ascogaster quadridentata* to locate eggs of its host, *Cydia pomonella*. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 25, p. 2419-2431, 1999.
- FARIA, C. A. **Resposta de *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae) e *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner (Hymenoptera: trichogrammatidae) a voláteis de plantas e ovos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)**. 2001. 62 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.
- FATOUROS, N. E. *et al.* Oviposition-induced plant cues: do they arrest *Trichogramma* wasps during host location? **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 115, n. 1, p. 207-215, 2005.
- FLANDERS, S. E. Biological control of the codling moth (*Carpocapsa pomonella*). **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 20, n. 4, p. 643-649, 1930.
- GARDNER, S. M.; LENTEREN, J. C. Characterization of the arrestment responses of *Trichogramma evanescens*. **Oecologia**, Berlin, v. 68, n. 2, p. 265-270, 1986.
- GAZIT, Y.; LEWIS, W. J.; TURLINSON, J. H. Arrestment of *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae) by a kairomone associated with eggs of its host, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Biological Control**, Orlando, v. 6, n. 3, p. 283-290, 1996.
- GOERGEN, G. *et al.* First report of outbreaks of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J E Smith) (Lepidoptera, Noctuidae), a new alien invasive pest in west

and central Africa. **Plos One**, San Francisco, v. 11, n. 10, [art.] e0165632, [p. 1-9], Oct. 2016.

GOODENOUGH, J. L.; HARTSTACK, A. W.; KING, E. G. Developmental models for *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) reared on four hosts. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 76, n. 5, p. 1095-1102, 1983.

GOULART, M. M. P. *et al.* Host preference of the egg parasitoids *Telenomus remus* and *Trichogramma pretiosum* in laboratory. **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 55, n. 1, p. 129-133, 2011.

HILKER, M. *et al.* Kairomonal effects of sawfly sex pheromones on eggs parasitoids. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 26, n. 11, p. 2591-2601, 2000.

HONSON, N. S.; Y. GONG, Y.; PLETTNER, E. Structure and function of insect Odorant and Pheromone-Binding Proteins (OBPs and PBPs) and Chemosensory-Specific Proteins (CSPs). *In*: ROMEO, John T. (ed.). **Chemical ecology and phytochemistry of forest ecosystems**. Amsterdam: Elsevier, 2005. (Recent advances in phytochemistry, v. 39). cap. 9, p. 227-268.

JONES, R. L. *et al.* Host-seeking stimulants (Kairomones) for the egg parasite, *Trichogramma evanescens*. **Environmental Entomology**, Oxford, v. 2, n. 4, p. 593-596, 1973.

KESTER, K. M.; BARBOSA, P. Behavioral and ecological constraints imposed by plants on insect parasitoids: Implications for biological control. **Biological Control**, Orlando, v. 1, n. 2, p. 94-106, 1991.

LE REC, A.; WAJNBERG, E. Sensory receptors of the ovipositor of *Trichogramma maidis* (Hym. Trichogrammatidae). **Entomophaga**, Paris, v. 35, p. 293-299, 1990.

LEWIS, W. J.; JONES, R. L.; SPARKS, A. N. A host-seeking stimulant for the egg parasite *Trichogramma evanescens*: its source and a demonstration of its laboratory and field activity. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 65, n. 5, p. 1087-1089, 1972.

LEWIS, W. J. *et al.* Production and performance of *Trichogramma* reared on eggs of *Heliothis zea* and other hosts. **Environmental Entomology**, Oxford, v. 5, n. 3, p. 449-452, 1976.

LEWIS, W. J. *et al.* Kairomones and their use for management of entomophagous insects. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 8, n. 10, p. 1323-1331, 1982.

LEWIS, W. J. *et al.* Variations in parasitoid foraging behavior: essential element of a sound biological control theory. **Environmental Entomology**, Oxford, v. 19, p. 1183-1193, 1990.

- LI, H. *et al.* Construction and analysis of cDNA libraries from the antennae of *Batocera horsfieldii* and expression. Pattern of pupative odorant binding proteins. **Journal of Insect Science**, Annapolis, MD, v. 14, [art.] 57, 2014.
- LIU, J. B. *et al.* Transcriptome characterization and gene expression analysis related to chemoreception in *Trichogramma chilonis* an egg parasitoid. **Gene**, Amsterdam, v. 678, p. 288-301, 2018.
- LORINI, I. **Manejo integrado de pragas de grãos de cereais armazenados**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. 72 p.
- MATHEWS, R. W.; MATTHEWS, J. R. **Insect behavior**. New York: John Wiley, 2010. 514 p.
- MEINERS, T.; PERI, E. Chemical ecology of insect parasitoids: essential elements for developing effective biological control programmes. *In*: WAJNBERG, E.; COLAZZA, S. **Chemical ecology of insects parasitoids**. Chichester: Wiley-Blackwell, 2013. p. 193-224.
- MIDEGA, C. A. O. *et al.* A climate-adapted push-pull system effectively controls fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J E Smith), in maize in East Africa. **Crop Protection**, Guildford, v. 105, p. 10-15, 2018.
- MOLINA, R. M. S. **Bioecologia de duas espécies de *Trichogramma* para o controle de *Ecdytopha aurantiana* (Lima, 1927) (Lepidoptera: Tortricidae) em citros**. 2003. 80 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- MOUTIA, L. A.; CORTOIS, C. M. Parasites of the moth-borers of sugarcane in Mauritius. **Bulletin of Entomological Research**, London, v. 43, n. 2, p. 325-359, 1952.
- MURÚA, G.; VIRLA, E. Population parameters of *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lep.: Noctuidae) fed on corn and two predominant grasses in Tucuman (Argentina). **Acta Zoológica Mexicana**, Xalapa, v. 20, n. 1, p. 199-210, 2004.
- NAGOSHI, R. N.; MEAGHER, R. L. Review of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) genetic complexity and migration. **The Florida Entomologist**, Gainesville, v. 91, n. 4, p. 546-544, 2008.
- PAPAJ, D. R.; LEWIS, A. **Insect learning: ecological and evolutionary perspectives**. New York: Chapman & Hall, 1993. 320 p.
- PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A. O uso de *Trichogramma* no controle de pragas. *In*: NAKANO, O. *et al.* (ed.). **Atualização sobre métodos de controle de pragas**. Piracicaba: FEALQ, 1986. p. 54-75.
- PARRA, J. R. P. Técnicas de criação de *Anagasta kuehniella*, hospedeiro alternativo para a produção de *Trichogramma*. *In*: PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A (ed.).

***Trichogramma* e o controle biológico aplicado.** Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 121-150.

PARREIRA, D. S. *et al.* Bioactivity of ten essential oils on the biological parameters of *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) adults. **Industrial Crops and Products**, Maastricht, v. 127, p. 11-15, 2019.

PASHALIDOU, F. G. *et al.* The use oviposition-induced plant cues by *Trichogramma* egg parasitoides. **Ecological Entomology**, Oxford, v. 35, n. 6, p. 748-753, 2010.

PÍLON, A. M. *et al.* Adaptação da lagarta de soja *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) ao inibidor de protease benzamidina. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 56, n. 6, p. 744-748, 2009.

PINTO, A. S.; PARRA, J. R. P.; OLIVEIRA, H. N. **Guia ilustrado de pragas e insetos benéficos do milho e sorgo.** Ribeirão Preto: A. S. Pinto, 2004. 108 p.

PINTO, J. D.; STOUTHAMER, R. Systematics of the *Trichogrammatidae* with emphasis in *Trichogramma*. In: WAJNBERG, E.; HASSAN, S. A. (ed.). **Biological control with egg parasitoids.** Wallingford: CAB International, 1994. p. 1-36.

PINTO, J. D. A review of the new world genera of *Trichogrammatidae* (Hymenoptera). **Journal of Hymenoptera Research**, Washington, DC, v. 15, p. 38-163, 2006.

PINTO, J. D. Taxonomia de *Trichogramma*. In: PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A. ***Trichogramma* e o controle biológico.** Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 19-40.

PIRES, C. S. *et al.* Ação cairomonial de componentes de feromônio de alarme do percevejo verde pequeno da soja, *Piezodorus guildinii*, sobre o parasitoide de ovos *Telenomus podisi*. Brasília, DF: Embrapa Cenargen, 2001. (Boletim de Pesquisa, n. 19).

PRATISSOLI, D.; PARRA, J. R. P. Seleção de linhagens de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hym.: Trichogrammatidae) para o controle das traças do tomateiro *Tuta absoluta* (Meyrick) e *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 277-282, 2001.

PRATISSOLI, D. *et al.* Biological characteristics of *Trichogramma pretiosum* and *Trichogramma acacioi* (Hym: Trichogrammatidae), parasitoids of the avocado defoliator *Nipteria panacea* (Lep. Geometridae), on eggs of *Anagasta kuehniella* (Lep.: Pyralidae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 48, p. 7-13, 2005.

QUEIROZ, P. R. *et al.* Mitochondrial markers to distinguish *Spodoptera frugiperda* populations associated with corn and cotton crops. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 51, n. 5, p. 692-696, 2016.

QUERINO, R. B.; ZUCCHI, R. A. **Guia de identificação de *Trichogramma* para o Brasil.** Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológicas, 2011.

- REES, D. **Insects of stored grain: a pocket reference**. Collingwood: Csiro Publishing, 2007. 77 p.
- RENOU, M. *et al.* Identification of compounds from the eggs of *Ostrinia nubilalis* and *Mamestra brassicae* having kairomone activity of *Trichogramma brassicae*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 63, n. 3, p. 291-303, 1992.
- SANTIS, F. *et al.* Colleterial glands of *Sesamia nonagrioides* as a source of the host-recognition kairomone for the egg parasitoid *Telenomus busseolae*. **Physiological Entomology**, Oxford, v. 33, p. 7-16, 2006.
- SARAN, P. E. **Manual de identificação das mariposas do sistema agrícola**. São Paulo: Bayer, 2012. 30 p.
- SARMENTO, R. A. *et al.* Revisão da biologia, ocorrência e controle de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera, Noctuidae) em milho no Brasil. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 18, n. 2, p. 41-48, 2002.
- SHU, S. Q.; JONES, R. L. Kinetic effects of a kairomone in moth scales on European corn borer on *Trichogramma nubilale* Ertle & Davis (Hym., Trichogrammatidae). **Journal of Insect Behavior**, New York, v. 2, p. 123-131, 1990.
- SILVA, R. G. *et al.* Identificação dos níveis e fontes de resistência aos enfezamentos do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, p. 18-29, 2002.
- SILVA, A. F. **Seleção, biologia e exigências térmicas de *Trichogramma* sp. criados em ovos de *Diaphania nitidalis* Cramer (Lepidoptera: Pyralidae)**. 2007. 58 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2007.
- SIQUEIRA, J. R. *et al.* Preferência hospedeira do parasitoide de ovos *Trichogramma pretiosum*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 1, p. 1-5. 2012.
- SPODOPTERA frugiperda*. In: BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários. [Base de Dados AGROFIT]. Brasília, DF, 2016. Disponível em: http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 21 dez. 2020.
- STEIN, C. P.; PARRA, J. R. P. Uso da radiação ultra-violeta para inviabilizar ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) visando estudos com *Trichogramma* spp. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 16, p. 163-169, 1987.
- STRAND, M. R.; VINSON, S. B. Analysis of an egg recognition kairomone of *Telenomus heliothisdis* (Hymenoptera: Scelionidae). Isolation and host function. **Journal of Chemical Education**, Easton, v. 9, p. 423-432, 1983.
- TAVARES, J.; VIEIRA, V. Produção em massa de *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). IV. Técnicas de recolha dos adultos e ovos. **Açoreana: Revista de Estudos Açoreanos**, [S. Miguel, Açores], v. 7, n. 3, p. 461-470, 1992.

TECHNAU, G. M. Fiber number in the mushroom bodies of adult *Drosophila melanogaster* depends on age, sex and experience. **Journal of Neurogenetics**, London, v. 21, p. 183-196, 1984.

TOGNON, R.; SANT'ANA, J.; JAHNKE, S. M. Aprendizagem e memória de *Telenomus podisi* (Hymenoptera, Platygasteridae). **Iheringia Série Zoologia**, Porto Alegre, v. 103, n. 3, p. 266-271, 2013.

URRETABIZKAYA, N.; VASICEK, A.; SAINI, E. **Insectos perjudiciales de importancia agronómica. I. Lepidópteros**. Buenos Aires: INTA, 2010. 77 p.

VALICENTE, F. H. **Manejo integrado de pragas na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. (Circular técnica, 208).

VARGAS, C. C. *et al.* Influência da idade do hospedeiro e da aprendizagem no comportamento quimiotático e no parasitismo de *Trichogramma pretiosum*. **Iheringia, Série Zoologia**, Porto Alegre, v. 107, [art.] e2017015, [p. 1-7], 2017.

VET, L. E. M.; SCHOOLMAN, G. The influence of previous foraging experience on 496 microhabitat acceptance in *Leptopilina heterotoma*. **Journal of Insect Behavior**, New York, v. 1, n. 4, p. 387-392, 1988.

VET, L. E. M. Host habitat location through olfactory cues by *Leptopilina clavipes* (Harting) (Hymenoptera: Eucoilidae), a parasitoid of fungicorous *Drosophila*: the influence of conditioning. **Netherlands Journal of Zoology**, Amsterdam, v. 33, p. 225-248, 1983.

VET, L. M. E.; GRENEWOLD, A. W. Semiochemicals and learning in parasitoids. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 16, n. 11, p. 3119-3135, 1990.

VINSON, S. B. Comportamento de seleção hospedeira de parasitoides de ovos com ênfase na família Trichogrammatidae. *In*: PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A. (ed.). **Trichogramma e o controle biológico aplicado**. Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 67-120.

VINSON, S. B. The general host selection behavior of parasitoid Hymenoptera and a comparison of initial strategies utilized by larvaphagous and oophagous species. **Biological Control**, Orlando, v. 11, n. 2, p. 79-96, 1998.

VOLKOFF, A. N. *et al.* Development of *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hymenoptera: Trichogrammatidae): timetable and evidence for a single larval instar. **International Journal of Insect Morphology and Embryology**, Oxford, v. 24, n. 4, p. 459-466, 1995.

VOLPE, H. X. L. *et al.* Avaliação de características biológicas de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em três hospedeiros. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 73, n. 3, p. 311-315, 2006.

WANG, S. *et al.* Identification of odorant-binding proteins and functional analysis of antenna-specific AplaOBP1 in the emerald ash borer, *Agrilus planipennis*. **Journal of Pest Science**, London, v. 93, p. 853-865, 2020.

WITTING, B. E.; ORR, D. B.; LINKER, H. M. Attraction of insect natural enemies to habitat plantings in North Carolina. **Journal of Entomological Science**, Tifton, v. 42, n. 4, p. 439-456, 2007.

YONG, T. H. *et al.* Odor specific testing in the assessment of efficacy and non-target risk for *Trichogramma ostrinia* (Hymenoptera: *Trichogrammatidae*). **Biocontrol Science and Technology**, Oxford, v. 17, n. 2, p. 135-153, 2007.

ZUCCHI, R. A.; MONTEIRO, R. C. O gênero *Trichogramma* na América do Sul. *In*: PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A. (ed.). ***Trichogramma e o controle biológico aplicado***. Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 41-66.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo constatou-se a atratividade de *Trichogramma pretiosum* por ovos, extratos de ovos, escamas e compostos sintéticos provenientes de *Anagasta kuehniella* e/ou *Spodoptera frugiperda*. Também foi observado que o hospedeiro de origem influencia diretamente na resposta quimiotáxica e na escolha durante o forrageamento e parasitismo. Os dados obtidos apontam que o comportamento do inseto pode ser modificado através da experiência prévia à voláteis relacionados a um novo hospedeiro.

Poucos são os estudos que avaliam a relação entre quimiotaxia, parasitismo, experiência e aprendizagem no comportamento de parasitoides. Neste sentido, este estudo abre novas oportunidades para o uso destas ferramentas na manipulação de insetos com potencial para o controle biológico aplicado. Em criações massais, a utilização de extratos de diferentes hospedeiros pode se tornar uma ferramenta para incrementar a eficiência de busca e parasitismo de espécies em campo. A manipulação quimiotáxica de parasitoides, permite que estes sejam liberados no ambiente agrícola e direcionados ao encontro da praga alvo de interesse, para controlá-la. Além disso, o uso de cairomônios no campo pode aumentar a presença de parasitoides sendo aplicável no controle biológico conservativo.

O conhecimento do comportamento de espécies parasitoides durante a busca hospedeira, pode ser a utilizada como uma das ferramentas para aumentar a eficiência

do controle biológico em campo. Entretanto, é necessária cautela e uma análise criteriosa do comportamento de cada espécie manipulada e suas interações com o ambiente. Além disso, são necessários estudos que mostrem quais os resultados da manipulação comportamental de parasitoides em campo, onde a diversidade química provenientes de plantas e de outras espécies de insetos é maior e pode impactar na quimiotaxia dos parasitoides. Os resultados deste trabalho têm caráter inovador e geram subsídios para que a manipulação de parasitoides seja testada em liberações a campo.