

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**ECOLOGIA QUÍMICA NO CONTROLE BIOLÓGICO DE
FITÓFAGOS E RESPECTIVOS PREDADORES E
PARASITOIDES**

Diego Felisbino Fraga

Engenheiro Agrônomo

2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**ECOLOGIA QUÍMICA NO CONTROLE BIOLÓGICO DE
FITÓFAGOS E RESPECTIVOS PREDADORES E
PARASITOIDES**

Diego Felisbino Fraga

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Busoli

Coorientador: Prof. Dr. Cesar Rodriguez-Saona

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Entomologia Agrícola).

2016

F811e Fraga, Diego Felisbino
Ecologia química no controle biológico de fitófagos e respectivos predadores e parasitoides / Diego Felisbino Fraga. – – Jaboticabal, 2016
vii, 98 f. : il. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2016
Orientador: Antonio Carlos Busoli
Co-Orientador: Cesar Rodriguez-Saona
Banca examinadora: Arlindo Leal Boiça Júnior, Nilza Maria Martinelli, José Maurício Simões Bento, Marcos Doniseti Michelotto
Bibliografia

1. Comportamento. 2. Inimigos naturais. 3. Semioquímicos I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 595.7:631.95

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.
E-mail: diegoffraga@gmail.com



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: ECOLOGIA QUÍMICA NO CONTROLE BIOLÓGICO DE FITÓFAGOS E RESPECTIVOS PREDADORES E PARASITOIDES.

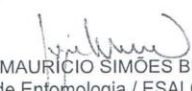
AUTOR: DIEGO FELISBINO FRAGA

ORIENTADOR: ANTONIO CARLOS BUSOLI

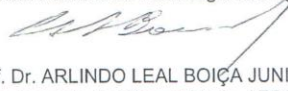
COORIENTADOR: CESAR RODRIGUEZ-SAONA

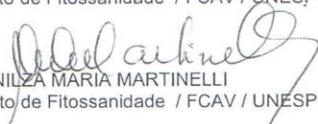
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA (ENTOMOLOGIA AGRÍCOLA), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. ANTONIO CARLOS BUSOLI
Departamento de Fitossanidade / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Prof. Dr. JOSÉ MAURÍCIO SIMÕES BENTO
Departamento de Entomologia / ESALQ - USP - Piracicaba/SP


Prof. Assistente Doutor MARCOS DONISETI MICHELOTTO
Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios / APTA - Pindorama/SP


Prof. Dr. ARLINDO LEAL BOIÇA JUNIOR
Departamento de Fitossanidade / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Profa. Dra. NILZA MARIA MARTINELLI
Departamento de Fitossanidade / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 22 de fevereiro de 2016

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

DIEGO FELISBINO FRAGA – Filho de Eusímio Felisbino Fraga (*in memoriam*) e Irani Lucindo da Cruz Fraga, natural de Guaíra, SP, nascido no dia 12 de dezembro de 1987. Possui formação em Agronomia pelas Faculdades Associadas de Uberaba (FAZU) no ano de 2009 e formação em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM) em 2008, ambas na cidade de Uberaba (MG). Em 2011 concluiu curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Gestão Ambiental pela Universidade de Uberaba (Uniube). No ano de 2012 obteve o título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração em Entomologia Agrícola, pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV) – UNESP – Câmpus de Jaboticabal, SP. No mesmo ano iniciou curso de Doutorado em Agronomia, Área de Concentração em Entomologia Agrícola, pela mesma instituição. No ano de 2014, por nove meses, realizou Doutorado Sanduíche na Rutgers University, em New Jersey, nos Estados Unidos da América.

E-mail: diegoffraga@gmail.com

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original.”

Albert Einstein

Dedico

Aos meus pais Eusímio Felisbino Fraga (*in memorian*) e Irani Lucindo da Cruz Fraga pelo incentivo, carinho e amor incondicional.

Ao meu irmão Eusímio Felisbino Fraga Júnior, por ser exemplo, modelo e esteio.

Homenageio

À todos os educadores que participaram diretamente da minha formação moral, intelectual e profissional, de modo que o mestre é a agulha que direciona o caminho e o aluno é a linha responsável por construir a malha do conhecimento.

Ofereço

Aos meus familiares, por me ensinarem o que é amor, respeito, compreensão e tolerância.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela proteção e por iluminar meu caminho para a realização deste trabalho.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, através do Departamento de Fitossanidade e do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Entomologia Agrícola), pela oportunidade concedida para a realização do Curso de Doutorado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa para a realização de doutorado sanduíche, pelo Programa de Doutorado Sanduíche no Exterior (PDSE).

Ao Prof. Dr. Antonio Carlos Busoli pela orientação, pelos conhecimentos fornecidos e incessante contribuição na condução, desenvolvimento e finalização deste trabalho dispensados durante todo o tempo. Além disso, pela amizade, companheirismo e paciência ao longo de todos os meus anos enquanto aluno da Pós-Graduação.

Ao Prof. Dr. Cesar Rodriguez-Saona por todos os ensinamentos e oportunidades, pela confiança e credibilidade que depositou no meu trabalho durante o período em que o visitei na Rutgers University, em New Jersey, EUA. Agradeço ainda por me receber em sua casa, ter se tornado um estimado amigo que me orienta para me tornar não somente um melhor profissional, mas um ser humano melhor.

Aos professores do curso de Pós-graduação em Entomologia Agrícola, pelos conhecimentos transmitidos dentro e fora da sala de aula.

Ao Técnico Agrícola Alex Ribeiro, pela amizade e auxílio na preparação e implantação de experimentos presentes nesta Tese.

Aos funcionários e amigos do Departamento de Fitossanidade José Altamiro de Souza, Lígia Dias Tostes Fiorezzi, Celso de Deus Sant'Anna, Roseli Pessoa e Zulene Ribeiro.

À bibliotecária Tiêko Sugahara, da FCAV/UNESP – Jaboticabal, pelo auxílio na correção das referências bibliográficas.

Aos amigos do Laboratório de Manejo Integrado de Pragas da UNESP/FCAV Leandro Aparecido de Souza, Daniela de Lima Viana, Leticia Serpa dos Santos, Jacob Crosariol Netto, Oniel Jeremías Aguirre-Gil, José Fernando Jurca Grigolli, Marina Funichello, Lumey Perez Artilles, João Rafael de Conte Carvalho de Alencar, Juliana Nais, Isa Marcela Braga e Elias Almeida Silva pela amizade, respeito e compromisso durante esses anos de convivência.

Aos meus queridos amigos Diego Olympio Peixoto Lopes e Luan Alberto Odorizzi dos Santos pela sinceridade, pelo respeito, pela disponibilidade e pelo carinho que sempre se dispuseram a me ajudar quando mais precisei.

Aos estimados estagiários do Laboratório de Manejo Integrado de Pragas Orranes Gonçalves, Natalia Vinasco Arias, Dario Pimenta, Viviane Cabrera, Ludmila Freitas de Queiroz, Igor Henrique, Marcelo Odorizzi de Campos e Samia Cristina Couto pelo auxílio na coleta e análise de dados.

Aos amigos do Blue-Cran-Ent Lab Rob Holdcraft, Vera Kyryczenko-Roth, Elvira de Lange, Kris Dahl, Charles Corris, Andrew Lux, Gabrielle Pintauro, Mara Schiffhauer, Caryn Mitchel, Noel Hahn, Manoel Chacón-Fuentes e Jordano Salamanca Bastidas por todo o apoio e bons momentos que passamos juntos, no campo e fora dele.

Aos amigos do curso de Pós-graduação (Entomologia Agrícola), Marília Lara Peixoto, Laís da Conceição dos Santos, Mirian Maristela Kubota Grigolli, Samuel Carvalho, Juliana Barroso, Luciano Nogueira, Jeruska Brenha, Marina Aparecida Viana de Alencar, Bruno Henrique Sardinha de Souza, Diandro Ricardo Barilli, Tatiana de Oliveira Ramos, pela amizade, companheirismo em atividades inerentes ao curso ou não.

A todos que direta ou indiretamente colaboraram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	iii
SUMMARY.....	v
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Controle Biológico de Pragas.....	4
2.2. Controle Biológico Natural ou Conservativo.....	5
2.3. Insetos parasitoides no Controle Biológico de Pragas.....	6
2.3.1. O gênero <i>Trichogramma</i> no Controle Biológico de Pragas em agroecossistemas.....	6
2.4. Insetos predadores no Controle Biológico de Pragas.....	9
2.4.1. Utilização de <i>Orius insidiosus</i> no Controle Biológico de Pragas em agroecossistemas.....	10
2.5. Interações tritróficas e a função e a função de compostos voláteis em agroecossistemas.....	11
2.5.1. Características das plantas que afetam as interações entre inimigos naturais e suas presas.....	12
2.5.2. Utilização de compostos voláteis no Controle Biológico de Pragas.....	15
3. REFERÊNCIAS.....	17
CAPÍTULO 2 – DINÂMICA POPULACIONAL, DISTRIBUIÇÃO VERTICAL E PARASITISMO NATURAL DE OVOS DE <i>Chrysodeixis includens</i> POR <i>Trichogramma pretiosum</i> NA CULTURA DA SOJA.....	31
RESUMO.....	31
1. INTRODUÇÃO.....	32
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	34
2.1. Descrição das condições experimentais.....	34
2.2. Amostragem.....	34
2.3. Identificação de espécies de <i>Trichogramma</i>	35
2.4. Delineamento experimental e análise dos dados.....	36
2.4.1. Dinâmica populacional.....	36
2.4.2. Distribuição vertical.....	37
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
3.1. Parasitoides emergidos de ovos de <i>Chrysodeixis includens</i>	38
3.2. Dinâmica populacional de ovos de <i>C. includens</i> e de ovos	

parasitados por <i>T. pretiosum</i>	38
3.3. Adultos de <i>T. pretiosum</i> emergidos por ovo de <i>C. includens</i> e razão sexual.....	41
3.4. Distribuição vertical de ovos de <i>C. includens</i> e de ovos parasitados por <i>T. pretiosum</i>	45
4. CONCLUSÕES.....	59
5. REFERÊNCIAS.....	60
CAPÍTULO 3 – RESPOSTAS COMPORTAMENTAIS DO PERCEVEJO PIRATA <i>Orius insidiosus</i> PARA TRIDECANO, UM VOLÁTIL ASSOCIADO A <i>Halyomorpha halys</i>.....	67
RESUMO.....	67
1. INTRODUÇÃO.....	68
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	70
2.1. Obtenção de insetos para uso nos experimentos.....	70
2.2. Plantas utilizadas nos experimentos.....	71
2.3. Experimento em casa-de-vegetação I.....	71
2.4. Coleta e análise de voláteis.....	73
2.5. Experimento em casa-de-vegetação II.....	74
2.6. Experimentos com olfatômetro.....	75
2.7. Experimentos em campo.....	76
2.8. Análises Estatísticas.....	77
3. RESULTADOS.....	78
3.1. Atratividade de <i>O. insidiosus</i> para vagens de feijoeiro danificadas por <i>H. halys</i> e os efeitos sobre a predação de ovos de <i>O. nubilalis</i>	78
3.2. Coleta e análise de voláteis.....	80
3.3. Respostas de <i>O. insidiosus</i> para diferentes concentrações de tridecano.....	81
3.4. Resposta olfativa de fêmeas e machos de <i>O. insidiosus</i> para tridecano em olfatômetro.....	82
3.5. Atratividade e predação de ovos de <i>O. nubilalis</i> por <i>O. insidiosus</i> em girassol, pêssego e mirtilo.....	84
4. DISCUSSÃO.....	87
5. CONCLUSÕES.....	91
6. REFERÊNCIAS.....	92
CAPÍTULO 4 – IMPLICAÇÕES FINAIS.....	98

ECOLOGIA QUÍMICA NO CONTROLE BIOLÓGICO DE FITÓFAGOS E RESPECTIVOS PREDADORES E PARASITOIDES

RESUMO – O Controle Biológico Natural, ou Conservativo, é uma ferramenta indispensável para o sucesso do Manejo Integrado de Pragas, pois permite uma interação entre os componentes do ambiente, o que o coloca na linha de frente das táticas e estratégias de manejo de pragas em agroecossistemas. Basicamente, esta interação, denominada interação tritrófica, envolve as plantas, os organismos fitófagos e seus inimigos naturais. Neste contexto, diversos fatores são importantes para o controle biológico, tais como condições abióticas e bióticas, destacando-se características das plantas (compostos metabólitos secundários e arquitetura, por exemplo) e potenciais presas/hospedeiros (semioquímicos, etc.). Inimigos naturais podem utilizar estes recursos durante o seu processo de busca e localização do hospedeiro, de modo que o conhecimento sobre o comportamento de inimigos naturais em função da fenologia e arquitetura das plantas, bem como sobre o potencial de voláteis emitidos por plantas e presas é fundamental para um programa de manejo integrado de pragas. Desta forma, o presente trabalho teve por objetivos: a) avaliar a dinâmica populacional e a distribuição vertical de ovos de *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) e de seus ovos parasitados por *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) na cultura da soja; b) determinar a resposta comportamental do percevejo predador *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) para voláteis associados à *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). Sendo assim, em Jaboticabal, SP, Brasil, durante as safras agrícolas de 2012/13 e 2013/14, foram realizadas coletas de ovos de *C. includens* presentes em diferentes terços das plantas de soja, durante diferentes estádios fenológicos da cultura. Semanalmente, o número de ovos presentes nas plantas foi anotado e os mesmos eram coletados e levados para laboratório para aguardar a emergência de lagartas ou de adultos de *Trichogramma* spp. O número de adultos do parasitoide emergido por ovo era registrado, bem como a razão sexual. Os adultos foram identificados ao nível específico, encontrando-se a espécie *Trichogramma pretiosum* presente na cultura da soja. Fêmeas de *C. includens* preferiram ovipositar com mais intensidade nos terços médio e inferior das plantas, principalmente durante os estádios reprodutivos da cultura. O parasitismo de ovos por *T. pretiosum* apresentou uma tendência semelhante, em que a medida que se aumentou a densidade de ovos de *C. includens* nas plantas, também elevou-se o número médio de ovos parasitados, indicando uma forte correlação positiva entre a praga e o inimigo natural. Para atingir o segundo objetivo desta tese, e fornecer alternativas para o controle biológico de *H. halys*, um pentatomídeo invasor nos EUA, foram conduzidos experimentos para testar a atratividade de *O. insidiosus* para voláteis emitidos pela presa e por plantas de feijoeiro atacadas por ela. Foram conduzidos experimentos em casa-de-vegetação, laboratório e em campo, em que foi identificado altas concentrações do composto tridecano. Foi avaliado a atratividade de *O. insidiosus* para diferentes concentrações deste composto, bem como os efeitos desta atração na predação de ovos. Foi observado que *O. insidiosus* é atraído por tridecano, no entanto, esta atração não afeta a predação de ovos, em casa de vegetação e no campo.

Palavras-chave: Comportamento de insetos, distribuição vertical, *Halyomorpha halys*, interações tritróficas, *Orius insidiosus*, *Trichogramma pretiosum*, semioquímicos

CHEMICAL ECOLOGY ON THE BIOLOGICAL CONTROL OF PHYTOPHAGOUS INSECTS AND ITS PREDATORS AND PARASITOIDS

ABSTRACT – Natural ou Conservative Biological Control is a valuable tool for the success of Integrated Pest Management as it allows a natural interaction between the components of the environment, which places it at the forefront of the tactics and pest management strategies in agroecosystems. This interaction, so-called tritrophic interaction, involves plants, phytophagous organisms and their natural enemies. In this context several factors are important for biological control, such as biotic and abiotic conditions, highlighting plant characteristics (secondary metabolites compounds and plant architecture, for example) and possible prey/hosts (semiochemicals, etc.). Natural enemies can use this information during the its host foraging behavior, so the knowledge of the behavior of natural enemies according to the phenology and plant architecture as well as potential volatiles emitted by prey plants and potential is key for an integrated pest management program. Thus, this study aimed to: a) assess the population dynamics and vertical distribution of natural biological control of *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs by *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in soybean field; b) determine the behavioral response of the predator *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) for volatile associated with *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae). Thus, in Jaboticabal, SP, Brazil, during the growing seasons of 2012/2013 and 2013/2014, samples were taken from *C. includens* eggs present on different thirds of soybean plants during different phenological stages of the crop. Weekly, number of eggs present in plants was recorded and the eggs were collected and taken to the laboratory to await the emergence of larvae or adult *Trichogramma* spp. The number of adult *Trichogramma* spp. emerged per egg was noted, as was the sex ratio. The adults were identified to species level, finding *Trichogramma pretiosum* as the main species present in soybeans. Females of *C. includens* intensively preferred to lay eggs in the middle and lower thirds of the plants, especially during the reproductive stages of soybean plants. Egg parasitism by *T. pretiosum* presented a similar tendency, which as the *C. includens* eggs density increased in plants, also increased the average number of parasitized eggs, indicating a strong positive correlation between the pest and the natural enemy. To achieve the second objective of this thesis, and provide alternatives for the biological control of *H. halys* (an invasive pentatomid in the US). experiments were conducted to test the attractiveness of *O. insidiosus* to volatiles emitted by the prey and bean plants attacked by it. Experiments were conducted under greenhouse, laboratory and field conditions. It was identified that tridecane was the major compound in damage-bean pods as well as on *H. halys*. The attractiveness of *O. insidiosus* was evaluated for different concentrations of this compound as well as the effects of this attraction as predators of eggs. It was observed that *O. insidiosus* is attracted to tridecane, however, this attraction not positively affected the predation of eggs in the greenhouse and in the field.

Keywords: Insect behavior, within-plant distribution, *Halyomorpha halys*, tritrophic interactions, *Orius insidiosus*, *Trichogramma pretiosum*, semiochemicals

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. Introdução

O Controle Biológico de Pragas pode ser definido como a regulação populacional de insetos-praga por meio da ação de inimigos naturais, consistindo, assim, em uma importante ferramenta para a tomada de decisão em um programa de Manejo Integrado de Pragas (MIP) (AGUIAR-MENEZES, 2003; BUSOLI et al., 2015). Dentre as distintas modalidades de Controle Biológico, o Natural se destaca por corresponder à aquele que ocorre naturalmente em diferentes agroecossistemas. De acordo com Bueno et al. (2012), este tipo de controle biológico é observado sempre que o ambiente não é impactado por práticas culturais errôneas. Sendo assim, práticas agrícolas, tais como o uso de inseticidas seletivos ou estratégias para a manutenção de inimigos naturais nas áreas, como o uso de iscas atrativas, irão favorecer a ação destes agentes de controle biológico (EILENBERG; HAJEK; LOMER, 2001; JONSSON et al., 2008).

Os inimigos naturais utilizados em programas de controle biológico correspondem a um grupo diverso de organismos, presentes em variadas classes de organismos, incluindo os organismos predadores, parasitoides e os microorganismos entomopatogênicos (PARRA et al., 2002; COSTA; BERTI FILHO; SATO, 2006).

O sucesso de um agente de controle biológico pode ser influenciado por diversos fatores abióticos e bióticos, envolvendo condições do clima (temperatura, umidade, insolação etc.), características da planta (idade, recurso alimentar, infoquímicos etc.) e de seus hospedeiros (disponibilidade, abundância, diversidade etc.). Estes fatores podem influenciar a capacidade adaptativa dos inimigos naturais em superar condições adversas em razão do sucesso na busca por recursos para alimentação e/ou oviposição (VET; DICKE, 1992; van LENTEREN, 2012).

Como característica adaptativa dos inimigos naturais, destaca-se a habilidade de detectar 'sinais' emitidos por suas presas/hospedeiros ou pelas plantas danificadas (NINKOVIC et al., 2001; DE BOER; DICKE, 2004; van DEN

BOOM et al., 2004; ZHU; PARK, 2005). Plantas, por exemplo, quando danificadas por fitófagos, iniciam a produção e emissão de compostos metabólicos secundários que se distinguem em quantidade e constituição daqueles emitidos por plantas não danificadas (McCORMICK; UNSICKER; GERSHENZON, 2012).

Desta forma, é notável nas últimas décadas o avanço nos estudos de interações tritróficas entre as plantas, seus herbívoros e os inimigos naturais (DICKE; SABELIS, 1988; RODRIGUEZ-SAONA et al., 2011), de modo que o sucesso dos agentes benéficos em localizar e reconhecer suas presas tem sido atribuído aos compostos voláteis de plantas e/ou suas presas e hospedeiros (VET; DICKE, 1992; DICKE; van LOON, 2000; RODRIGUEZ-SAONA, 2012).

Inimigos naturais utilizam estes sinais químicos como uma fonte confiável para localizar o habitat do seu hospedeiro e, em seguida, encontrar o seu hospedeiro propriamente dito (PRICE et al., 1980; TURLINGS et al., 1991). A sofisticada utilização dessas substâncias químicas faz parte da estratégia adotada por esses organismos para obter de modo eficiente acesso ao alimento, ambiente para acasalamento e lugar seguro para a sua prole (SCHOONHOVEN; van LOON; DICKE, 2005).

Neste contexto, a ocorrência do parasitoide de ovos de lepidópteros-praga *Trichogramma* spp. tem sido relatada na cultura da soja (*Glycine max* L.) (ZACHRISSON; PARRA, 1998; FOERSTER; MARCHIORO; FOERSTER, 2015). No entanto, raras são as informações sobre a ação destes parasitoides sobre ovos de *Chrysodeixis includens* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae) em campo. Além disso, analisar o comportamento de parasitismo destes parasitoides em diferentes partes (terços) das plantas, bem como em diferentes estágios fenológicos da cultura, é fundamental para a adoção de práticas de manejo que favoreçam a permanência destes inimigos naturais no campo (FERNANDES et al., 2006; BUSOLI et al., 2011).

Uma alternativa para a manutenção de inimigos naturais em agroecossistemas será apresentada no terceiro capítulo, em um trabalho visando a utilização de um volátil emitido pelo fitófago *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) (Hemiptera: Pentatomidae), praga invasora nos Estados Unidos da

América, para a atração do percevejo predador *Orius insidiosus* (Say, 1832) (Hemiptera: Anthocoridae).

Sendo assim, os objetivos do presente trabalho foram: a) determinar a dinâmica populacional e distribuição vertical de ovos de *C. includens*, bem como o correspondente parasitismo natural por *Trichogramma pretiosum* Riley 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) na cultura da soja; e b) avaliar a resposta comportamental de *O. insidiosus* a tridecano, um composto volátil emitido por *H. halys* e/ou vagens de feijoeiro danificadas pelo fitófago, em experimentos conduzidos em laboratório, casa-de-vegetação e em campo.

2. Revisão bibliográfica

2.1. Controle Biológico de Pragas

O controle biológico de pragas consiste na regulação da população destes indivíduos por meio da ação de inimigos naturais, com o objetivo de manter tais populações sob níveis toleráveis, ou seja, abaixo do nível de controle. Em um programa de MIP, é imprescindível a adoção de táticas complementares ou compatíveis entre si para o controle de pragas, visando a sustentabilidade dos agroecossistemas (KOGAN, 1988; PARRA et al., 2002; BUSOLI et al., 2013).

O controle biológico, ou o uso e/ou manipulação de inimigos naturais para controlar organismos prejudiciais, é uma alternativa à utilização de pesticidas para o controle de insetos-praga (DeBACH; ROSEN, 1991; van DRIESCHE; BELLOWS, 1996).

De acordo com Price et al. (2011), existem três abordagens distintas para o Controle Biológico de pragas, a seguir: a) No Controle Biológico Clássico, os inimigos naturais de uma praga introduzida são selecionados, introduzidos e liberados na área de ocorrência. Neste modelo, espera-se que o inimigo natural introduzido se estabeleça na área a fim de regular as populações da praga. b) Em relação ao Controle Biológico Aumentativo ou Aplicado, o objetivo é elevar a população de um inimigo natural (nativo ou introduzido) a níveis necessários para a sucesso no controle da praga-alvo. E a estratégia final, c) o Controle Biológico Natural ou Conservativo, envolve a manipulação do ambiente para criar condições favoráveis para o estabelecimento dos inimigos naturais em agroecossistemas mais hospitaleiros para os inimigos naturais, seja através da remoção de fatores adversos ou do fornecimento de requisitos para os inimigos naturais (BARBOSA, 1998).

Os estudos apresentados neste trabalho envolvem este último tipo, apresentando resultados sobre o Controle Biológico Natural de ovos de lepidópteros-praga e a manipulação do ambiente para favorecer inimigos naturais de um percevejo fitófago.

2.2. Controle Biológico Natural ou Conservativo

Todos os insetos, nas diversas fases de desenvolvimento, são atacados por inimigos naturais, independentes de quaisquer liberações ou interferências realizadas pelo homem (ALTIERI, 1999; BERTI FILHO; CIOCIOLA, 2002). De modo geral, o objetivo do controle biológico é induzir uma cascata trófica, ou seja, as pragas serão suprimidas por um complexo de inimigos naturais e a produtividade da cultura em questão seria favorecida (PRICE et al., 2011).

Em agroecossistemas, tal controle natural não é suficiente para suprimir as espécies-praga, pois são ambientes muito simples e de pouca diversidade de espécies vegetais e animais (HODLEE; van DRIESCHE, 2009). Entretanto, a base do Controle Biológico Natural ou Conservativo consiste na manutenção dos inimigos naturais que já estão presentes nas áreas (LANDIS et al., 2000).

A adoção deste método de controle biológico pode contribuir para a realização de práticas mais seguras e eficazes no manejo de pragas. No entanto, exige conhecimento da ecologia dos inimigos naturais envolvidos no agroecossistema. Tal método de controle possui várias vantagens, tais como a praticidade na utilização por parte de produtores, em contraste com o Controle Biológico Clássico, além de ser uma alternativa viável para o manejo de pragas em cultivos sustentáveis, como orgânicos, por exemplo (JONSSON et al., 2008).

Estudos recentes tem focado na manipulação de habitats, de modo a promover a supressão de pragas através desta manutenção dos inimigos naturais (THIES; TSCHARNTKE, 1999; LANDIS et al., 2000; JAMES, 2005; TSCHARNTKE et al., 2007). Além da manipulação dos habitats, o conhecimento dos padrões temporais e espaciais da cultura pode determinar quais recursos estão disponíveis ou ausentes para os inimigos naturais, e assim, fornecer valiosa consideração sobre quais medidas conservativas poderão ser adotadas. No entanto, os recursos necessários irão variar de acordo com os inimigos naturais presentes no agroecossistema (BARBOSA, 1998). De modo geral, os insetos predadores e parasitoides se destacam como os principais grupos de artrópodes responsáveis pelo Controle Biológico

Natural, contribuindo para a supressão de insetos-praga (PARRA et al., 2002; PINTO et al., 2006).

2.3. Insetos parasitoides no Controle Biológico de Pragas

Insetos parasitoides são organismos cujas larvas se desenvolvem através da alimentação dentro ou sobre um hospedeiro, e causa a morte como resultado direto ou indireto do seu desenvolvimento (GAULD; BOLTON, 1988; EGGLETON; GASTON, 1990).

Estima-se que haja cerca de 200.000 espécies de parasitoides na natureza, sendo que as Ordens Hymenoptera e Diptera são as mais numerosas (COSTA; BERTI FILHO; SATO, 2006). De fato, os himenópteros parasitoides são os inimigos naturais com maior número de introduções para o controle de insetos-praga (BERTI FILHO; CIOCIOLA et al., 2002). No geral, são relatadas cerca de 15 Famílias de himenópteros que parasitam ovos de insetos, sendo que muitos são considerados potenciais agentes de controle biológico, com destaque para as famílias Aphelinidae, Encyrtidae, Eulophidae, Eupelmidae, Mymaridae, Platygasteridae, Pteromalidae, Scelionidae, Tetracampidae e Trichogrammatidae (BIN, 1994).

2.3.1. O gênero *Trichogramma* no Controle Biológico de Pragas em agroecossistemas

Grande parte dos estudos relacionados ao uso de parasitoides de ovos para o controle biológico de lepidópteros-praga no mundo envolvem espécies do gênero *Trichogramma*. Algumas características, como o curto tempo de duração de seu desenvolvimento e facilidade em estabelecer criações massais contribuíram para este fato (LI, 1994; BOTELHO, 1997; MILLS, 2010). Além disso, a importância deste grupo se dá principalmente ao controle efetivo de seu hospedeiro na sua fase inicial, ou seja, antes da ocorrência de possíveis danos, se tornando uma ferramenta importante em um programa de Manejo Integrado de Pragas (HASSAN, 1994).

No Brasil, estudos com *Trichogramma* spp. começaram na década de 1940 para controle de *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée, 1854) (Lepidoptera: Pyralidae) em tomateiro. A partir daí, desenvolveram-se muitas pesquisas na área de controle biológico, motivado principalmente pelas informações geradas em trabalhos envolvendo diferentes espécies do parasitoide e também pela exigência do mercado por produtos livres de resíduos de agrotóxicos (THULER, 2006).

No geral, os insetos pertencentes à este grupo são pequenos, com 0,2 a 1,5 mm de comprimento, e se desenvolvem no interior dos ovos do hospedeiro (PARRA; ZUCCHI, 1997). Preferencialmente parasitam ovos recém-ovipositados (VINSON, 1997) e, após o parasitismo, o ovo torna-se escuro quando a larva do parasitoide atinge o terceiro ínstar, devido à deposição de grânulos pretos na parte interna do córion, conhecidos por sais de urato (CÔNSOLI et al., 1999).

De acordo com PINTO (2006), o gênero *Trichogramma* compreende cerca de 180 espécies reconhecidas que ocorrem em diversos agroecossistemas do mundo, e sua extensa utilização deve-se ao fato de que esse microhimenóptero foi relatado parasitando mais de 200 espécies, pertencentes a 70 famílias de 8 ordens de insetos (MORRISON, 1985; PRATISSOLI; PARRA, 2001; JALALI, 2013), em mais de 30 países e contra pragas-chave de 34 culturas (van LENTEREN; BUENO, 2003).

São conhecidas 41 espécies de *Trichogramma* distribuídas na América do Sul, sendo que deste total, 26 ocorrem no Brasil em ambientes agrícolas, florestais e reservas naturais. A maioria destas espécies estão relacionadas a estudos e levantamentos voltados ao estabelecimento de programas de controle biológico, destacando-se por exemplo, *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879, frequentemente associado à agroecossistemas, com mais de 240 registros de ocorrência (PINTO, 1999; ZUCCHI; QUERINO; MONTEIRO, 2010).

Trichogramma pretiosum é bastante comum em ambientes agrícolas, sendo encontrada em diversas regiões do País, ressaltando-se o parasitismo natural em ovos de lepidópteros-pragas em campos de soja, milho, algodão etc (FERNANDES; BUSOLI; DEGRANDE, 1999; COSTA et al., 2011). De fato,

este parasitoide de ovos foi encontrado naturalmente parasitando ovos de *Heliothis virescens* (Fabricius, 1781), em Jaboticabal, SP, chegando a parasitar até 65% dos ovos encontrados durante o período de florescimento e frutificação das plantas de algodoeiro, momento este em que há uma maior quantidade de ovos da praga por planta (FRAGA, 2012). Na região de Dourados (MS), Fernandes; Busoli; Degrande (1999) chegaram a conclusões semelhantes, de modo que, a partir do momento que havia maior quantidade de ovos do hospedeiro, aumentavam-se os níveis de parasitismo de ovos da praga, atingindo níveis de 80 a 90% de ovos parasitados, com emergência de até sete adultos de *T. pretiosum* por ovo.

A ocorrência de espécies de *Trichogramma* é evidentemente associável com espécies de lepidópteros-praga de importância agrícola, principalmente devido a grande parte dos levantamentos ocorrerem em ambientes agrícolas (ZUCCHI; QUERINO; MONTEIRO, 2010). Há uma alta diversidade de espécies de *Trichogramma* que parasitam ovos de pragas de interesse econômico, tais como *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Eribidae), *Alabama argillacea* (Hübner, 1823), *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850), *H. virescens* e *Spodoptera* spp (Lepidoptera: Noctuidae) (COSTA et al., 2011; FERNANDES; BUSOLI; DEGRANDE, 1999; BUENO et al., 2012; FOERSTER; MARCHIORO; FOERSTER, 2015).

No entanto, são necessárias informações mais detalhadas sobre a ocorrência e o comportamento deste grupo de parasitoides em outras espécies de importância agrícola. Por exemplo, na cultura da soja poucos são os estudos sobre a ocorrência e o comportamento de *Trichogramma* spp. sobre os ovos de lepidópteros desfolhadores.

Dentre o complexo de pragas que ocorrem na cultura da soja, destacam-se os percevejos e as lagartas desfolhadoras, por seus danos significativos à produtividade (HOFFMAN-CAMPO et al., 2000). Dentre as lagartas, se destacam os noctuídeos *A. gemmatalis* e *Chrysodeixis includens* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae) como pragas-chave na cultura e que requerem atenção em amostragens, levando em consideração seus níveis de controle (MOSCARDI et al., 2012).

No Brasil, a lagarta falsa-medideira (*C. includens*) é um problema fitossanitário para a cultura da soja há um longo tempo, devido aos elevados níveis de desfolha observados nas regiões produtoras de soja do País (BERNARDI, 2012). O seu dano é caracterizado pelo aspecto rendilhado das folhas, devido ao hábito alimentar das lagartas, as quais não se alimentam das nervuras das folhas (BUENO et al., 2007).

Em relação ao Controle Biológico Natural de ovos, *Trichogramma* spp. têm sido encontrado em áreas de cultivo de soja no Brasil, principalmente sobre ovos de *A. gemmatilis*. No estado do Paraná, as espécies *T. pretiosum* e *Trichogramma acacioi* Brun, Gomez de Moraes & Soares (1984) foram responsáveis por 80% de parasitismo do total de ovos de *A. gemmatilis* encontrados, demonstrando a eficiência deste grupo de parasitoides no controle natural de ovos da praga (AVANCI; FOERSTER; CAÑETE, 2005). Ainda nesta região, Foerster; Avanci (1999) encontraram as espécies *Trichogramma rojasi* Nagaraja & Nagarkatti (1973), *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner (1983), *Telenomus cyamophylax* Polaszek (1997) (Hymenoptera: Scelionidae) e *Encarsia porteri* (Merceti, 1928) (Hymenoptera: Aphelinidae) em ovos de *A. gemmatilis*.

No entanto, são escassas as informações sobre o parasitismo natural de ovos de *C. includens* por *Trichogramma* spp. na cultura da soja. Em Dourados (MS) Zanardo et al. (2008) observaram que *T. pretiosum* parasitou 83% dos ovos de *C. includens* encontrados em plantas de soja, sendo estes resultados expressivos no controle da praga.

2.4. Insetos predadores no Controle Biológico de Pragas

Em agroecossistemas, os insetos predadores são comumente relacionados como importantes agentes na regulação populacional de insetos-praga (BERRYMAN, 1999). Comparados a outros agentes de controle biológico, os insetos predadores são mais desejáveis, devido principalmente ao maior consumo de presas durante o seu desenvolvimento (BERTI FILHO; CIOCIOLA, 2002). Entretanto, a natureza generalista de algumas espécies de insetos predadores utilizados no controle de pragas, associado à baixa

diversidade de presas em monocultivos podem influenciar o seu estabelecimento (ALTIERI; SILVA; NICHOLLS, 2003).

Na classe Insecta, o número de ordens que contem espécies predadoras são 22, em que se destacam as ordens Dermaptera, Mantodea, Neuroptera, Coleoptera e Hemiptera (BERTI FILHO; CIOCIOLA, 2002).

Sob o ponto de vista do controle biológico natural ou conservativo de pragas, a preservação de insetos predadores tem sido bastante estudada. A utilização de faixas de plantio consorciado com cultivos atrativos, bem como técnicas como 'push-pull' ou o uso de iscas atrativas tem sido testadas para atrair inimigos naturais, especialmente predadores, e incrementar o controle de pragas (GURR; NICOL, 2000; JAMES, 2003; JAMES; PRICE, 2004; JAMES, 2005; KHAN et al., 2008; RODRIGUEZ-SAONA et al., 2011).

2.4.1. Utilização de *Orius insidiosus* no controle biológico de pragas em agroecossistemas

O predador *O. insidiosus* é um inimigo natural conhecido mundialmente, originário das Américas e de ocorrência muito comum no Brasil (MALAIS; RAVENSBERG, 1992; LATTIN, 2000). A família Anthocoridae compreende entre 500 a 600 espécies distribuídas em 80 a 100 gêneros (SHAPIRO et al., 2010). O gênero *Orius* apresenta cerca de 70 espécies, dessas 15 são encontradas na América do Sul (PÉRICART, 1972). Ocupam diversos habitats, desde vegetação nativa a vários agroecossistemas (LATTIN, 2000).

Orius insidiosus é considerada uma espécie generalista, possuindo habilidade de se alimentar de diferentes presas, o que a torna apta à exploração do ecossistema e a sobreviver naturalmente alimentando-se de tripes, ácaros, afídeos, ovos e fases imaturas de diversas espécies de lepidópteros-praga (ISENHOOR; WISEMAN; LAYTON, 1989; AL-DEEB; WILDE; ZHU, 2001; CIVIDANES; BARBOSA, 2001; SILVEIRA et al., 2003; BELORTE; RAMIRO; FARIA, 2004). A sua ocorrência tem sido relatada em diversos agroecossistemas, tais como as culturas do algodoeiro, milho, sorgo, soja, milheto, alfafa e crisântemo; além de plantas invasoras como picão preto, caruru, losna-branca, apaga-fogo e rubim, que são consideradas reservatórios

naturais para predadores dessa espécie, servindo de habitat, abrigo e alimento (pólen, por exemplo) (SILVEIRA et al., 2003)

Esses percevejos predadores possuem excelente comportamento de busca, capaz de se multiplicar rapidamente em alta densidade de presas, além de se manter em baixas densidades e ter alimentos alternativos (BUENO, 2005; BUENO, 2009). Em algodoeiro, foi observado predando os pulgões *Aphis gossypii* Glover, 1877 e *Myzus persicae* (Sulzer, 1776) (Hemiptera: Aphididae), bem como ovos e lagartas de primeiro e segundo ínstar de *A. argillacea*; em milho foi encontrado predando pulgões, ovos de lagartas de primeiro estágio de *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) e *H. zea*, além de se alimentar de pólen (DE BORTOLI; OLIVEIRA, 2006).

Orius insidiosus é considerado um agente eficiente no controle de pragas; várias pesquisas foram realizadas para verificar a influência de fatores bióticos e abióticos que pode interferir no sucesso do desenvolvimento desses percevejos, bem como na sua capacidade predatória (PEDROSO; DE BORTOLI, 2009). Silveira et al. (2004) comprovaram a eficiência de *O. insidiosus* na supressão da população de tripes em cultivos comerciais de crisântemo e representou 85-90% dos predadores que promoviam controle de pulgões em cultivo de soja (DESNEUX; O'NEIL; YOO, 2006).

2.5. Interações tritróficas e a função de compostos voláteis em agroecossistemas

Todos os organismos estão conectados na natureza através de cadeias alimentares e redes tróficas (HUNTER; PRICE, 1992; POLIS; WINEMILLER, 1996; OHGUSHI, 2005), que podem incluir as plantas (primeiro nível trófico), os herbívoros (segundo nível trófico) e predadores, parasitoides ou patógenos (a partir do terceiro nível trófico). Este tipo de dinâmica envolvendo diferentes espécies funcionais é conhecida por interação tritrófica (PRICE et al., 2011) e nas últimas décadas, é notável o avanço nos estudos entre os diferentes componentes desta interação (RODRIGUEZ-SAONA et al., 2011).

Parasitoides e predadores de insetos fitófagos evoluíram dentro de um contexto de interações multitróficas. Consequentemente, sua fisiologia e

comportamento são influenciados por elementos de outros níveis tróficos, como a sua presa/hospedeiro e as respectivas plantas (PRICE et al., 1980). Os inimigos naturais, portanto, realizam o processo de forrageamento e localização de nichos a partir de informações obtidas pelos demais níveis tróficos, em que os sinais químicos possuem um papel muito importante (TURLINGS et al., 1993; VET; DICKE, 1992).

Os sinais químicos emitidos por plantas e/ou insetos presas/hospedeiros se destacam por influenciar diretamente o comportamento de busca dos inimigos naturais. Compostos emitidos por plantas atuam à longas distâncias, enquanto que os voláteis emitidos pelos herbívoros estão concentrados próximos à fonte de odor. Neste sentido, informações provenientes das plantas e de organismos fitófagos podem favorecer a atração de inimigos naturais para mais próximo de seus alvos (PAYNE; DICKENS; RICHERSON, 1984; VET; DICKE, 1992)

2.5.1. Características das plantas que afetam as interações entre inimigos naturais e suas presas

As plantas possuem uma variedade de características ecologicamente importantes que podem afetar diretamente o desempenho dos inimigos naturais (PARÉ; TUMLINSON, 1999; BARBOSA et al., 2001; TURLINGS; WÄCKERS, 2004; ODE, 2006). Dentre tais características, destacam-se componentes morfológicos das plantas, recursos alimentares alternativos, bem como compostos metabólitos secundários (PRICE et al., 2011).

Algumas características morfológicas das plantas podem interferir na ação dos inimigos naturais, tais como a presença de tricomas, domácias, além de aspectos relacionados à arquitetura e desenvolvimento fenológico das plantas (JANZEN, 1966; KAREIVA; SAHAKIAN, 1990; MECHABER; HILDEBRAND, 2000). Por exemplo, espécies de coccinelídeos e crisopídeos são mais eficientes na predação de pulgões em gramíneas com folhas largas e abertas do que em folhas estreitas, principalmente devido a facilidade em localizar a presa (CLARK; MESSINA, 1998). Todavia, enquanto acredita-se que a arquitetura da planta possivelmente afeta a eficiência de forrageamento de

predadores e parasitoides (CASAS; DJEMAI, 2002), ainda não se tem muitas informações se os inimigos naturais exercem uma pressão sobre a população das pragas ou se as interações observadas são decorrentes de fatores abióticos (PRICE et al., 2011).

De fato, poucas são as informações sobre o controle biológico natural de insetos-praga em agroecossistemas, levando em consideração a arquitetura da planta (regiões da planta) (WISCH, 2011; FRAGA, 2012). Sendo assim, estudos sobre a distribuição vertical das pragas nas plantas, também conceituada como distribuição intraplanta, aliado ao conhecimento da dinâmica populacional, tem como principal justificativa o fato de que se pode definir formas de agilizar e aumentar a confiabilidade do processo de amostragem de insetos em uma determinada cultura (FERNANDES et al. 2006; BUSOLI et al., 2011). De modo geral, as informações provenientes de avaliações da distribuição vertical dos insetos, bem como a dos inimigos naturais são fundamentais para a montagem e desenvolvimento de planos de amostragem na planta hospedeira (TRICHILO; WILSON; MACK, 1993).

Além de caracteres morfológicos, as plantas possuem e produzem compostos metabólitos secundários (ou aleloquímicos), que não afetam diretamente o metabolismo da planta (crescimento, desenvolvimento e reprodução, por exemplo), porém influenciam demais componentes bióticos do ambiente (WHITTAKER; FENNY, 1971). Três classes de metabólitos secundários são considerados: as toxinas (alcaloides, glucosinolatos, nicotina etc); os redutores de digestibilidade (inibidores de proteína, tanino, lignina, silício etc.) (FENNY, 1975); e voláteis de plantas (compostos orgânicos voláteis) (RODRIGUEZ-SAONA, 2012). Estes compostos são produzidos e emitidos constitutivamente pelas plantas, no entanto, sua concentração pode ser alterada a partir da ocorrência de injúrias por um herbívoro (KARBAN; BALDWIN, 1997).

Os voláteis de plantas, por exemplo, são muito importantes para o sucesso de busca e forrageamento de inimigos naturais, expandindo a sua habilidade em encontrar presas ou hospedeiros. Em sua maioria, estes voláteis de plantas, são uma mistura dos chamados 'voláteis de folhas verdes' (aldeídos, álcoois e seus acetatos) com monoterpenos, sesquiterpenos e

compostos aromáticos. A emissão destes compostos voláteis aumenta consideravelmente em resposta ao ataque de herbívoros, de modo a serem detectados e reconhecidos por inimigos naturais (VET; DICKE, 1992; DICKE; van LOON, 2000; WENKE; KAI; PIECHULLA, 2010; RODRIGUEZ-SAONA, 2012).

Desta forma, os voláteis de plantas possuem uma importante função de comunicação química nas interações entre as plantas, suas pragas e respectivos inimigos naturais. Esta importância pode ser dada, entre outros fatores, pela possibilidade da detecção destes sinais à longas distâncias pelos inimigos naturais (PRICE et al., 1980; VINSON, 1981) ou por esses compostos voláteis serem um indicativo confiável da presença da presa ou hospedeiro de determinado inimigo natural (VET; WACKERS; DICKE, 1991; DICKE, 1999).

Os primeiros estudos que demonstraram a habilidade de plantas em produzir voláteis induzidos por danos do herbívoro e a consequente atração de inimigos naturais a estes compostos foram realizados com ácaros e seus predadores (DICKE; SABELLIS, 1988). Neste estudo, os autores observaram que o ácaro predador *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot, 1957 (Acari: Phytoseiidae) utiliza sinais voláteis emitidos pelas folhas de feijoeiro-lima para encontrar a sua presa, o ácaro *Tetranychus urticae* Koch, 1836 (Acari: Tetranychidae).

Uma das características mais importantes dos compostos voláteis produzidos pelas plantas é a sua especificidade (DICKE, 2000; TURLINGS; WACKERS, 2004), que permite aos inimigos naturais reconhecer os compostos voláteis associados à localização de sua presa ou hospedeiro (DICKE, 1999). Em uma pesquisa conduzida por De Moraes et al. (1998), foi observado que plantas de tabaco e de algodoeiro produzem misturas distintas de compostos voláteis quando são atacadas por duas pragas, *H. virescens* e *H. zea*. Além disso, os autores constataram que fêmeas de *Toxoneuron nigriceps* (Viereck, 1912) (Hymenoptera: Braconidae), que utilizam lagartas de *H. virescens* como hospedeiro, conseguem diferenciar os compostos produzidos pelas plantas e localizar as lagartas hospedeiras.

Além de responderem a voláteis emitidos pelas plantas, os inimigos naturais podem também responder a voláteis emitidos por suas

presas/hospedeiros (PRICE et al., 2011). Estes voláteis, que atuam como cairomônios (favorecem o receptor), são obtidos de diversas fontes, tais como: fezes, honeydew, secreções glandulares, escamas, feromônios etc (VET; DICKE, 1992). Por exemplo, estudos demonstraram que *Trichogramma* spp. é atraído por odores emitidos por fêmeas do hospedeiro (LEWIS et al., 1982; NOLDUS; van LENTEREN, 1985) ou por escamas próximas ao ovipositor (BEEVERS et al., 1981). Boo et al. (2003) observaram que adultos de *Chrysopa cognata* (McLachlan, 1867) (Neuroptera: Chrysopidae) são atraídas por feromônios de pulgões. Ainda neste assunto, Lewis et al. (1977) demonstraram que a presença de escamas do ovipositor presentes nos ovos de *H. zea* aumenta a predação de ovos por espécies de crisopídeos.

2.5.2. Utilização de compostos voláteis no controle biológico conservativo

A partir do conhecimento de quais compostos voláteis das plantas e/ou presas sinalizam o recrutamento de inimigos naturais, será possível estudar a utilização dos mesmos para aumentar, conservar e melhorar a eficiência do uso de inimigos naturais no controle biológico de pragas agrícolas (SABELIS et al., 1999; KHAN et al., 2008).

Diversos estudos tem comprovado a atração de inimigos naturais por estes compostos voláteis em condições de laboratório. Recentemente, a investigação do potencial uso de compostos voláteis sintéticos para atração de inimigos naturais em campos agrícolas tem sido realizada. Dentre estes compostos, destaca-se a utilização de ácido jasmônico (JA) e de salicilato de metila (MeSA), que tem sido sistematicamente encontrados associados às plantas e são atrativos para inimigos naturais (THALER, 1999; DICKE et al., 1999; JAMES, 2003; JONES et al., 2011; RODRIGUEZ-SAONA et al., 2011).

Em um estudo com videiras, James e Price (2004) utilizaram armadilhas adesivas associadas à MeSA e capturaram maior número de *Chrysopa nigricornis* Burmeister, 1839 (Neuroptera: Chrysopidae), *Deraeocoris brevis* (Uhler, 1904) (Hemiptera: Miriidae) e *Orius tristicolor* (White, 1879) (Hemiptera: Anthocoridae) do que em armadilhas sem a presença do composto. Em um

estudo similar, Lee (2010) demonstrou que armadilhas adesivas associadas com MeSA são mais atrativas para crisopídeos e *O. tristicolor*.

Estudos que verificam se a atratividade de inimigos naturais para armadilhas à base de compostos voláteis de plantas contribui para o controle biológico são necessários. Em uma revisão elaborada por Kaplan (2012), são levantadas diversas questões sobre a aplicabilidade destes compostos, bem como a sua real influência sobre as populações de inimigos naturais e sobre a eficiência do controle biológico. Além disso, estudos que verifiquem se a influência de fatores abióticos pode alterar o desempenho destes compostos em atrair inimigos naturais, também são necessários (KELLY; HAGLER; KAPLAN, 2014).

3. REFERÊNCIAS

- AGUIAR MENEZES, E. L. **Controle biológico de pragas: princípios e estratégias de aplicação em ecossistemas agrícolas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2003. 44 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 164).
- AL-DEEB, M. A.; WILDE, G. E.; ZHU, K. Y. Effect of insecticides used in corn, sorghum, and alfalfa on the predator *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthrenidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 94, n. 4, p.1353-1360, 2001.
- ALTIERI, M. A. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 74, p. 19-31, 1999.
- ALTIERI, M. A.; SILVA, E. N.; NICHOLLS, C. I. **O papel da biodiversidade no manejo de pragas**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2003. 226p.
- AVANCI, M. R. F.; FOERSTER, L. A.; CAÑETE, C. L. Natural parasitism in eggs of *Anticarsia gemmatilis* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae) by *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 49, n. 1, p. 148-151, 2005.
- BARBOSA, P. **Conservation Biological Control**. San Diego, CA: Academic Press, 1998, 396p.
- BARBOSA, P.; SEGARRA, A. E.; GROSS, P.; CALDAS, A.; AHLSTROM, K.; CARLSON, R. W.; FERGUSON, D. C.; GRISSEL, E. E.; HODGES, R. W.; MARSH, P. M.; POOLE, R. W.; SCHAUFF, M. E.; SHAW, WHITFIELD, J. B.; WOODLEY, N. E. Differential parasitism of macrolepidopteran herbivores on two deciduous tree species. **Ecology**, Durham, v. 82, p.698–704, 2001.
- BEEVERS, M.; LEWIS, W. J.; GROSS JR., H. R.; NORDLUND, D. A. Kairomones and their use for management of entomophagous insects: X. Laboratory studies on manipulation of host-finding behavior of *Trichogramma pretiosum* Riley with a kairomone extracted from *Heliothis zea* (Boddie) moth scales. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 7, p. 635-648, 1981.
- BELORTE, L. C. C.; RAMIRO, Z. A.; FARIA, A. M. Ocorrência de predadores em cinco cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill, 1917] no município de Araçatuba, SP. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 71, n. 1, p.45-49, 2004.

BERNARDI, O. **Avaliação do risco de resistência de lepidópteros-praga (Lepidoptera: Noctuidae) à proteína Cry1Ac expressa em soja MON 87701 x MON 89788 no Brasil. 2012.** 144f. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

BERRYMAN, A. A. Alternative perspectives on consumer-resource dynamics: a reply to Ginzburg. **Journal of Animal Ecology**, Oxford, v. 68, p. 1263-1266, 1999.

BERTI FILHO, E.; CIOCIOLA, A. I. Parasitoides ou predadores? Vantagens e desvantagens. 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, 2002, p. 29-42.

BIN, F. Biological control with egg parasitoids other than *Trichogramma*. In: WAJNBERG, E.; HASSAN, S. A. (eds). **Biological control with egg parasitoids**. Oxford: CAB International, 1994. p. 245–271.

BOO, K. S.; KANG, S. S.; PARK, J. H.; PICKETT, J. A.; WADHAMS, L. J. Field trapping of *Chrysopa cognata* (Neuroptera: Chrysopidae) with aphid sex pheromone components in Korea. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 6, n. 1, p. 29-36, 2003.

BOTELHO, P. M. Eficiência de *Trichogramma* em campo. In: PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A. (Eds.). **Trichogramma e o controle biológico aplicado**. Piracicaba: FEALQ, 1997, p.303-318

BUENO, A. F.; PANIZZI, A. R.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; HOFFMAN-CAMPO, C. B.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; GAZZONI, D. L.; HIROSE, E.; MOSCARDI, F.; CORSO, I. C.; OLIVEIRA, L. J.; ROGGIA, S. Histórico e evolução do manejo integrado de pragas da soja no Brasil. In: HOFFMAN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. (Eds.). **Soja: Manejo Integrado de Insetos e outros Artrópodes-Praga**. Brasília: Embrapa Soja, 2012, p. 37-74.

BUENO, R. C. O. F.; PARRA, J. R. P.; BUENO, A. F.; MOSCARDI, F.; OLIVEIRA, J. R. G.; CAMILLO, M. F. Sem barreira. **Revista Cultivar**, Pelotas, v.93, p.12-15, 2007.

BUENO, V. H. P. Controle biológico de tripes: pragas sérias em cultivos protegidos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 225, p.31-39, 2005.

BUENO, V. H. P. Desenvolvimento e criação massal de percevejo predadores *Orius*. In: BUENO, V. H. P. (Ed.). **Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade**. Lavras: Editora UFLA, 2009. p.33-76.

BUSOLI, A. C.; GRIGOLLI, J. F. J.; FRAGA, D. F.; SOUZA, L. A.; FUNICHELLO, M.; NAIS, J.; SILVA, E. A. Atualidades no MIP algodão no cerrado brasileiro. In: BUSOLI, A. C.; FRAGA, D. F.; SANTOS, L. C.; ALENCAR, J. R. C. C.; GRIGOLLI, J. F. J.; JANINI, J. C.; SOUZA, L. A.; VIANA, M. V.; FUNICHELLO, M. (Ed.). **Tópicos em Entomologia Agrícola IV**. Jaboticabal: Multipress, 2011. p. 117-138.

BUSOLI, A. C.; FRAGA, D. F.; CROSARIOL NETTO, J.; ALENCAR, J. R. C. C.; SOUZA, L. A.; VALENTE, F. I. Atualidades em Manejo Integrado de Pragas. In: BUSOLI, A. C.; ALENCAR, J. R. C. C.; FRAGA, D. F.; SOUZA, B. L. A.; SOUZA, B. H. S.; GRIGOLLI, J. F. J. **Tópicos em Entomologia Agrícola – VI**. Jaboticabal (SP): Maria de Lourdes Brandel, 2013, p. 185-206.

BUSOLI, A. C.; GUERREIRO, J. C.; VIANA, D. V.; PESSOAL, R.; FRAGA, D. F.; SANTOS, L. S. Tópicos em Manejo Integrado de Pragas em sistemas agrícolas. In: BUSOLI, A. C.; CASTILHO, R. C.; ANDRADE, D. J.; ROSSI, G. D.; VIANA, D. L.; FRAGA, D. F.; SOUZA, L. A. **Tópicos em Entomologia Agrícola – VIII**. Jaboticabal (SP): Maria de Lourdes Brandel, 2015, p. 277-303.

CASAS, J. DJEMAI, I. Canopy architecture and multitrophic interactions. In: TSCHARNTKE, T.; HAWKINGS, B. A. (Eds). **Multitrophic Level Interactions**. Cambridge: Cambridge University Press, 2002, p. 174–196.

CIVIDANES, F. J; BARBOSA, J. C. Efeitos do plantio direto e da consorciação soja-milho sobre inimigos naturais e pragas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 2, p.235-241, 2001.

CLARK, T. L.; MESSINA, F. J. Plant architecture and the foraging success of ladybird beetles attacking the Russian wheat aphid. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 86, p. 153–161, 1998.

CÔNSOLI, F. L.; ROSSI, M. M.; PARRA, J. R. P. Developmental time and characteristics of the immature stages of *Trichogramma galloi* and *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera, Trichogrammatidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 43, n. 3/4, p.271- 275, 1999.

COSTA, L. L.; MARTINS, B. C.; FUNICHELLO, M.; BUSOLI, A. C. Dinâmica populacional de ovos e lagartas e parasitismo de ovos de curuquerê-do-

algodoeiro por *Trichogramma pretiosum* em cultivares convencionais e transgênica de algodoeiro. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 6, p.939-947, 2011.

COSTA, V. A.; BERTI FILHO, E.; SATO, M. E. Parasitoides e predadores no controle de pragas. In: PINTO, A. S.; NAVA, D. E.; ROSSI, M. M. MALERBO-SOUZA, D. T. **Controle biológico de pragas na prática**. Piracicaba (SP): CP2, 2006, p. 25-34.

DE BOER, J. G.; DICKE, M. The role of methyl salicylate in prey searching behavior of the predatory mite *Phytoseiulus persimilis*. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 30, n. 2, p. 255–271, 2004.

DE BORTOLI, S. A.; OLIVEIRA, J. E. M. Densidade populacional e comportamento de predação de *Orius insidiosus* (Say, 1832) (Hemiptera: Anthocoridae) em agroecossistemas de algodoeiro e milho. **Boletín de Sanidad Vegetal – Plagas**, Madrid, v. 32, n. 4, p.465-471, 2006.

De MORAES, C. M.; LEWIS, W. J.; PARE, P. W.; ALBORN, H. T.; TUMLINSON, J. H. Herbivore infested plants selectively attract parasitoids. **Nature**, London, v. 393, p. 570-573, 1998.

DeBACH, P.; ROSEN, D. **Biological Control by Natural Enemies**. 2ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1991, 456p.

DESNEUX, N.; O'NEIL, R. J.; YOO, H. J. S. Suppression of population growth of the soybean aphid, *Aphis glycines* Matsumura, by predators: the identification of a key predator and the effects of prey dispersion, predator abundance, and temperature. **Environmental Entomology**, College Park, v. 35, n. 5, p.1342–1349, 2006.

DICKE, M.; SABELIS, M. W. How plants obtain predatory mites as bodyguards. **Netherlands Journal of Zoology**, Leiden, v. 38, p. 148-165, 1988.

DICKE, M. Are herbivore-induced plant volatiles reliable indicators of herbivore identity to foraging carnivorous arthropods. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 91, p. 131-142, 1999.

DICKE, M.; GOLS, R.; LUDEKING, D.; POSTHUMUS, M. A. Jasmonic acid and herbivory differentially induce carnivore-attracting plant volatiles in lima bean plants. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 25, n. 8, p. 1907-1922, 1999.

DICKE, M. Chemical ecology of host-plant selection by herbivorous arthropods: a multitrophic perspective. **Biochemical Systematics and Ecology**, Oxford, v. 28, p. 601-617, 2000.

DICKE, M.; van LOON, J. J. A. Multitrophic effects of herbivore-induced plant volatiles in an evolutionary context. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 97, p. 237-249, 2000.

EGGLETON, P.; GASTON, K. J. "Parasitoid" species and assemblages: convenient definitions or misleading compromises? **Oikos**, Copenhagen, v. 59, n. 3, p. 417-421, 1990.

EILENBERG, J.; HAJEK, A.; LOMER, C. Suggestions for unifying the terminology in biological control. **BioControl**, Dordrecht, v. 46, p. 387-400, 2001.

FEENY, P. P. Biochemical coevolution between plants and their insect herbivores. In: GILBERT, L. E.; RAVEN, P. H. (Eds). **Coevolution of Animals and Plants**. Austin: University of Texas Press, 1975, p. 3-19.

FERNANDES, M. G.; BUSOLI, A. C.; DEGRANDE, P. E. Parasitismo natural de ovos de *Alabama argillacea* (Hübner, 1818) e *Heliothis virescens* (Fabricius, 1781) (Lepidoptera: Noctuidae) por *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em algodoeiro no Mato Grosso do Sul. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 28, n. 4, p. 695-701, 1999.

FERNANDES, M. G.; SILVA, A. M.; DEGRANDE, P. E.; CUBAS, A. C. Distribuição vertical de lagartas de *Alabama argillacea* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) em plantas de algodão. **Manejo Integrado de Plagas y Agroecología**, Costa Rica, n. 78, p. 28-35, 2006.

FOERSTER, L. A.; AVANCI, M. R. F. Egg parasitoid of *Anticarsia gemmatilis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) in soybeans. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p.545-548, 1999.

FOERSTER, M. R.; MARCHIORO, C. A.; FOERSTER, L. A. How *Trichogramma* survives during soybean offseason in Southern Brazil and the implications for its success as a biocontrol agent. **BioControl**, Dordrecht, v. 60, p. 1-11, 2015.

FRAGA, D. F. Distribuição vertical e temporal de ovos de *Alabama argillacea* e de *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) e parasitismo

natural por *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). 2012. 89f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2012.

GAULD, I. D.; BOLTON, B. **The Hymenoptera**. Oxford: Oxford University, 1998, 331p.

GURR, G. M.; NICOL, H. I. Effect of food on longevity of adults of *Trichogramma carverae* Oatman and Pinto and *Trichogramma nr brassicae* Bezdenko (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Australian Journal of Entomology**, Malden, v. 39, p. 185–187, 2000.

HASSAN, S. A. Strategies to select *Trichogramma* species for use in biological control. In: WAJNBERG, E.; HASSAN, S. A. (Eds.). **Biological control with egg parasitoids**. Wallingford: CAB International, p. 55-71, 1994.

HODDLE, M. S.; van DRIESCHE, R. G. Biological control of insects pests. In: SCHOWALTER, T. D. **Insect Ecology**. 2.ed. San Diego: American Press, 2009. p. 91-101.

HOFFMANN-CAMPO, C. B.; MOSCARDI, F.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; OLIVEIRA, L. J.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; PANIZZI, A. R.; CORSO, I. C.; GAZZONI, D. L.; OLIVEIRA, E. B. **Pragas da soja no Brasil e seu manejo integrado**. Londrina: Embrapa Soja, 2000. 70p. (Circular Técnica, 30).

HUNTER, M. D.; PRICE, P. W. Playing chutes and ladders: heterogeneity and the relative roles of bottom-up and top-down forces in natural communities. **Ecology**, Durham, v. 73, p. 724-732, 1992.

ISENHOUR, D. J.; WISEMAN, B. R.; LAYTON, R. C. Enhanced predation by *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) on larvae of *Heliothis zea* and *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) caused by prey feeding on resistant corn genotypes. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 18, n. 2, p.418-422, 1989.

JALALI, S. K. Natural occurrence, host range and distribution of Trichogrammatid egg parasitoids. In: SITHANANTHAM, S.; BALLAL, C. R.; JALALI, S. K.; BAKTHAVASTSALAM. **Biological control of insect pests using egg parasitoids**. New Dheli: Springer, 2013, p. 67-76.

JAMES, D. G. Further field evaluation of synthetic herbivore-induced plant volatiles as attractants for beneficial insects. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 31, n. 3, p. 481–495, 2005.

JAMES, D.G. Field evaluation of herbivore-induced plant volatiles as attractants for beneficial insects: methyl salicylate and the green lacewing, *Chrysopa nigricornis*. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v.29, p.1601-1609, 2003.

JAMES, D.G.; PRICE, T.S. Field-testing of methyl salicylate for recruitment and retention of beneficial insects in grapes and hops. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 30, p.1613-1628, 2004.

JANZEN, D. H. Coevolution of mutualism between ants and acacias in Central America. **Evolution**, Lancaster, v. 20, p. 249–275, 1966.

JONES, V. P.; STEFFAN, S. A.; WIMAN, N. G.; HORTON, D. R.; MILICZKY, E.; ZHANG, Q. H.; BAKER, C. C. Evaluation of herbivore-induced plant volatiles for monitoring green lacewings in Washington apple orchards. **Biological Control**, Orlando, v. 56, p. 98–105, 2011.

JONSSON, M.; WRATTEN, S. D.; LANDIS, D. A.; GURR, G. M. Recent advances in conservation biological control of arthropods by arthropods. **Biological Control**, Orlando, v. 45, p. 172-175, 2008.

KAPLAN, I. Attracting carnivorous arthropods with plant volatiles: The future of biocontrol or playing with fire? **Biological Control**, Orlando, v. 60, p. 77-89, 2012.

KARBAN, R.; BALDWIN, I.T. **Induced Responses to Herbivory**. Chicago: The University of Chicago Press. 1997, 330p.

KAREIVA, P.; SAHAKIAN, R. Tritrophic effects of a simple architectural mutation in pea plants. **Nature**, London, v. 345, p. 433–444, 1990.

KELLY, J.L.; HAGLER, J.R.; KAPLAN, I. Semiochemical lures reduce emigration and enhance pest control services in open-field predator augmentation. **Biological Control**, Orlando, v. 71, p. 70-77, 2014.

KHAN, Z. R.; JAMES, D. G.; MIDEGA, C. A. O.; PICKETT, J. A. Chemical ecology and conservation biological control. **Biological Control**, Orlando, v. 45, p.210-224, 2008.

KOGAN, M. Integrated pest management theory and practice. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 49, n. 1, p. 59-70, 1988.

LANDIS, D. A.; WRATTEN, S. D.; GURR, G. M. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 42, p. 175-201, 2000.

LATTIN, J. D. Economic importance of minute pirate bugs (Anthocoridae). In: SCHOEFER, C. W. S.; PANIZZI, A. R. (Eds.). **Heteroptera of economic importance**. Boca Raton: CRC Press, 2000. p.607-637.

LEE, J. C. Effect of methyl salicylate-based lures on beneficial and pest arthropods in strawberry. **Environmental Entomology**, College Park, v. 39, p. 635-660, 2010.

LEWIS, W. J.; NORDLUND, D. A.; GROSS, H. R.; JONES, R. L.; JONES, S. L. Kairomones and their use for management of entomophagous insects: V. Moth scales as a stimulus for predation of *Heliothis zea* (Boddie) eggs by *Chrysopa carnea* Stephen larvae. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 3, n. 4, p. 483-487, 1977.

LEWIS, W. J.; NORDLUND, D. A.; GUELDER, R. C.; TEAL, P. E. A.; TUMLINSON, J. H. Kairomones and their use for management of entomophagous insects: XIII. Kairomonal activity for *Trichogramma* spp. of abdominal tips, excretion, and a synthetic sex pheromone blend of *Heliothis zea* (Boddie) Moths. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 8, n. 10, p. 1323-1331, 1982.

LI, L. Y. Worldwide use of *Trichogramma* for biological control on different crops: a survey. In: WANJBERG, E.; HASSAN, S. A. (Eds.). **Biological control with eggs parasitoids**. Wallingford: CAB International, 1994. p. 37-53.

MALAIS, M. P.; RAVENSBERG, W. J. **The biology of glasshouse pests and their natural enemies**. Roddennris: Koppert, 1992. 109p.

MCCORMICK, A. C.; UNSICKER, S. B.; GERSHENZON, J. The specificity of herbivore-induced plant volatiles in attracting natural enemies. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 17, n. 5, p. 303-310, 2012.

MECHABER, W. L.; HILDEBRAND, J. G. Novel, non-solanaceous host plant record for *Manduca sexta* (Lepidoptera: Sphingidae) in the southwestern United States. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 93, p. 447-451, 2000.

MILLS, N. Egg parasitoids in biological control and integrated pest management. In: CONSOLI, F. L.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A. (Eds.). **Egg**

Parasitoids in Agroecosystems with Emphasis on *Trichogramma*. Dordrecht, Springer, 2010, v. 9, p. 389–412.

MORRISON, R. K. *Trichogramma* spp. In: SINGH, P.; MOORE, R. F. (Eds.). **Handbook of insect rearing**, Amsterdam: Elsevier, 1985, v. 1, p. 413-717.

MOSCARDI, F.; BUENO, A. F.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; ROGGIA, S.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; POMARI, A. F.; CORSO, I. C.; YANO, S. C. Artrópodes que atacam as folhas da soja. In: HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. (Eds.). **Soja: Manejo Integrado de Insetos e outros Artrópodes-Praga**. Brasília: Embrapa, 2012. p.213-334.

NINKOVIC, V.; ABASSI, S. A.; PETTERSSON, J. The influence of aphid-induced plant volatiles on ladybird beetle searching behavior. **Biological Control**, Orlando, v. 21, n. 2, p. 191–195, 2001.

NOLDUS, L. P. J. J.; van LENTEREN, J. C. Kairomones for the egg parasite *Trichogramma evanescens* Westwood. I. Effect of volatile substances released by two of its hosts, *Pieris brassicae* L. and *P. rapae* L. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 11, p. 793-800, 1985.

ODE, P. J. Plant chemistry and natural enemies fitness: effects on herbivore and natural enemy interactions. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 51, p. 163-185, 2006.

OHGUSHI, T. Indirect interaction webs: herbivore-induced effects through trait change in plants. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, Palo Alto, v. 36, p. 81-105, 2005.

PARÉ, P. W.; TUMLINSON, J. H. Plant volatiles as a defense against insect herbivores. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 121, p.325-331, 1999.

PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA B. S.; BENTO, J. M. S. Controle Biológico: Terminologia. In: _____ **Controle Biológico no Brasil: parasitoides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002, p. 1-16.

PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A. (Eds.), ***Trichogramma* e o controle biológico aplicado**. Piracicaba, FEALQ, 1997. 324p.

PAYNE, T. L.; DICKENS, J. C.; RICHESON, J. V. Insect predator-prey coevolution via enantiomeric specificity in a kairomone-pheromone system. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 10, n. 3, p. 487-492, 1984.

PEDROSO, E. C.; DE BORTOLI, S. A O Uso de *Orius insidiosus* (Say, 1832) (Hemiptera: Anthocoridae) no controle biológico de pragas. In: SILVA, A. G.; RODRIGUES, C. K.; BOTTEGA, D. B.; HADDAD, G. Q.; ALVES, G. C. S.; JANINI, J. C. (Eds.). **Tópicos em entomologia agrícola**. Multipress: Jaboticabal, 2009. p.11-29.

PÉRICART, J. Hèmiptères Anthocoridae, Cimicidae et Microphysidae de l'Quest- Paléarctique, i-vi. **Faune de l'Europe et Du Bassin Méditerranéen**, Paris, v. 7, n. 1, p. 404, 1972.

PINTO, A. S.; NAVA, D. E.; ROSSI, M. M.; SOUZA, D. T. **Controle biológico de pragas na prática**. Piracicaba (SP): CP2, 2006. 287p.

PINTO, J. D. A review of the New World genera of Trichogrammatidae (Hymenoptera). **Journal of Hymenoptera Research**, Sofia, v. 15, p. 38-163, 2006.

PINTO, J. D. Systematics of the North American species of *Trichogramma* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Memoirs of the Entomological Society of Washington**, Washington, 1999, p.22-287.

POLIS, G. A.; WINEMILLER, K. O. **Food Webs: Integration of Patterns and Dynamics**. New York: Chapman and Hall, 1996. 472p.

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

PRICE, P. W.; BOUTON, C. E.; GROSS, P.; MCPHERON, B. A.; THOMPSON, J. N.; WEIS, A. E. Interactions among three trophic levels: influence of plants on interactions between insect herbivores and natural enemies. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 11, p. 41-65, 1980.

PRICE, P. W.; DENNO, R. F.; EUBANKS, M. D.; FINKE, D. L.; KAPLAN, I. **Insect Ecology: behavior, populations and communities**. New York: Cambridge University Press, 2011, p. 297-340.

RODRIGUEZ-SAONA, C. La Ecología Química de Interacciones Tri-Troficas. In: ROJAS, J. C.; MALO, E. A. (eds.). **Temas Selectos en Ecología Química de Insectos**. El Colegio de la Frontera Sur. Mexico, 2012. p. 315-342.

RODRIGUEZ-SAONA, C.; KAPLAN, I.; BRAASCH, J.; CHINNASAMY, D.; WILLIAMS, L. Field responses of predaceous arthropods to methyl salicylate: a meta-analysis and case study in cranberries. **Biological Control**, Orlando, v.59, p.294-303, 2011.

SABELIS, M. W.; JANSSEN, A.; PALLINI, A.; VENZON, M.; BRUIN, J.; DRUKKER, B.; SCUTAREANU, P. Behavioral responses of predatory and herbivorous arthropods to induced plant volatiles: from evolutionary ecology to agricultural applications. In: AGRAWAL, A. A.; TUZUN, S.; BENT, E. (Eds.). **Induced Plant Defenses against Pathogens and Herbivores**. St Paul: APS Press, 1999. p. 269-296.

SCHOONHOVEN, L. M.; van LOON, J. J. A.; DICKE, M. **Insect-Plant Biology**, 2. Ed. Oxford: Oxford University Press, 2005, 421p.

SHAPIRO, J. P.; SHIRK, P. D.; KELLEY, K.; LEWIS, T. M.; HORTON, D. R. Identify of two sympatric species of *Orius* (Hemiptera: Heteroptera: Anthocoridae). **Journal of Insect Science**, Cambridge, v. 10, p.1-17, 2010.

SILVEIRA, L. C. P.; BUENO, V. H. P.; LENTEREN, J. C. *Orius insidiosus* as biological control agente of thrips in greenhouse chrysanthemums in the tropics. **Bulletin of Insectology**, Bologna, v. 57, n. 2, p.103-109, 2004.

SILVEIRA, L. C. P.; BUENO, V. H. P.; PIERRE, L. S. R.; MENDES, S. M. Plantas cultivadas e invasoras do gênero *Orius* (Wolff) (Heteroptera: Anthocoridae). **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 2, p.261-265, 2003.

THALER, J. Jasmonate-inducible plant defences cause increased parasitism by herbivores. **Nature**, London, v. 399, p. 686-689, 1999.

THIES, C.; TSCHARNTKE, T. Landscape structure and biological control in agroecosystems. **Science**, Oxford, v. 285, p. 893-895, 1999.

THULER, R. T. ***Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae): táticas para o manejo integrado em brássicas**. 2006. 80f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

TRICHILO, P. J.; WILSON, L. T.; MACK, T. P. Spatial and temporal dynamics of the threecornered alfalfa hopper (Homoptera: Membracidae) on soybeans. **Environmental entomology**, College Park, v. 22, p. 802-809, 1993.

TSCHARNTKE, T.; BOMMARCO, R.; CLOUGH, Y.; CRIST, T. O.; KLEIJN, D.; RAND, T. A.; TYLIANAKIS, J. M.; van NOUHUYS, S.; VIDAL, S. Conservation biological control and enemy diversity on a landscape scale. **Biological Control**, Orlando, v. 43, p. 294-309, 2007.

TURLINGS, T. C. J.; TUMLINSON, J. H.; ELLER, F. J.; LEWIS, W. J. Larval-damaged plants: source of volatile synomones that guide the parasitoid *Cotesia marginiventris* to the micro-habitat of its hosts. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 58, p. 75-82, 1991.

TURLINGS, T. C. J.; ALBORN, H. T.; McCALL, P. J.; TUMLINSON, J. H. An elicitor in caterpillar oral secretions that induces corn seedlings to emit volatiles attractive to parasitic wasps. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v.19, p. 411-425, 1993.

TURLINGS, T. C. J.; WACKERS, F. L. Recruitment of predators and parasitoids by herbivore-damaged plants. In: CARDE, R. T.; MILLAR, J. (eds.). **Advances in Insect Chemical Ecology**. Cambridge: Cambridge University Press, 2004. p. 21-75

van DEN BOOM, C. E. M.; van BEEK, T. A.; POSTHUMUS, M. A.; DE GROOT, A.; DICKE, M. Qualitative and quantitative variation among volatile profiles induced by *Tetranychus urticae* feeding on plants from various families. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 30, n. 1, p. 69–89, 2004.

van DRIESCHE, R. G.; BELLWS, T. S. **Biological Control**. New York: Chapman & Hall, 1996, 560p.

van LENTEREN, J. C. **IOBC Internet Book of Biological Control**. 2012. Disponível em: <http://www.iobc-global.org/download/IOBC_InternetBookBiCoVersion6Spring2012.pdf>. Acessado em: 10 de dezembro de 2015.

van LENTEREN, J. C.; BUENO, V. H. P. Augmentative biological control of arthropods in Latin America. **Biological Control**, San Diego, v. 48, n. 1, p. 123-139, 2003.

VET, L. E. M.; DICKE, M. Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic context. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 37, p. 141-172, 1992.

VET, L. E. M.; WACKËRS, F. L.; DICKE, M. How to hunt for hiding hosts: the reliability-detectability problem in foraging parasitoids. **Netherlands Journal of Zoology**, Leiden, v. 41, p. 202-213, 1991.

VINSON, S. B. Comportamento de seleção hospedeira de parasitóides de ovos, com ênfase na família Trichogrammatidae. In: PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A. (Eds.). **Trichogramma e o controle biológico aplicado**. Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 67-119.

VINSON, S. B. Habitat location. In: NORDLUND, D. A.; JONES, R. L.; LEWIS, W. J. (eds.). **Semiochemicals, their Role in Pest Control**. New York: John Wiley, 1981. p. 51-78.

WENKE, K.; KAI, M.; PIECHULLA, B. Belowground volatiles of plant roots, fungi and rhizobacteria facilitate interactions between soil organisms. **Planta**, Berlin, v. 231, p. 499-506, 2010.

WHITTAKER, R. H.; FEENY, P. P. Allelochemicals: chemical interactions between species. **Science**, Oxford, v. 171, p. 757-770, 1971.

WISCH, L. N. **Flutuação populacional dos principais noctuídeos e distribuição vertical de ovos e larvas na cultura da soja**. 2011. 83f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Agricultura). Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2011.

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

ZANARDO, A. B. R.; ÁVILA, C. J.; MORAES, G. C.; CAMARA, T. C. Parasitismo natural em ovos de *Pseudoplusia includens* (Walker, 1857) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 22, Uberlândia. **Anais...** 2008.

ZHU, J.; PARK, K. C. Methyl salicylate, a soybean aphid-induced plant volatile attractive to the predator *Coccinella septempunctata*. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 31, n. 8, p. 1733-1746, 2005.

ZUCCHI, R. A.; QUERINO, R. B.; MONTEIRO, R. C. Diversity and hosts of *Trichogramma* in the New World, with emphasis in South America. In: CÔNSOLI, F. L.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A. (Ed.). **Eggs parasitoids in**

agroecosystems with emphasis on *Trichogramma*. New York: Springer, 2010. 219-292p.

CAPÍTULO 2 – DINÂMICA POPULACIONAL, DISTRIBUIÇÃO VERTICAL E PARASITISMO NATURAL DE OVOS DE *Chrysodeixis includens* POR *Trichogramma pretiosum* NA CULTURA DA SOJA

RESUMO – A regulação natural de populações de insetos-praga por inimigos naturais é fundamental nas relações tritróficas em agroecossistemas. Estas interações sofrem a interferência de fatores bióticos e abióticos, destacando-se a disponibilidade da presa e seu agente de controle, as características da planta, bem como as condições do ambiente. Na cultura da soja, *Chrysodeixis includens* (Walker, 1857) é considerada praga-chave nas principais regiões produtoras, de modo que estudos detalhados sobre o seu controle por inimigos naturais devem ser estabelecidos. Sendo assim, os objetivos deste trabalho foram avaliar a dinâmica populacional de ovos de *C. includens* e do parasitismo natural por *Trichogramma* spp., bem como a sua distribuição no dossel das plantas de soja. Para tanto, foram conduzidos experimentos em campo de soja de 10.000 m², em Jaboticabal (SP), durante as safras agrícolas 2012/13 e 2013/14. Ao longo dos estádios de desenvolvimento das plantas (estádio V5 a R7), foram amostradas, semanalmente, 60 plantas ao acaso que, visualmente, foram divididas em três terços: superior, médio e inferior, coletando-se e anotando-se o número de ovos. Estes ovos foram levados para o laboratório, aguardando-se a emergência de adultos de *Trichogramma* spp. e/ou a eclosão de lagartas. Em cada avaliação foram verificados: o número médio de ovos parasitados, o número médio de parasitoides emergidos por ovo, a porcentagem de parasitismo e a razão sexual dos espécimes coletados. Foi verificado altos índices de parasitismo de ovos de *C. includens* por *Trichogramma pretiosum* Riley (1879), em que a praga ovipositou com maior intensidade nos estádios reprodutivos das plantas de soja. A praga preferiu ovipositar nos terços médio e inferior das plantas e, conseqüentemente, foi observado maior parasitismo de ovos nestas regiões, indicando uma estreita relação positiva na dinâmica populacional de ovos de *C. includens* e de ovos parasitados por *T. pretiosum*.

Palavras-chave: controle biológico natural, fenologia das plantas, *Glycine max* L., lagarta falsa-medideira, parasitoide de ovos.

1. Introdução

Todos os insetos, em diversas etapas de seu desenvolvimento, são atacados por inimigos naturais, independente de quaisquer liberações ou interferências realizadas pelo homem. Sob o contexto do Controle Biológico Natural ou Conservativo, a ação destes agentes de controle raramente é suficiente para suprimir as espécies-praga primárias, entretanto, contribui para a sua manutenção próximo do nível de controle (HODLEE; van DRIESCHE, 2009).

Entre os inimigos naturais dos insetos-praga, destacam-se os parasitoides. Estes agentes são considerados espécies-chave na biodiversidade, no impacto ecológico e de importância econômica em diversos ecossistemas (VINSON, 1985; HAWKINS, 1999). O sucesso do parasitismo de ovos de herbívoros por insetos parasitoides está relacionado à sua habilidade de busca e localização de hospedeiros (VINSON, 1998).

Dentro de um programa de Manejo Integrado de Pragas (MIP), os parasitoides da família Trichogrammatidae, principalmente espécies do gênero *Trichogramma*, são os mais estudados e utilizados para o controle de lepidópteros-praga em muitas culturas de interesse econômico (LI, 1994; BOTELHO, 1997).

Há uma diversidade de espécies pertencentes ao gênero *Trichogramma* spp. que parasitam ovos de pragas de culturas de interesse econômico. Dentre estes hospedeiros, pode-se destacar espécies da Família Noctuidae, como *Alabama argillacea* (Hübner, 1823), *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850), *Heliothis virescens* (Fabricius, 1781), *Spodoptera* spp. e *Chrysodeixis includens* (Walker, 1857) (BUSOLI et al., 2011; 2013).

Em relação a este complexo de pragas, *C. includens* é considerada uma das principais pragas da cultura da soja, ocorrendo durante todo o desenvolvimento da cultura (BUENO et al., 2007). A praga ocorre em várias regiões produtoras de soja no Brasil e populações elevadas estão causando danos consideráveis (SOSA-GÓMEZ et al., 2010). Além disso, o controle de *C. includens* é dificultado em função da preferência alimentar das lagarta pelas folhas do terço inferior das plantas (SOSA-GÓMEZ et al., 2003).

Com o uso recente de biotecnologias na agricultura e o uso de cultivares de soja mais precoces, o plantio direto e sucessivo de culturas hospedeiras de pragas polífagas, como o caso de *C. includens*, torna o conhecimento da distribuição vertical de insetos uma importante ferramenta para um programa de Manejo Integrado de Pragas (MIP) (MICHELOTTO et al., 2011; CROSARIOL NETTO et al., 2015). As informações provenientes de avaliações da distribuição vertical (ou intra-planta) de pragas, bem como a de seus respectivos inimigos naturais, são fundamentais para a montagem e desenvolvimento de planos de amostragem (TRICHILO; WILSON; MACK, 1993).

Um dos principais objetivos do conhecimento do comportamento da distribuição populacional no interior das plantas é determinar em qual região da planta estão concentrados as fases imaturas dos insetos, como seus ovos e lagartas, de modo a otimizar o processo de amostragem, tornando-o mais rápido, econômico, preciso e dinâmico (BUSOLI et al., 2011).

Em relação à cultura da soja, as informações referentes à dinâmica populacional e à distribuição vertical de lepidópteros-praga e seus inimigos naturais são escassos (WISCH, 2011). Além disso, a presença de *Trichogramma* spp. neste agroecossistema tem sido associada apenas à *A. gemmatilis* (FOERSTER, CANETE, FOERSTER, 2015) porque seus ovos são maiores e fáceis de serem observados, além de sua morfologia e coloração mais clara que os ovos de *C. includens*.

Neste contexto, este trabalho teve por objetivo avaliar a dinâmica populacional de ovos de *C. includens* e o nível de parasitismo por *Trichogramma* spp. na cultura da soja, em Jaboticabal, SP. Para tanto, foi determinado: a) a dinâmica populacional de ovos de *C. includens*; b) o nível de parasitismo de *Trichogramma* spp. nestes ovos ao longo dos estádios de desenvolvimento de plantas de soja; c) a distribuição vertical ou intra-planta de ovos da praga e de ovos parasitados por *Trichogramma* spp.; e, d) os parâmetros biológicos do parasitoide em ovos de *C. includens*.

2. Material e Métodos

2.1. Descrição das condições experimentais

Os experimentos foram conduzidos na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, localizada no município de Jaboticabal, SP, Brasil, em latitude 21°14'05"S, longitude 48°17'09"O e 615,01m de altitude, nos anos agrícolas de 2012/13 e 2013/14.

Em uma área de produção, foi selecionada uma área de 10.000m², em que foi instalado a cultivar de soja de ciclo precoce SYN 1365 RR. As semeaduras foram realizadas em 19 de novembro de 2012 no primeiro ano, e em 10 dezembro de 2013 no segundo ano de plantio, no sistema de semeadura direta na palha, em um espaçamento de 0,45 m entre linhas e uma densidade de 15 plantas por metro. Foram seguidas as recomendações técnicas para adubação e calagem para o Estado de São Paulo (MIRANDA et al., 1998) e não foram realizadas pulverizações de inseticidas durante o experimento para evitar qualquer interferência nos resultados.

2.2. Amostragens

As avaliações do número de ovos presentes em todo o dossel das plantas foram realizadas semanalmente, e iniciaram-se quando as plantas estavam no estágio fenológico V5 (28 DAE), mediante o surgimento dos primeiros ovos nas plantas, encerrando-se no estágio fenológico R7 (91 DAE), compreendendo nove estádios fenológicos da cultura da soja (totalizando 12 avaliações semanais para a safra 2012/13 e 10 avaliações semanais na safra 2013/14) (FEHR; CAVINESS, 1977).

Na área experimental foram amostradas, aleatoriamente, 60 plantas de soja, observando-se os locais de oviposição e o número de ovos de *C. includens* presentes nas folhas e estruturas vegetativas. As plantas foram arrancadas e divididas visualmente em três terços: superior, médio e inferior

(Figura 1); a seguir eram vistoriadas (folhas, ramos, caule etc.) anotando-se o número de ovos, parasitados ou não, por *Trichogramma* spp., presentes em cada estrutura das plantas. Considerava-se os ovos parasitados quando estes estavam com a coloração escura, devido à deposição de urato pelas larvas nas paredes internas do córion dos ovos, de acordo com descrição de Cênsoli, Rossi e Parra (1999).

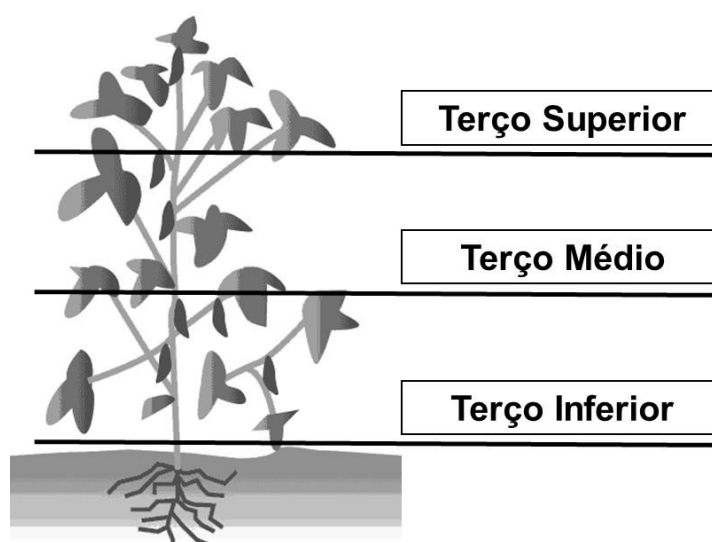


Figura 1. Divisão entre os terços (superior, médio e inferior) de plantas de soja.

De modo geral, todos os ovos de *C. includens* encontrados nos terços das plantas foram anotados, individualizados juntamente com os respectivos substratos, marcados e levados para laboratório, para aguardar a emergência de adultos do parasitoide, ou eclosão das respectivas lagartas da praga. Estes ovos foram acondicionados em tubos de vidro de fundo chato de 1 cm de diâmetro e 10 cm de comprimento, sendo fechados pela boca, com filme de PVC e pequenos orifícios foram produzidos por alfinete. Diariamente foi observado a eclosão de lagartas ou a emergência de adultos do parasitoide.

2.3. Identificação de espécies de *Trichogramma*

Os adultos de parasitoides que emergiram dos ovos foram armazenados em álcool 80%, sendo efetuado a separação entre machos e fêmeas para proceder a identificação das espécies do parasitoide, segundo metodologia de

Querino e Zucchi (2011), que utiliza caracteres morfológicos de machos para a identificação das espécies. Os espécimes foram retirados do álcool e colocados diretamente em solução de KOH a 10%, durante um período de 20 a 40 minutos. O KOH é usado para clarear e amolecer o tegumento dos espécimes para facilitar a manipulação no processo de montagem das lâminas. Em seguida, foram transferidos para recipiente com água destilada, por um período de 5 a 10 minutos, para desacelerar o processo de clarificação. Posteriormente, os espécimes foram imersos em ácido acético glacial (5-10 minutos) para neutralizar a reação química de clarificação.

Os espécimes foram colocados, logo em seguida, sobre lâminas de microscopia, juntamente com uma gota de meio de montagem (Hoyer's), dispostos dorsoventralmente. Foi montado um espécime por lâmina, com asas e antenas distendidas, com auxílio de microalfinetes e, em seguida, coberto com uma lamínula. Posteriormente, cada lâmina foi identificada de acordo com a coleta. As lâminas foram colocadas em estufa a aproximadamente 50°C, durante cinco dias, para completa secagem do fixador Hoyer's.

A identificação foi baseada nos caracteres da genitália, das antenas e das asas dos machos. As lâminas foram observadas em microscópio de luz com aumento entre 400 a 1.000x. Para identificação, foi utilizada a chave ilustrada encontrada no Guia de identificação de *Trichogramma* para o Brasil de Querino e Zucchi (2011).

2.4. Delineamento experimental e análise dos dados

2.4.1. Dinâmica populacional

O estudo da dinâmica populacional foi realizado a partir do número médio de ovos de *C. includens* parasitados e não parasitados por *Trichogramma* spp. encontrados por planta ao longo dos estádios fenológicos da cultura (estádio V5 a R7). Além disso, foi calculada a porcentagem de parasitismo de ovos, considerando-se o número total de ovos por planta e o número de ovos parasitados para cada estágio de desenvolvimento das plantas. O número total de *Trichogramma* spp. emergidos dos ovos de *C.*

includens e a razão sexual calculada foram estimados ao longo dos estádios fenológicos das plantas (exceto para o estágio reprodutivo R7).

2.4.2. Distribuição vertical

O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso, com três tratamentos, sendo estes compreendidos pelos três terços das plantas: superior, médio e inferior, com 60 plantas amostradas (repetições) para cada estágio fenológico das plantas de soja.

Para os estudos sobre a distribuição vertical, ou intra-planta, foram analisados os seguintes parâmetros: número médio de ovos de *C. includens*/planta; número médio de ovos de *C. includens* parasitados por *Trichogramma* spp./planta; porcentagem média de parasitismo; número médio de parasitoides emergidos por ovo; e razão sexual. Os dados de cada parâmetro foram submetidos à testes de normalidade e homogeneidade de variâncias. Todas as análises estatísticas foram realizadas no Software IBM SPSS 22 versão para Windows 10. Foi constatado que os dados não apresentavam distribuição normal a partir do teste de Kolmogorov-Smirnov ($P \leq 0,05$), de modo que foram comparados pelo Teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis ($P \leq 0,05$).

3. Resultados e Discussão

3.1. Parasitoides emergidos de ovos de *Chrysodeixis includens*

No ano agrícola 2012/13 foram obtidos 261 adultos de *Trichogramma* spp. emergidos de ovos de *C. includens*, em que 93 (55,35%) eram machos, que foram utilizados para identificação. Em relação à safra 2013/14, 932 adultos de *Trichogramma* spp. emergiram de ovos parasitados da praga. Deste total, 318 (34,45%) eram machos que foram utilizados para a identificação.

De acordo com a metodologia descrita por Querino e Zucchi (2011), os machos foram identificados, essencialmente, como espécimes de *Trichogramma pretiosum* Riley (1879). Esta espécie é altamente polífaga e amplamente distribuída na América do Sul, tendo sido relatada em mais de 30 espécies de hospedeiros, incluindo espécies de noctuídeos (ZUCCHI; MONTEIRO, 1997). De fato, *T. pretiosum* é encontrada ocorrendo em ovos de *H. virescens* e *A. argillacea* na cultura do algodoeiro (COSTA et al., 2010; FRAGA, 2012), bem como em ovos de *A. gemmatilis* na cultura da soja (AVANCI; CAÑETE; FOERSTER, 2005).

Além da ocorrência de *T. pretiosum*, também foi observado a presença de *Encarsia* spp. em ovos de *C. includens* durante os dois anos agrícolas. No entanto, a ocorrência deste grupo de parasitoides consistiu de 1,4% do total de ovos parasitados coletados. Em trabalho conduzido por Pessoa (2015), foi constatado a presença deste grupo de parasitoides em ovos de *C. includens* na cultura da soja em Jaboticabal (SP).

3.2. Dinâmica populacional de ovos de *C. includens* e de ovos parasitados por *T. pretiosum*

Nos dois anos de cultivos de soja, observou-se que *C. includens* ovipositou durante os estádios vegetativos e reprodutivos da cultura da soja, e a partir do estágio V5 já foram encontrados ovos da praga (Figuras 1 e 2). Em relação à safra de 2012/13, o número médio de ovos de *C. includens* presentes

nas plantas foi aumentando gradativamente, mantendo-se até o estágio R3, em uma média de 0,55 ovos/planta (Figura 1).

A partir do estágio R4, quando as plantas apresentavam vagens com 2 cm de comprimento, observou-se o maior pico de oviposição da praga, atingindo 4,28 ovos de *C. includens* presentes por planta, nas folhas e demais estruturas vegetativas e reprodutivas. Após este período, o número médio de ovos/planta diminuiu consideravelmente em R5 (1,78) até R7 (0,20), quando as plantas iniciam o processo de maturação, diminuindo o número de folhas verdes nas plantas, além das mesmas começarem a apresentar coloração amarelada, podendo ser um indicativo de um substrato inadequado para oviposição de *C. includens*.

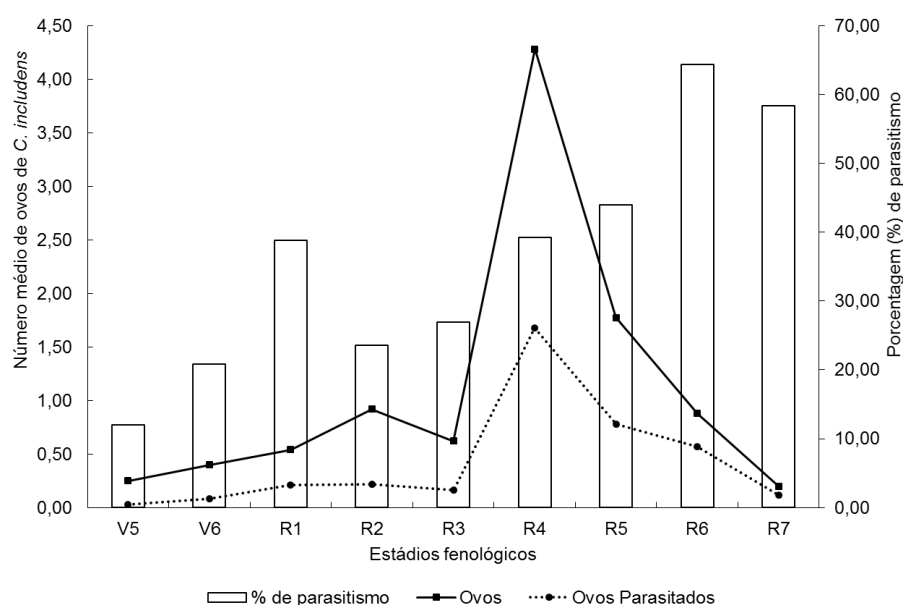


Figura 1. Dinâmica populacional de ovos de *C. includens* e de ovos parasitados por *T. pretiosum*/planta de soja. Jaboticabal, SP, 2012/13.

Enquanto isso, ovos da praga parasitados por *T. pretiosum* foram encontrados a partir da primeira amostragem, (estádio V5), encontrando-se uma média de 0,03 ovos parasitados/planta, indicando que 12% dos ovos coletados foram parasitados pelo parasitoide (Figura 1). Foi observado uma correlação positiva ($r^2 = 0,98$) para o número médio de ovos parasitados em relação ao número médio de ovos presentes nas plantas, ocorrendo uma curva com tendência similar à de oviposição, com pico de ovos parasitados no estágio reprodutivo R4. Nesta ocasião, foram encontrados 1,68 ovos

parasitados por *T. pretiosum* por planta, o que correspondeu a 39,25% do total de ovos coletados. Apesar do número médio de ovos parasitados ter diminuído a partir de R4, a porcentagem de parasitismo se manteve alta a partir deste estágio, que se manteve entre 40 e 65% de parasitismo até a última coleta de ovos em R7, com 64,40% de ovos parasitados.

Em relação à safra 2013/2014, foi observado um aumento considerável na abundância de ovos de *C. includens* em relação à safra anterior (1,10 ovos/planta em 2012/13 para 2,33 ovos/planta em 2013/14) (Figura 2), durante todo o período avaliado.

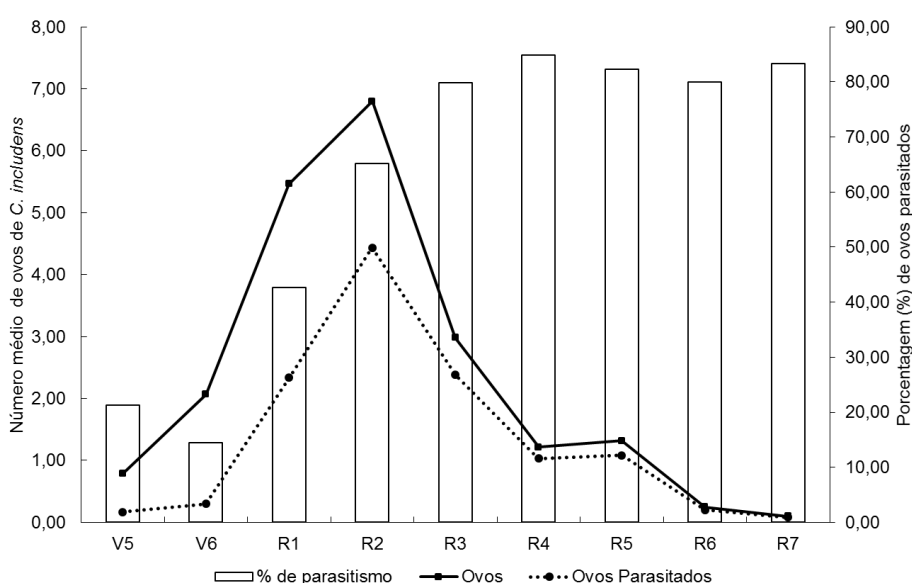


Figura 2. Dinâmica populacional de ovos de *C. includens* e de ovos parasitados por *T. pretiosum* na cultura da soja. Jaboticabal, SP, 2013/14.

A partir da primeira amostragem de ovos no estágio V5, foi encontrado uma média de 0,78 ovos/planta, que aumentou consideravelmente, com 2,07 e 5,47 ovos por planta em V6 e R1 respectivamente, até atingir um pico com 6,80 ovos/planta no estágio em R2, quando as plantas se encontram em florescimento pleno. Após este pico, o número de ovos de *C. includens* diminuiu consideravelmente a partir de R3, com 2,98 ovos/planta, devido provavelmente a cultivar ser de ciclo precoce, e acelerar a maturidade das folhas, que amarelecem e se tornam inadequados à novas oviposições intensas da praga, também reduzindo o nível de parasitismo, pela redução da disponibilidade de ovos hospedeiros (Figura 2).

De modo semelhante ao constatado na safra 2012/13, a curva representativa de ovos de *C. includens* parasitados por *T. pretiosum* acompanhou a tendência da dinâmica de oviposição da praga. A partir do estágio V5 já foi observado a ocorrência de parasitismo natural de ovos da praga pelo parasitoide, com 0,17 ovos/planta, representando 21,28% de parasitismo. À medida que ocorreu aumento na densidade populacional de ovos/planta, observou-se também o aumento no número de ovos parasitados, constatando-se uma correlação positiva entre as dinâmicas de oviposição e parasitismo (0,93).

A partir do estágio reprodutivo R1 (início do florescimento das plantas), a porcentagem média de parasitismo se manteve acima de 40% em relação ao total de ovos coletados. No estágio reprodutivo R2, em que foi constatado o maior pico de oviposição de *C. includens*, registrou-se que 65,20% dos ovos foram parasitados pelo parasitoide (4,43 ovos parasitados/planta) (Figura 2).

Os maiores picos de parasitismo, no entanto, foram encontrados a partir do estágio reprodutivo R4 (vagens completamente desenvolvidas). A porcentagem de parasitismo naquela coleta foi de 84,93% em relação ao total de ovos coletados. O número médio de ovos parasitados diminuiu consideravelmente a partir desta data, porém, a porcentagem de parasitismo se manteve estável até R7, em que 83,30% dos ovos foram parasitados por *T. pretiosum*.

Estes resultados são muito importantes para orientar ações de controle biológico aplicado com o uso deste parasitoide de ovos, pois, a partir dos estádios reprodutivos, observou-se um aumento na incidência do mesmo. Deste modo, especula-se que possíveis liberações deste parasitoide na cultura da soja devam ocorrer no início dos estádios vegetativos, na expectativa de aumentar a população do parasitoide na área.

3.3. Adultos de *T. pretiosum* emergidos por ovo de *C. includens* e razão sexual

Em relação aos parâmetros relacionados ao parasitismo, foi comparado o número médio de adultos de *T. pretiosum* emergidos por ovo de *C. includens*,

bem como a razão sexual ao longo dos estádios vegetativos e reprodutivos de desenvolvimento das plantas de soja nas duas safras avaliadas (Tabela 1). Na safra de 2012/13, constatou-se que houve, em média, um número médio emergido superior a um adulto de *T. pretiosum* por ovo durante todo o período avaliado.

Durante as fases fenológicas de florescimento pleno (R2) e desenvolvimento completo das vagens (R4), foram obtidas as maiores densidades de parasitoides adultos emergidos por ovo de *C. includens* (Tabela 1). Nota-se que no estágio R4, foi observado o número de ovos e ovos parasitados presentes nas plantas. Por outro lado, durante as fases vegetativas V5 e V6 e nos últimos estádios reprodutivos avaliados (R5 e R6) ocorreu menor número de adultos emergidos por ovo (1,79, 1,10, 1,70 e 1,85 parasitoides/ovo, respectivamente) (Tabela 1).

Entretanto, nestes períodos, foram obtidos as maiores razões sexuais para a safra 2012-13, quando o número médio de ovos de *C. includens* presentes nas plantas foi menor. Estas informações indicam provavelmente, que a proporção maior de fêmeas de *T. pretiosum* emergidos de em ovos de *C. includens*, pode estar associada ao número médio de ovos do hospedeiro presentes nas plantas de soja, influenciando assim o comportamento de parasitismo de *T. pretiosum* (Tabela 1).

Ao analisar os resultados obtidos para o número médio de adultos emergidos e a razão sexual de *T. pretiosum* em ovos de *C. includens* durante as amostragens de 2013/14, observou-se uma maior quantidade de adultos emergidos que na safra anterior (Tabela 1). Para este ano agrícola, foi obtido uma média de 2,13 adultos de *T. pretiosum* por ovo de *C. includens* durante todo o período avaliado, em que a partir do estágio reprodutivo R1 a média de parasitoides emergidos por ovo foi de 2,37, com pico no estágio R5 com 2,74.

Tabela 1. Número médio ($\pm$ Erro Padrão) de *T. pretiosum* emergidos por ovo de *C. includens* e sua razão sexual ($\pm$ EP) m diferentes estádios fenológicos da cultura da soja. Jaboticabal, SP, 2012/13 e 2013/14

Estádios fenológicos	Número médio ($\pm$ EP) de parasitoides/ovo	Razão sexual ($\pm$ EP)	Número médio ($\pm$ EP) de parasitoides/ovo	Razão sexual ($\pm$ EP)
	2012/13		2013/14	
V5	1,79 $\pm$ 0,17	0,76 $\pm$ 0,07	1,42 $\pm$ 0,26	0,62 $\pm$ 0,12
V6	1,10 $\pm$ 0,10	0,64 $\pm$ 0,08	1,81 $\pm$ 0,46	0,71 $\pm$ 0,06
R1	1,84 $\pm$ 0,25	0,58 $\pm$ 0,64	2,37 $\pm$ 0,41	0,68 $\pm$ 0,37
R2	2,19 $\pm$ 0,41	0,60 $\pm$ 0,08	2,21 $\pm$ 0,20	0,68 $\pm$ 0,04
R3	1,95 $\pm$ 0,31	0,65 $\pm$ 0,05	2,41 $\pm$ 0,29	0,66 $\pm$ 0,03
R4	2,12 $\pm$ 0,17	0,72 $\pm$ 0,05	2,39 $\pm$ 0,39	0,70 $\pm$ 0,04
R5	1,70 $\pm$ 0,24	0,79 $\pm$ 0,05	2,74 $\pm$ 0,39	0,69 $\pm$ 0,05
R6	1,85 $\pm$ 0,33	0,75 $\pm$ 0,07	2,04 $\pm$ 0,41	0,71 $\pm$ 0,08

No estágio R2, em que foi coletado o maior número de ovos e ovos parasitados, emergiram em média, 2,21 adultos por ovo. A razão sexual de *T. pretiosum* estimada ao longo dos estádios fenológicos indicaram, assim como na safra 2012/13, que mais fêmeas emergiram dos ovos parasitados que machos.

De modo geral, o número médio de ovos de *C. includens* na cultura da soja foi mais evidente durante os estádios reprodutivos de desenvolvimento das plantas para os dois anos agrícolas estudados. Estes estádios correspondem aos períodos de florescimento, formação de vagens e enchimento de grãos nas plantas, tornando a cultura mais propensa à danos econômicos causados pela praga (HOFFMAN-CAMPO et al., 2000). De fato, os níveis de controle estabelecidos para *C. includens* na cultura da soja durante os estádios reprodutivos são mais restritos que durante os estádios vegetativos, reduzindo o nível de controle recomendado para 15% de desfolha ou 20 lagartas por metro obtidas pelo método amostral do pano de batida (BUENO et al., 2012).

Os resultados apresentados neste trabalho indicam que a maior incidência de ovos de *C. includens* ocorre entre o florescimento pleno e a formação completa das vagens das plantas. Em um trabalho avaliando a oviposição de *C. includens* em diferentes variedades de soja, Mascarenhas e

Pitre (1997) também observaram que esta espécie prefere ovipositar em plantas em estágios de desenvolvimento avançado (R2, R3 e R4).

A fase reprodutiva aparenta ser mais atrativa para a oviposição para diversas espécies de noctuídeos; Eckel et al. (1992) encontraram maior número de ovos de *H. zea* em plantas de soja que se encontravam em estágio de floração e formação de vagens. Também, Pitre et al. (1983) observaram que *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) depositava maior número de ovos em plantas maiores e mais desenvolvidas. Esta hipótese já foi discutida por Fenny (1976), em que se elucidou sobre a importância do 'dossel' das plantas sobre a atração de insetos fitófagos.

Ao avaliar o comportamento de oviposição de noctuídeos na cultura da soja, Wisch (2011) encontrou padrões semelhantes ao apresentado neste trabalho para a oviposição de *C. includens*. Em seu trabalho com *S. frugiperda*, Pitre et al. (1983) destacam que este comportamento pode estar relacionado ao fornecimento de mais alimento e proteção para os ovos e lagartas, tornando-as menos perceptíveis para os inimigos naturais.

Em relação ao parasitismo natural de ovos de *C. includens* por *T. pretiosum*, ficou evidente que o parasitoide esteve presente na área durante todo o período de ocorrência da praga. Além disso, a flutuação populacional do parasitoide e da praga estavam associadas, indicando uma estreita relação entre a densidade de ovos de *C. includens* por planta e o número de ovos parasitados por *T. pretiosum*. Em um trabalho avaliando o controle biológico natural de ovos de *H. virescens* na cultura do algodoeiro, Fernandes et al. (1999) encontraram resultados semelhantes, em que o parasitismo de ovos por *T. pretiosum* foi maior em altas densidades do hospedeiro.

No entanto, conforme demonstrado nas Figuras 1 e 2, a porcentagem de parasitismo se manteve elevada mesmo após a diminuição no número de ovos de *C. includens*, observando-se que na safra 2013/14, a porcentagem de parasitismo se manteve acima de 80% a partir do estágio R3. Ao avaliar o parasitismo de ovos de *A. gemmatilis* por espécies de *Trichogramma* na cultura da soja no Estado do Paraná, Avanci, Foerster e Cañete (2005) também observaram elevadas porcentagens de parasitismo ao longo do desenvolvimento das plantas. Estes autores, ainda, encontraram resultados

semelhantes para o número médio de parasitoides emergidos por ovo, que oscilou entre 2,0 e 2,7 adultos de *Trichogramma* spp. por ovo. No geral, *Trichogramma* é sempre gregário, com dois ou mais indivíduos se desenvolvendo em um único ovo, dependendo do tamanho e volume do ovo (TAYLOR; STERN, 1971; SCHIMIDT; SMITH, 1985),

A razão sexual é outra característica biológica importante em programas de controle biológico, sendo desejável a maior produção de fêmeas/geração, visto que são as responsáveis pelo parasitismo. Neste caso, não foi observado variações significativas na razão sexual dos parasitoides emergidos dos ovos ao longo dos estádios de desenvolvimento das planta, mas foi observado emergências sempre acima de 60% de fêmeas (Tabela 1).

Os valores obtidos para a razão sexual neste trabalho estão próximos aos obtidos por BUENO et al. (2010), avaliando o parasitismo de *T. pretiosum* em ovos de *S. frugiperda* em laboratório, onde a razão sexual média obtida foi de 0,65. No entanto, os mesmos pesquisadores, ao avaliarem a razão sexual para *T. pretiosum* em ovos de *C. includens* em condições de laboratório, verificaram uma razão média superior a 0,8 (BUENO et al., 2009). Estes resultados inferem que, tal como o número médio de parasitoides emergidos por ovo, a razão sexual também está condicionada à qualidade do ovo hospedeiro, e não somente ao meio, substrato ou cultivar ao qual está inserido.

3.4. Distribuição vertical de ovos de *C. includens* e de ovos parasitados por *T. pretiosum*

No estudo da distribuição intra-planta de ovos de *C. includens* foi observado que na média de todas as avaliações, os terços médio e inferior apresentaram maior número de ovos em ambas as safras agrícolas (Tabelas 2 e 3). Em relação à safra 2012/13, as fêmeas da praga ovipositaram de forma similar entre os diferentes terços das plantas durante os estádios vegetativos (estádios V5 e V6). No entanto, a partir do estágio reprodutivo R2, observou-se que os terços médio e inferior passaram a ser mais utilizados para oviposição (0,38 e 0,37 ovos nos terços médio e inferior, respectivamente) (Tabela 2).

Durante o período de maior oviposição da praga (estádio R4) (Figura 1), observou-se que o terço inferior apresentou quatro vezes mais ovos que o terço superior (2,14 e 0,52 ovos nos terços inferior e superior, respectivamente) (Tabela 2). Nos estádios R5 e R6 (enchimento de grãos), quando o dossel das plantas estava bem desenvolvido, constatou-se maior densidade de ovos no terço médio das plantas que nos demais (Tabela 2).

De acordo com os resultados, observou-se que *T. pretiosum* parasita ovos de *C. includens* presentes em todas as regiões das plantas (Tabela 2 e Tabela 3). No geral, as fêmeas do parasitoide parasitam os ovos indistintamente em relação aos terços das plantas. Além disso, não foi observado variação no número médio de ovos parasitados nas partes das plantas para a maioria dos estádios fenológicos avaliados, exceto para os estádios reprodutivos R1, R4 e R5, em que foi observado distinção no parasitismo. Por exemplo, no estágio R1, *T. pretiosum* parasitou mais ovos no terço superior das plantas que nos demais, observando-se um número quatro vezes maior de ovos parasitados nesta região do que no terço inferior (Tabela 2 e Tabela 4).

Tabela 2. Número médio de ovos de *C. includens* e de seus ovos parasitados por *T. pretiosum* presentes nos terços superior, médio e inferior de plantas de soja. Jaboticabal, 2012/13.

Estádios fenológicos	Número médio ($\pm$ EP) de ovos de <i>C. includens</i>					Número médio ($\pm$ EP) de ovos de <i>C. includens</i> parasitados por <i>T. pretiosum</i>				
	Superior	Médio	Inferior	X ²	P	Superior	Médio	Inferior	X ²	P
V5	0,13 $\pm$ 0,05a	0,08 $\pm$ 0,04a	0,03 $\pm$ 0,02a	3,15	0,21	0,02 $\pm$ 0,02a	0,00 $\pm$ 0,00a	0,02 $\pm$ 0,02a	1,01	0,61
V6	0,20 $\pm$ 0,06a	0,08 $\pm$ 0,04a	0,12 $\pm$ 0,05a	4,04	0,13	0,05 $\pm$ 0,03a	0,03 $\pm$ 0,02a	0,00 $\pm$ 0,00a	2,86	0,24
R1	0,22 $\pm$ 0,05a	0,16 $\pm$ 0,04a	0,17 $\pm$ 0,03a	0,54	0,76	0,13 $\pm$ 0,04a	0,04 $\pm$ 0,02b	0,03 $\pm$ 0,02b	9,11	0,01
R2	0,17 $\pm$ 0,05b	0,38 $\pm$ 0,11a	0,37 $\pm$ 0,10a	2,67	0,02	0,07 $\pm$ 0,04a	0,10 $\pm$ 0,05a	0,05 $\pm$ 0,03a	0,78	0,68
R3	0,08 $\pm$ 0,04c	0,30 $\pm$ 0,09a	0,23 $\pm$ 0,08b	3,77	0,05	0,05 $\pm$ 0,03a	0,05 $\pm$ 0,03a	0,07 $\pm$ 0,03a	0,21	0,90
R4	0,52 $\pm$ 0,07b	1,63 $\pm$ 0,15a	2,14 $\pm$ 0,21a	51,55	0,00	0,23 $\pm$ 0,05b	0,83 $\pm$ 0,12a	0,62 $\pm$ 0,09a	24,48	0,00
R5	0,37 $\pm$ 0,07b	0,91 $\pm$ 0,12a	0,50 $\pm$ 0,01b	14,46	0,00	0,18 $\pm$ 0,04c	0,35 $\pm$ 0,07a	0,25 $\pm$ 0,05b	3,04	0,02
R6	0,28 $\pm$ 0,07b	0,43 $\pm$ 0,09a	0,17 $\pm$ 0,05c	5,32	0,05	0,22 $\pm$ 0,06a	0,23 $\pm$ 0,06a	0,12 $\pm$ 0,04a	2,43	0,30
R7	0,12 $\pm$ 0,04a	0,07 $\pm$ 0,05b	0,02 $\pm$ 0,02b	6,29	0,04	0,08 $\pm$ 0,04a	0,02 $\pm$ 0,02a	0,02 $\pm$ 0,02a	4,73	0,09
Total	2,09 $\pm$ 0,15b	4,57 $\pm$ 0,28a	3,21 $\pm$ 0,22ab	47,29	0,00	1,03 $\pm$ 0,11b	1,65 $\pm$ 0,18a	1,17 $\pm$ 0,12a	6,64	0,04

Médias seguidas pela mesma letra entre os terços, na horizontal, não diferem entre si pelo Teste de Kruskal-Wallis ($P > 0,05$).

Assim como constatado para o número médio de ovos/planta, observou-se que os terço médio e inferior apresentaram maior densidade de ovos parasitados e porcentagem de parasitismo para o estágio fenológico R4 (Tabela 2 e Tabela 4). No estágio R5, o terço médio apresentou aproximadamente o dobro de ovos parasitados por *T. pretiosum* que o terço superior, apesar da porcentagem média de parasitismo ter sido similar entre os terços das plantas (Tabela 2 e Tabela 4).

Em relação à safra 2013/14, observou-se que houve variação na quantidade de ovos de *C. includens* presentes nos terços das plantas para grande parte dos estádios fenológicos avaliados (Tabela 3). No início das avaliações, no estágio vegetativo V5, *C. includens* ovipositou significativamente mais ovos nos terços superior e médio das plantas.

A partir do estágio fenológico V6 (sexta folha trifoliada completamente desenvolvida) até o estágio R4 (vagens completamente desenvolvidas), os terços médio e inferior foram os mais utilizados para oviposição pela praga (Tabela 3). Durante o pico de oviposição, que ocorreu em R2, observou-se que o terço médio apresentou significativamente quase duas vezes mais ovos que o terço superior. Com a redução no número médio de ovos nas plantas em R5, observou-se que a praga não distinguiu entre os terços das plantas para depositar seus ovos.

O número médio de ovos de *C. includens* parasitados por *T. pretiosum* em diferentes terços das plantas de soja foram semelhantes nos estágios vegetativos até o início do florescimento. Neste período, a taxa média de parasitismo variou de 11,11% a 28,95% (terços superior e médio em V5, respectivamente) (Tabela 4).

No estágio R2, período em que foi observado o pico de maior oviposição por *C. includens* (Figura 2), maior número de ovos parasitados se encontravam no terço médio, assim como o maior número de ovos (Tabela 3), representando 39,60% do total de ovos presentes nas plantas.

Nos estádios R3 e R4 foi constatado que os terços inferior e médio das plantas continham o maior número de ovos parasitados por *T. pretiosum*. Além disso, os índices de parasitismo observados em R4 nestes terços foram os

maiores durante o período avaliado (79,22% dos ovos presentes no terço inferior e 70,66% no terço médio) (Tabela 4).

Tabela 3. Número médio de ovos de *C. includens* e de seus ovos parasitados por *T. pretiosum* presentes nos terços superior, médio e inferior de plantas de soja. Jaboticabal, 2013/14.

Estádios fenológicos	Número médio ($\pm$ EP) de ovos de <i>C. includens</i>					Número médio ($\pm$ EP) de ovos de <i>C. includens</i> parasitados por <i>T. pretiosum</i>				
	Superior	Médio	Inferior	X^2	P	Superior	Médio	Inferior	X^2	P
V5	0,87 $\pm$ 0,04a	0,86 $\pm$ 0,04a	0,76 $\pm$ 0,02b	6,81	0,03	0,05 $\pm$ 0,03a	0,10 $\pm$ 0,04a	0,02 $\pm$ 0,02a	4,00	0,16
V6	0,15 $\pm$ 0,02b	0,22 $\pm$ 0,03a	0,14 $\pm$ 0,03b	6,71	0,03	0,05 $\pm$ 0,03a	0,10 $\pm$ 0,05a	0,02 $\pm$ 0,07a	4,18	0,12
R1	1,27 $\pm$ 0,17b	1,77 $\pm$ 0,26a	2,43 $\pm$ 0,55a	5,54	0,02	0,58 $\pm$ 0,12a	0,75 $\pm$ 0,14a	1,00 $\pm$ 0,29a	0,62	0,73
R2	1,53 $\pm$ 0,23b	2,80 $\pm$ 0,37a	2,47 $\pm$ 0,41a	5,60	0,05	1,02 $\pm$ 0,15b	2,03 $\pm$ 0,30a	1,38 $\pm$ 0,25b	7,04	0,03
R3	0,42 $\pm$ 0,10b	1,13 $\pm$ 0,22a	1,43 $\pm$ 0,36a	7,73	0,02	0,33 $\pm$ 0,08b	0,87 $\pm$ 0,18a	1,18 $\pm$ 0,29a	7,70	0,02
R4	0,15 $\pm$ 0,05b	0,53 $\pm$ 0,12a	0,53 $\pm$ 0,14a	6,37	0,04	0,08 $\pm$ 0,04b	0,47 $\pm$ 0,12a	0,48 $\pm$ 0,12a	9,11	0,01
R5	0,22 $\pm$ 0,06a	0,20 $\pm$ 0,05a	0,23 $\pm$ 0,08a	0,71	0,70	0,17 $\pm$ 0,05a	0,17 $\pm$ 0,05a	0,19 $\pm$ 0,07a	0,12	0,94
R6	0,10 $\pm$ 0,04a	0,50 $\pm$ 0,03a	0,10 $\pm$ 0,05a	1,08	0,58	0,08 $\pm$ 0,03a	0,03 $\pm$ 0,02a	0,08 $\pm$ 0,04a	1,35	0,51
R7	0,02 $\pm$ 0,02a	0,08 $\pm$ 0,04a	0,00 $\pm$ 0,00a	5,34	0,71	0,00 $\pm$ 0,00a	0,00 $\pm$ 0,00a	0,00 $\pm$ 0,00a	8,14	0,17
Total	4,61 $\pm$ 0,35b	7,75 $\pm$ 0,57a	7,97 $\pm$ 0,82a	18,61	0,00	2,39 $\pm$ 0,24b	4,68 $\pm$ 0,46a	4,41 $\pm$ 0,52a	17,18	0,00

Médias seguidas pela mesma letra entre os terços, na horizontal, não diferem entre si pelo Teste de Kruskal-Wallis ($P>0,05$).

Tabela 4. Porcentagem de parasitismo (% $\pm$ EP) de ovos de *C. includens* por *T. pretiosum* presentes nos terços superior, médio e inferior de plantas de soja. Jaboticabal, SP, 2012/13 e 2013/14.

Estádios Fenológicos	2012/13						2013/14					
	Superior	Médio	Inferior	X ²	P		Superior	Médio	Inferior	X ²	P	
V5	7,14 $\pm$ 07,14 a	0,00 $\pm$ 00,00 a	50,00 $\pm$ 50,00 a	2,77	0,25		11,11 $\pm$ 06,46 a	28,95 $\pm$ 09,61 a	16,67 $\pm$ 16,67 a	2,28	0,32	
V6	22,73 $\pm$ 12,36 a	37,50 $\pm$ 23,94 a	0,00 $\pm$ 00,00 a	3,13	0,21		6,13 $\pm$ 03,05 a	11,81 $\pm$ 04,03 a	3,92 $\pm$ 02,19 a	1,81	0,40	
R1	47,12 $\pm$ 10,89 a	21,30 $\pm$ 09,12 b	13,54 $\pm$ 07,64 b	9,38	0,01		20,44 $\pm$ 04,06 a	17,88 $\pm$ 02,74 a	16,92 $\pm$ 02,76 a	0,14	0,93	
R2	21,11 $\pm$ 11,84 a	13,33 $\pm$ 05,91 a	11,79 $\pm$ 07,89 a	0,44	0,80		25,91 $\pm$ 03,96 b	39,60 $\pm$ 04,14 a	30,11 $\pm$ 04,41 b	8,05	0,02	
R3	45,00 $\pm$ 22,91 a	9,72 $\pm$ 05,21 a	20,83 $\pm$ 10,49 a	2,29	0,32		38,29 $\pm$ 07,89 b	44,26 $\pm$ 05,45 b	54,57 $\pm$ 05,97 a	3,43	0,01	
R4	10,52 $\pm$ 02,60 b	21,71 $\pm$ 02,66 a	17,03 $\pm$ 02,17 a	12,50	0,00		17,60 $\pm$ 06,43 b	70,66 $\pm$ 08,40 a	79,22 $\pm$ 07,40 a	14,25	0,01	
R5	14,80 $\pm$ 03,02 a	22,98 $\pm$ 03,69 a	24,02 $\pm$ 05,22 a	1,91	0,39		47,19 $\pm$ 08,70 a	59,44 $\pm$ 09,16 a	51,19 $\pm$ 08,23 a	1,29	0,52	
R6	60,12 $\pm$ 10,56 a	55,70 $\pm$ 10,51 a	47,22 $\pm$ 13,89 a	0,74	0,69		75,00 $\pm$ 17,08 a	50,00 $\pm$ 28,87 a	70,00 $\pm$ 20,00 a	0,80	0,67	

Médias seguidas pela mesma letra entre os terços, na horizontal, não diferem entre si pelo Teste Kruskal-Wallis ($P>0,05$).

De modo geral, os resultados destacam que os terços inferior e médio das plantas, a partir do estágio R1, aparentam ser mais adequados para oviposição de *C. includens* (Tabela 2 e Tabela 3). Valverde (2007), em um estudo conduzido em Tucumán, Argentina, observaram que o terço médio das plantas de soja são mais preferidos para oviposição pela praga; enquanto isso, Pansera-de-Araújo et al. (1999), registraram maior número de ovos de *C. includens* no terço inferior de plantas de soja em Pestana, RS. No entanto, Mascarenhas e Pitre (1997) e Jost e Pitre (2002) encontraram resultados distintos, em que registraram maior concentração de ovos da praga nas regiões média e superior do dossel das plantas.

Ao comparar a distribuição de ovos de outros noctuídeos nas plantas, Duffield e Chapple (2001) encontraram maior número de ovos de *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) e *H. punctigera* (Wallengren, 1886) (Lepidoptera: Noctuidae), nos primeiro 20 cm do topo do dossel da cultura da soja. No algodão, Ali et al. (1989) notaram que a postura de *S. frugiperda* ocorre principalmente nos terços médio para o inferior. Ainda nesta cultura, Fraga (2012) registrou que *A. argillacea* e *H. virescens* possuem comportamento similar de oviposição, preferindo depositar seus ovos no terço superior e médio das plantas. Já Sobrinho, Young e Young (1991), observaram maior número de ovos de *H. zea* no estrato superior da planta de algodão.

Em relação ao comportamento de parasitismo de *T. pretiosum* em ovos de *C. includens* presentes em diferentes partes do dossel das plantas, observou-se que o período de maior oviposição ocorreu nos estádios reprodutivos da soja, e também foram os períodos com maior porcentagem de parasitismo em qualquer terço das plantas. Esta característica de distinção entre os locais de oviposição faz parte do comportamento individual de fêmeas do parasitoide, que buscam realizar o parasitismo em ambientes que sejam favoráveis para o desenvolvimento de sua progênie (TENTELIER; DESOUHANT; FAUVERGUE, 2006). Além disso, os insetos podem apresentar características para estimar a qualidade do local em que se encontra o hospedeiro, o que pode otimizar o tempo gasto em cada local para oviposição (CHARNOV, 1976).

Entre os fatores que podem interferir na eficiência de *Trichogramma*, deve-se considerar a localização do ovo hospedeiro da praga e a localização do ovo no dossel das plantas (VINSON, 1997; ROMEIS et al., 2005). Características das plantas, tais como quantidade de tricomas, cerosidade e forma da superfície das folhas, bem como o tamanho da planta, podem fornecer dificuldades ao processo de forragear de *Trichogramma* spp. para encontrar o ovo hospedeiro, reduzindo assim a taxa de parasitismo (ROMEIS et al., 2005; OLSON; ANDOW, 2006).

Além disso, estas características da planta podem promover mudanças comportamentais da praga alvo, tais como alteração na escolha do local de oviposição para escapar do ataque de inimigos naturais, ou locais mais tenros que forneçam mais nutrientes para os seus descendentes (SHIOJIRI; TAKABAYASHI, 2003; REDDY et al., 2004; HAMILTON et al. 2005) e que pode coincidir com locais na planta que apresentam barreiras morfológicas que poderiam dificultar o parasitismo por *Trichogramma* spp. (FARIA et al. 2008).

No entanto, ao avaliar o número médio de adultos de *T. pretiosum* emergidos por ovo, observou-se que este parâmetro não foi influenciado pelo local de oviposição de *C. includens* em grande parte das avaliações (Tabela 5). De fato, apenas para os estádios fenológicos V6 e R4 durante a primeira safra e R4 e R5 na segunda safra houveram variações no número médio de adultos do parasitoide emergidos de ovos presentes no dossel das plantas. Na safra 2012/2013, os ovos parasitados no terços inferior e médio das plantas em V6 apresentaram, em média, 0,79 adultos a mais de *T. pretiosum* que os ovos que se encontravam no terço superior, enquanto que em R4, ovos presentes nestas regiões adicionaram significativamente 0,35 adultos por ovo que os no terço superior (Tabela 5).

Em relação à safra 2013/14, observou-se que emergiu uma quantidade significativamente maior de adultos nos ovos presentes no terço superior e médio de plantas nos estágios R4 e R5 (Tabela 5), com 1,65 e 0,56 adultos de *T. pretiosum* a mais que no terço inferior, respectivamente.

Os resultados obtidos na estimativa da razão sexual de adultos de *T. pretiosum* emergidos de ovos de *C. includens*, indicam que os locais ou regiões das plantas para a sua oviposição não influenciam na proporção de machos e

fêmeas presentes no campo (Tabela 6), exceto para os estádios fenológicos R1 e R4 na safra 2012/2013. De modo geral, a razão sexual foi de 0,69, 0,67 e 0,67 para os terços superior médio e inferior, respectivamente para os dois anos agrícolas estudados.

Tabela 5. Número médio de adultos de *T. pretiosum* emergidos por ovo de *C. includens* presentes nos terços superior, médio e inferior de plantas de soja. Jaboticabal, SP, 2012/13 e 2013/14.

Estádios Fenológicos	2012/13					2013/14				
	Superior	Médio	Inferior	X ²	P	Superior	Médio	Inferior	X ²	P
V5	1,67 ± 0,21a	2,13 ± 0,31a	1,50 ± 0,50a	1,46	0,48	1,67 ± 0,33a	1,50 ± 0,43a	1,00 ± 0,58a	0,87	0,65
V6	1,00 ± 0,21b	1,75 ± 0,48a	1,83 ± 0,31a	4,56	0,01	1,25 ± 0,48a	1,39 ± 0,41a	2,00 ± 0,58a	0,87	0,65
R1	1,50 ± 0,21a	1,00 ± 0,25a	1,33 ± 0,43a	3,14	0,21	1,28 ± 0,21a	1,18 ± 0,19a	1,92 ± 0,63a	1,15	0,56
R2	1,19 ± 0,56a	1,50 ± 0,47a	1,40 ± 0,21a	0,86	0,65	1,06 ± 0,14a	1,09 ± 0,10a	1,38 ± 0,20a	2,54	0,28
R3	1,40 ± 0,24a	1,42 ± 0,29a	1,35 ± 0,26a	0,04	0,98	1,47 ± 0,36a	1,31 ± 0,21a	1,48 ± 0,26a	0,20	0,90
R4	0,90 ± 0,14b	1,32 ± 0,11a	1,18 ± 0,12a	6,39	0,04	2,80 ± 1,16a	2,41 ± 0,34a	0,96 ± 0,16b	11,89	0,03
R5	0,97 ± 0,19a	1,06 ± 0,20a	1,06 ± 0,21a	0,06	0,97	2,03 ± 0,39a	2,06 ± 0,39a	1,49 ± 0,35b	1,30	0,04
R6	1,43 ± 0,37a	1,31 ± 0,29a	1,29 ± 0,32a	0,09	0,96	1,80 ± 0,37a	1,50 ± 0,50a	2,63 ± 1,03a	0,87	0,65

Médias seguidas pela mesma letra entre os terços, na horizontal, não diferem entre si pelo Teste Kruskal-Wallis (P>0,05).

Tabela 6. Razão sexual de adultos de *T. pretiosum* emergidos presentes nos terços superior, médio e inferior de plantas de soja. Jaboticabal, SP, 2012/13 e 2013/14.

Estádios Fenológicos	2012/13					2013/14				
	Superior	Médio	Inferior	X ²	P	Superior	Médio	Inferior	X ²	P
V5	0,87 ± 0,08a	0,58 ± 0,49a	0,75 ± 0,25a	3,75	0,15	0,75 ± 0,25a	0,63 ± 0,19a	0,50 ± 0,29a	0,41	0,82
V6	0,56 ± 0,15a	0,67 ± 0,12a	0,74 ± 0,13a	0,62	0,73	0,67 ± 0,17a	0,69 ± 0,85a	0,81 ± 0,10a	1,42	0,49
R1	0,65 ± 0,09a	0,47 ± 0,10b	0,42 ± 0,11b	2,23	0,00	0,63 ± 0,06a	0,74 ± 0,61a	0,68 ± 0,07a	1,39	0,50
R2	0,74 ± 0,12a	0,59 ± 0,12a	0,66 ± 0,10a	0,62	0,73	0,72 ± 0,41a	0,70 ± 0,32a	0,64 ± 0,62a	0,84	0,66
R3	0,80 ± 0,12a	0,60 ± 0,1a	0,67 ± 0,09a	1,01	0,61	0,72 ± 0,07a	0,64 ± 0,05a	0,66 ± 0,06a	0,71	0,70
R4	0,69 ± 0,12b	0,81 ± 0,05a	0,63 ± 0,08b	2,77	0,03	0,66 ± 0,06a	0,64 ± 0,54a	0,72 ± 0,07a	4,77	0,09
R5	0,76 ± 0,58a	0,75 ± 0,73a	0,87 ± 0,06a	2,31	0,32	0,68 ± 0,10a	0,75 ± 0,55a	0,64 ± 0,10a	1,30	0,52
R6	0,92 ± 0,83a	0,69 ± 0,12a	0,61 ± 0,11a	3,24	0,20	0,60 ± 0,07a	0,75 ± 0,25a	0,77 ± 0,14a	0,87	0,65

Médias seguidas pela mesma letra entre os terços, na horizontal, não diferem entre si pelo Teste Kruskal-Wallis (P>0,05).

Muitas pesquisas tem demonstrado a interação entre parasitoides e seus respectivos hospedeiros, sendo relatado que espécies de *Trichogramma* podem permanecer mais tempo em áreas impregnadas com feromônios sexuais do hospedeiro (LAING, 1937; BEEVERS et al. 1981; GARDNER; van LENTEREN, 1986). Ao mesmo tempo, os voláteis de plantas, assim como outras características presentes nas plantas, podem influenciar, juntamente ao hospedeiro, o comportamento de *Trichogramma* em um microhabitat (GARCIA; PIQUEIRAS, 1985; NORDLUND; CHALFANT; LEWIS, 1985).

Além dos voláteis possivelmente induzidos após a alimentação, diversos estudos têm demonstrado que a oviposição por fêmeas de herbívoros também podem desencadear a liberação de compostos voláteis em plantas que podem atrair fêmeas de parasitoides de ovos (HILKER; FATOUROS, 2015). Em um estudo com mostarda-preta, foi constatado que fêmeas do parasitoide *Trichogramma brassicae* Bezdenko, 1968 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) são atraídas por voláteis emitidos pela planta após a oviposição por dois lepidópteros-praga, *Pieris brassicae* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Pieridae) e *Mamestra brassicae* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Noctuidae) (FATOUROS et al., 2009; FATOUROS et al., 2012).

Assim que o habitat do herbívoro é localizado, inimigos naturais utilizam compostos emitidos pela presa/hospedeiro (caiomônios), tais como voláteis emitidos por escamas próximas ao ovipositor, 'honeydew' ou excrementos. Ao contrário dos voláteis de plantas, os caiomônios fornecem uma fonte mais confiável para inimigos naturais quanto à localização de seu alvo. No entanto, a capacidade de detecção desses caiomônios é inferior à dos voláteis de plantas, isto é, os inimigos naturais precisam estar mais próximos da fonte emissora de sinais químicos (VET; DICKE, 1992).

De modo geral, ao se tratar de índices de parasitismo natural, os resultados obtidos neste estudo demonstram uma boa eficiência do parasitoide no controle biológico natural da praga, de modo que estudos mais aplicados quanto a biologia e comportamento do parasitoide em agroecossistemas se fazem necessários (ZUCCHI; QUERINO; MONTEIRO, 2010). No Brasil muito se pesquisa *T. pretiosum* em condições de laboratório, com pretensões de liberação massal em grandes culturas, como algodão, soja, milho e cana-de-açúcar, porém, poucos são os

conhecimentos bioecológicos e comportamentais do parasitoide no campo, e suas taxas naturais de ovos parasitados.

O entendimento do comportamento do parasitoide em campo é fundamental para otimizar as técnicas de amostragem, observando se ocorre, naturalmente, o parasitismo de ovos da praga, auxiliando na tomada de decisão para as medidas de controle, sendo esta uma base fundamental de um programa de manejo integrado de pragas.

Dessa forma, estudos que analisem a distribuição vertical de inimigos naturais no dossel das plantas também são importantes, visto que a praga e os inimigos naturais estão inter-relacionados, auxiliando, assim, na execução de amostragens mais rápidas e confiáveis, visto a potencialidade do agente de controle biológico.

4. Conclusões

- *Chrysodeixis includens* oviposita mais intensamente a partir da fase reprodutiva e preferencialmente nos terços médio e inferior de plantas de soja;
- *Trichogramma pretiosum* foi a única espécie do gênero que emergiu de ovos de *C. includens* coletados, em que à medida que aumenta a quantidade de ovos da praga, há um acréscimo na quantidade de ovos parasitados;
- A liberação de *T. pretiosum* em programas de controle biológico aplicado é sugerida a partir do final dos estádios vegetativos da cultura da soja.

5. Referências

- ALI, A.; LUTTRELL, R. G.; PITRE, H. N.; DAVIS, F. M. Distribution of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) egg masses on cotton. **Environmental Entomology**, Orlando, v. 18, n. 5, p. 881-885, oct. 1989.
- AVANCI, M. R. F.; FOERSTER, L. A.; CAÑETE, C. L. Natural parasitism in eggs of *Anticarsia gemmatilis* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae) by *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 49, n. 1, p. 148-151, 2005.
- BEEVERS, M.; LEWIS, W. J.; GROSS JR., H. R.; NORDLUND, D. A. Kairomones and their use for management of entomophagous insects: X. Laboratory studies on manipulation of host-finding behavior of *Trichogramma pretiosum* Riley with a kairomone extracted from *Heliothis zea* (Boddie) moth scales. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 7, p. 635-648, 1981.
- BOTELHO, P. M. Eficiência de *Trichogramma* em campo. In: PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A. (Eds.). **Trichogramma e o controle biológico aplicado**. Piracicaba: FEALQ, 1997, p. 303-318.
- BUENO, A. F.; PANIZZI, A. R.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; HOFFMAN-CAMPO, C. B.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; GAZZONI, D. L.; HIROSE, E.; MOSCARDI, F.; CORSO, I. C.; OLIVEIRA, L. J.; ROGGIA, S. Histórico e evolução do manejo integrado de pragas da soja no Brasil. In: HOFFMAN-CAMPO, C. B.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. (Eds.). **Soja: Manejo Integrado de Insetos e outros Artrópodes-Praga**. Brasília: Embrapa Soja, 2012, p. 37-74.
- BUENO, R. C. O. F.; BUENO, A. F.; PARRA, J. R. P.; VIEIRA, S. S.; OLIVEIRA, L. J. Biological characteristics and parasitism capacity of *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) on eggs of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 52, n. 2, p. 322-327, 2010.
- BUENO, R. C. O. F.; PARRA, J. R. P.; BUENO, A. F.; HADDAD, M. L. Desempenho de Tricogramatídeos como potenciais agentes de controle de *Pseudoplusia includens* Walker (Lepidoptera: Noctuidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 38, p. 389-394, 2009.
- BUENO, R. C. O. F.; PARRA, J. R. P.; BUENO, A. F.; MOSCARDI, F.; OLIVEIRA, J. R.G.; CAMILLO, M. F. Sem barreira. **Revista Cultivar**, Pelotas, v. 93, p.12-15, 2007.

BUSOLI, A. C.; GRIGOLLI, J. F. J.; FRAGA, D. F.; SOUZA, L. A.; FUNICHELLO, M.; NAIS, J.; SILVA, E. A. Atualidades no MIP algodão no cerrado brasileiro. In: BUSOLI, A. C.; FRAGA, D. F.; SANTOS, L. C.; ALENCAR, J. R. C. C.; GRIGOLLI, J. F. J.; JANINI, J. C.; SOUZA, L. A.; VIANA, M. V.; FUNICHELLO, M. (Ed.). **Tópicos em Entomologia Agrícola IV**. Jaboticabal: Multipress, 2011. p. 117-138.

BUSOLI, A. C.; FRAGA, D. F.; CROSARIOL NETTO, J.; ALENCAR, J. R. C. C.; SOUZA, L. A.; VALENTE, F. I. Atualidades em Manejo Integrado de Pragas. In: BUSOLI, A. C.; ALENCAR, J. R. C. C.; FRAGA, D. F.; SOUZA, B. L. A.; SOUZA, B. H. S.; GRIGOLLI, J. F. J. **Tópicos em Entomologia Agrícola – VI**. Jaboticabal (SP): Maria de Lourdes Brandel, 2013, p. 185-206.

CHARNOV, E. L. Optimal foraging: the marginal value theorem. **Theoretical Population Biology**, New York, v. 9, p. 129-136, 1976.

CÔNSOLI, F. L.; ROSSI, M. M.; PARRA, J. R. P. Developmental time and characteristics of the immature stages of *Trichogramma galloi* and *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 43, n. 3, p. 271-275, 1999.

CROSARIOL NETTO, J.; BARROS, E. M.; BUSOLI, A. C. Manejo de pragas em cultivos sucessivos no Centro-Oeste brasileiro. In: BUSOLI, A. C.; CASTILHO, R. C.; ANDRADE, D. J.; ROSSI, G. D.; VIANA, D. L.; FRAGA, D. F.; SOUZA, L. A. (Eds.). **Tópicos em Entomologia Agrícola - VIII**. Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel, 2015. p.39-50.

DUFFIELD, S. J.; CHAPPLE, D. G. Within-plant distribution of *Helicoverpa armigera* (Hübner) and *Helicoverpa punctigera* (Wallengren) (Lepidoptera: Noctuidae) eggs on irrigated soybean. **Australian Journal of Entomology**, Malden, v. 40, p. 151-157, 2001.

ECKEL, C. S.; TERRY, L. I.; BRADLEY, J. R.; DUYN, J. W. V. Changes in within-plant distribution of *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) on soybeans. **Environmental Entomology**, Orlando, v. 21, p. 287-293, 1992.

FARIA, C. A.; TORRES, J. B.; FERNANDES, A. M. V.; FARIAS, A. M. I. Parasitism of *Tuta absoluta* in tomato plants by *Trichogramma pretiosum* Riley in response to host density and plant structures. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, p.1504-1509, 2008.

FATOUROS, N. E.; PASHALIDOU, F. G.; APONTE CORDERO, W. V.; van LOON, J. J. A.; MUMM, R. Anti-aphrodisiac compounds of male butterflies increase the risk of egg parasitoid attack by inducing plant synomones production. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v.35, p.1373–81, 2009.

FATOUROS, N. E.; LUCAS-BARBOSA, D.; WELDEGERGIS, B. T.; PASHALIDOU, F. G.; van LOON, J. J. A. Plant volatiles induced by herbivore egg deposition affect insects of different trophic levels. **Plos One**, São Francisco, v. 7, p.e43607, 2012.

FEENY, P. Plant apparency and chemical defense. In: WALLACE, W.; MANSELL, R. L. (Eds). **Recent Advances in Phytochemistry**. New York: Plenum Press, 1976, p. 1–40.

FEHR, W. R; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Techonoly, 1977. 11p. (Special Report 80).

FERNANDES, M. G.; BUSOLI, A. C.; DEGRANDE, P. E. Parasitismo natural de ovos de *Alabama argillacea* (Hübner, 1818) e *Heliothis virescens* (Fabricius, 1781) (Lepidoptera: Noctuidae) por *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em algodoeiro no Mato Grosso do Sul. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 28, n. 4, p. 695-701, 1999.

FERNANDES, M. G.; SILVA, A. M.; DEGRANDE, P. E.; CUBAS, A. C. Distribuição vertical de lagartas de *Alabama argillacea* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) em plantas de algodão. **Manejo Integrado de Plagas y Agroecología**, Costa Rica, n. 78, p. 28-35, 2006.

FOERSTER, M. R.; MARCHIORO, C. A.; FOERSTER, L. A. How *Trichogramma* survives during soybean offseason in Southern Brazil and the implications for its success as a biocontrol agent. **BioControl**, Dordrecht, v. 60, p. 1-11, 2015.

FRAGA, D. F. **Distribuição vertical e temporal de ovos de *Alabama argillacea* e de *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) e parasitismo natural por *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae)**. 2012. 89f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2012.

GARCIA, T. C; PIQUEIRA, P. V. Estudio com olfactometro de la influencia de la planta del insect huesped en la actividad de busqueda de *Trichogramma cordubensis* Vargas y Cabello y de *T. sp. p. buesi* (Hym.: Tricho.). **Boletin del Servicio de Defensa contra Plagas e Inspeccion Fitopatologica**, Madri, v. 2, p. 237-241, 1985.

GARDNER, S. M.; van LENTEREN, J. C. Characterization of the arrestment responses of *Trichogramma evanescens*. **Oecologia**, Berlin, v. 68, p. 265-270, 1986.

HAMILTON, A. J.; ENDERSBY, N. M.; RIDLAND, P. M.; ZHANG, J.; NEAL, M. Effects of cultivar on oviposition preference, larval feeding and development time of diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), on some *Brassica oleracea* vegetables in Victoria. **Australian Journal of Entomology**, Malden, v. 44, p. 284-287, 2005.

HAWKINS, B. A.; MILLS, N. J.; JERVIS, M. A.; PRICE, P. W. Is the biological control of insects a natural phenomenon? **Oikos**, Copenhagen, v. 86, p. 493-503, 1999.

HILKER, M.; FATOUROS, N. E. Plant response to egg deposition. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 60, p.493-515, 2015.

HODDLE, M. S.; VAN DRIESCHE, R. G. Biological control of insects pests. In: SCHOWALTER, T. D. **Insect Ecology**. 2.ed. San Diego: American Press, 2009. p. 91-101.

HOFFMANN-CAMPO, C. B.; MOSCARDI, F.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; OLIVEIRA, L. J.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; PANIZZI, A. R.; CORSO, I. C.; GAZZONI, D. L.; OLIVEIRA, E. B. **Pragas da soja no Brasil e seu manejo integrado**. Londrina: Embrapa Soja, 2000. 70p. (Circular Técnica, 30).

JOST, D. J.; PITRE, H. N. Soybean looper (Lepidoptera: Noctuidae) oviposition on cotton and soybean of different growth stages: influence of olfactory stimuli. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 2, n. 95, p. 286-293, 2002.

LAING, J. Host-finding by insect parasites. I. Observations on the finding of hosts by *Alysia manducator*, *Mormoniella vitripennis* and *Trichogramma evanescens*. **Journal of Animal Ecology**, Oxford, v. 6, n. 298-317, 1937.

LI, L. Y. Worldwide use of *Trichogramma* for biological control on different crops: a survey. In: WANJBERG, E.; HASSAN, S. A. (Eds.). **Biological control with eggs parasitoids**. Wallingford: CAB International, 1994. p. 37-53.

MASCARENHAS, R. N.; PITRE, H. N. Oviposition responses of soybean looper (Lepidoptera: Noctuidae) to varieties and growth stages of soybean. **Environmental Entomology**, Orlando, v. 26, p. 76-83, 1997.

MICHELOTTO, M. D; CROSARIOL NETTO, J; GRIGOLLI, J. F. G; BUSOLI, A. C. Pragas de Solo em Sistemas de Cultivo Direto: Casos do Algodoeiro, soja, milho em

São Paulo, Paraná e Centro-Oeste do Brasil. In: BUSOLI, A. C; FRAGA, D. F; SANTOS, L. C; ALENCAR, J. R. C. C; GRIGOLLI, J. F; JANINI, J. C; SOUZA, L. A; VIANA, M. A; FUNICHELLO, M. **Tópicos em Entomologia Agrícola - IV**. Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel, 2011, p.237-250.

MIRANDA, M. A. C.; MASCARENHAS, H. A. A.; TANAKA, R. T.; BRAGA, N. R.; Leguminosas: soja. In: FAHL, J. L.; CAMARGO, M. B. P.; PIZZINATTO, M. A.; BETTI, J. A.; MELO, A. M. T.; DEMARIA, I. C.; FURLANI, A. M. C. (Eds.). **Boletim 200 - Instruções para as principais culturas econômicas**. Campinas: Atual, 1998. p.297-299.

NORDLUND, D. A.; CHALFANT, R. B.; LEWIS, W. J. Response of *Trichogramma pretiosum* females to extracts of two plants attacked by *Heliothis zea*. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.12, p. 127-133, 1985.

OLSON, D. M.; ANDOW, D. A. Walking pattern of *Trichogramma nubilale* Ertle & Davis (Hymenoptera: Trichogrammatidae) on various surfaces. **Biological Control**, Orlando, v.39, p. 329-335, 2006.

PANSERA-DE-ARAÚJO, M. C. G.; CRUZ, I. B. M.; CAVALHEIRO, M.; DE OLIVEIRA, A. K. Placement of noctuid eggs (Lepidoptera) on soybean plants. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 92, p. 702-706, 1999.

PITRE, H. N.; MULROONEY, J. E.; HOGG, D. B. Fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) oviposition: crop preferences and egg distribution on plants. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 76, p. 463-466, 1983.

QUERINO, R. B.; ZUCCHI, R. A. **Guia de identificação de *Trichogramma* para o Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011.103 p.

REDDY, G. V. P.; TABONE, E.; SMITH, M. T. Mediation of host selection and oviposition behavior in the diamondback moth *Plutella xylostella* and its predator *Chrysoperla carnea* by chemical cues from cole crops. **Biological Control**, Orlando, v. 29, p. 270-277, 2004.

ROMEIS, J.; BABENDREIER, D.; WÄCKERS, F. L.; SHANOWER, T. G. Habitat and plant specificity of *Trichogramma* egg parasitoids-underlying mechanisms and implications. **Basic and Applied Ecology**, Jena, v. 6, p. 215-236, 2005.

SCHIMIDT, J. M.; SMITH, J. J. B. Host volume measurement by a parasitoid wasp, *Trichogramma minutum*: the roles of curvature and surface area. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 39, p. 213-221, 1985.

SHIOJIRI, K.; TAKABAYASHI, J. Effects of specialist parasitoids on oviposition preference of phytophagous insects: encounter–dilution effects in a tritrophic interaction. **Ecological Entomology**, London, v. 28, p. 573-578, 2003.

SOBRINHO, R. B.; YOUNG, J. H.; YOUNG, L. J. Vertical distribution of eggs and larvae of the bollworm within the cotton plant. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, p. 1873-1878, 1991.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; CORSO, I. C.; OLIVEIRA, L. J.; MOSCARDI, F.; PANIZZI, A. R.; BUENO, A. de F.; HIROSE, E. **Manual de identificação de insetos e outros invertebrados da cultura da soja**. Londrina: Embrapa-CNPSo, 2010. 90p. (Embrapa – CNPSo, Documentos, 269).

SOSA-GÓMEZ, D. R.; DELPIN, K. E.; MOSCARDI, F.; NOZAKI, M. H. The impact of fungicides on *Nomuraea rileyi* (Farlow Sampson) epizootics and on population of *Anticarsia gemmatilis* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae), on soybean. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 32, p. 287-291, 2003.

TAYLOR, T. A.; STERN, V. M. Host preference studies with eggs parasite *Trichogramma semifumatum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 64, p. 1381-1390, 1971.

TENTELIER, C.; DESOUHANT, E.; FAUVERGUE, X. Habitat assessment by parasitoids: mechanisms for patch use behavior. **Behavioral Ecology**, Cary, v. 17, n. 4, p. 515-521, 2006.

TRICHILO, P. J.; WILSON, L. T.; MACK, T. P. Spatial and temporal dynamics of the three-cornered alfalfa hopper (Homoptera: Membracidae) on soybeans. **Environmental Entomology**, College Park, v. 22, p. 802-809, 1993.

VALVERDE, L. Abundancia y distribución de los huevos de las principales especies de lepidópteros noctuidos plagas en el cultivo de soja em Tucumán, Argentina. **Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas**, Madrid, v. 33, p. 163-168, 2007.

VET, L. E. M.; DICKE, M. Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic context. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 37, p. 141-172, 1992.

VET, L. E. M.; WACKËRS, F. L.; DICKE, M. How to hunt for hiding hosts: the reliability-detectability problem in foraging parasitoids. **Netherlands Journal of Zoology**, Leiden, v. 41, p. 202-213, 1991.

VINSON, S. B.; The behavior of parasitoids. In: KERKUT, G. A.; GILBERT, L. I. (Eds). **Comprehensive insect physiology biochemistry and pharmacology**. Pergamon, New York, 1985, p. 417-469.

VINSON, S. B. Comportamento de seleção hospedeira de parasitóides de ovos, com ênfase na família Trichogrammatidae. In: PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A. (Eds.). **Trichogramma e o controle biológico aplicado**. Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 67-119.

VINSON, S. B. The general host selection behavior of parasitoid Hymenoptera and a comparison of initial strategies utilized by larvaphagous and oophagous species. **BioControl**, Dordrecht, v. 11, p. 79-97, 1998.

WISCH, L. N. **Flutuação populacional dos principais noctuídeos e distribuição vertical de ovos e larvas na cultura da soja**. 2011. 83f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Agricultura). Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2011.

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

ZUCCHI, R. A.; QUERINO, R. B.; MONTEIRO, R. C. Diversity and hosts of *Trichogramma* in the New World, with emphasis in South America. In: CÔNSOLI, F. L.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A. (Eds). **Egg parasitoids in agroecosystems with emphasis on *Trichogramma***. New York: Springer, 2010. p. 219-236.

CAPÍTULO 3 – RESPOSTAS COMPORTAMENTAIS DO PERCEVEJO PIRATA *Orius insidiosus* PARA TRIDECANO, UM VOLÁTIL ASSOCIADO A *Halyomorpha halys*

RESUMO – O percevejo marrom marmorizado, *Halyomorpha halys* (Stål, 1855), é nativo da Ásia e se tornou uma praga de culturas agrícolas, como frutíferas e leguminosas, nos Estados Unidos da América, sendo detectada pela primeira vez em 1996. Insetos predadores utilizam ovos e ninfas de *H. halys* como presa; no entanto, os sinais químicos utilizados na localização destas presas são desconhecidos. No presente estudo, foi testado a hipótese de que tridecano, um volátil associado à *H. halys*, atua como um cairomônio para o percevejo predador *Orius insidiosus* (Say, 1832). Para tanto, foram conduzidos experimentos em laboratório, casa-de-vegetação e em campo para: a) avaliar a atração de *O. insidiosus* para voláteis emitidos por *H. halys* e por vagens de feijão danificadas pela praga, além da sua atração para tridecano e os efeitos sobre predação de ovos em experimentos com gaiolas; b) registrar, com o auxílio de vídeos, a resposta comportamental de machos e fêmeas de *O. insidiosus* para tridecano em um olfatômetro de quatro vias; c) testar se o predador é atraído para armadilhas adesivas associadas à tridecano em campos de pêssego, mirtilo e girassol e os efeitos sobre a predação de ovos no campo. Em casa-de-vegetação, *O. insidiosus* foi atraído para vagens de feijão danificadas por *H. halys*. Além disso, o predador também foi atraído para plantas artificiais com a presença de tridecano. No entanto, esta atração não influenciou na predação de ovos de *Ostrinia nubilalis* (Hübner, 1796). Embora machos e fêmeas de *O. insidiosus* permanecessem mais tempo na via do olfatômetro com tridecano, machos foram mais sensíveis ao volátil que fêmeas. No campo, *Orius* spp. foram atraídos para armadilhas com tridecano, porém, não foi observado incremento na predação de ovos de *O. nubilalis*. Tais informações indicam que apesar de *O. insidiosus* ser atraído por tridecano, esta atração não possibilita aumento na predação de ovos, possivelmente devido ao fato de que tridecano age de forma arrestante sobre o comportamento de *O. insidiosus*.

Palavras-chave: Anthocoridae, controle biológico conservativo, cairomônio, inimigos naturais, iscas sintéticas, Pentatomidae, pragas invasoras

1. Introdução

Conforme proposto pela hipótese da liberação de inimigos naturais, pragas invasoras geralmente impõem um desafio maior para um programa de Manejo Integrado de Pragas (MIP), principalmente devido ao fato de chegarem ao novo território livres de inimigos naturais (KEANE; CRAWLEY, 2002; COLAUTTI et al., 2004; PIMENTEL; ZUNIGA; MORRISON, 2005).

Inimigos naturais em territórios exóticos raramente estão adaptados para localizar e utilizar pragas invasoras como presas viáveis, e o tempo necessário para esta adaptação é relativo, impedindo a regulação natural destas espécies invasoras (CHABAANE et al., 2015). Uma das razões para este fato é que inimigos naturais no território invadido ainda não reconhecem compostos químicos emitidos pela espécie invasora (caiomônios, por exemplo) e são, conseqüentemente, incapazes de localizá-los (DESURMONT et al., 2014). Desta forma, o entendimento da resposta comportamental de inimigos naturais para voláteis emitidos por pragas invasoras é crucial para a conservação e liberações inundativas em agroecossistemas.

Estes agentes de controle biológico, tais como predadores e parasitoides, são conhecidos por utilizar sinais químicos durante o comportamento de busca de presas e hospedeiros (TURLINGS; TUMLINSON; LEWIS, 1990). Tais sinais químicos envolvem voláteis emitidos por plantas em resposta à injúria causada pelo inseto e/ou por voláteis emitidos pelo próprio fitófago (NINKOVIC; AL ABASSI; PETTERSSON, 2001; DE BOER; DICKE, 2004; van DEN BOOM et al., 2004; ZHU; PARK, 2005). De fato, inimigos naturais podem ser atraídos por compostos voláteis específicos, ou até mesmo para concentrações específicas de determinados voláteis dentro de uma 'pluma' de voláteis produzidas pela planta e/ou pela presa/hospedeiro (DE MORAES et al., 1998; REDDY; HOLOPAINEN; GUERRERO, 2002; COLAZZA et al., 2014).

Estes voláteis, uma vez identificados, podem ser utilizados para atrair inimigos naturais em agroecossistemas (RODRIGUEZ-SAONA; FROST, 2010; KELLY; HAGLER; KAPLAN, 2014). Dentre os compostos, salicilato de metila (MeSA), um volátil comumente emitido por plantas após o dano de fitófagos, tem sido relatado na indução de respostas comportamentais em diversos grupos de insetos

predadores de pragas agrícolas (GADINO; WALTON; LEE, 2012; JAMES; PRICE, 2004; KELLY; HAGLER; KAPLAN, 2014; KHAN et al., 2008; RODRIGUEZ-SAONA et al., 2011).

O percevejo marrom marmorizado, *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) (Hemiptera: Pentatomidae), é uma praga invasora recentemente introduzida nos Estados Unidos da América (EUA) (LESKEY et al., 2012; XU et al., 2014). Originária da Ásia, inicialmente foi detectada em Allentown, Pennsylvania (EUA) em 1996, e desde então tem sido reportada em 42 estados norte-americanos (STOPBMSB, 2015). Esta espécie invasora possui uma grande variedade de plantas hospedeiras (NIELSEN; HAMILTON, 2009) e, desde a sua introdução, já causou prejuízos de mais de \$37 milhões de dólares em perdas somente na cultura da macieira (SETTIN, 2011), bem como consideráveis prejuízos econômicos para outros cultivos, como plantas ornamentais, leguminosas e cereais (KUCHAR et al., 2012). Somente devido ao ataque desta praga, o uso de inseticidas aumentou consideravelmente nestes sistemas agrícolas (LESKEY et al., 2012).

Estratégias de manejo alternativas para o controle de *H. halys*, como o controle biológico conservativo, ainda não foram implementados. Todavia, estudos avaliando a ação de inimigos naturais nativos sobre ovos e ninfas da praga já estão sendo conduzidos nos EUA (RICE et al., 2014). Nestes estudos diversas espécies de predadores generalistas tem sido relatados se alimentando de *H. halys*, tais como membros das famílias Chrysopidae, Reduviidae, Lygaeidae e Anthocoridae (LESKEY et al., 2012). No entanto, os sinais químicos utilizados por inimigos naturais para localizar *H. halys* ainda são pouco conhecidos.

O percevejo pirata *Orius* spp. (Hemiptera: Anthocoridae) tem sido observado se alimentando em massas de ovos de *H. halys* (BIDDINGER et al., 2012). Membro deste gênero, a espécie *Orius insidiosus* (Say, 1832), está amplamente distribuída nos EUA (SHIPP; RAMAKERS, 2004) e é conhecido por preda insetos fitófagos como tripes, pulgões, ácaros e ovos e larvas de diversas pragas agrícolas (IGLINSKY; RAINWATER, 1950; HANSEN et al., 2003; OSEKRE et al., 2008; HARWOOD et al., 2009). *Orius* spp. e outros antocorídeos frequentemente exploram odores relacionados à planta hospedeira e à sua presa como caio-mônios para guiá-los durante o forrageamento (LATTIN, 1990; ALDRICH et al., 2007). Por exemplo,

Teerling et al. (1993) demonstraram que *Orius tristicolor* (White, 1879) forrageia intensamente em locais com a presença do feromônio de alarme (decyl e dodecyl acetato) de uma das presas principais, a espécie de tripes *Frankliniella occidentalis* (Pergande, 1895). Além disso, James (2005) destaca que *O. tristicolor* é atraído para armadilhas adesivas com a presença de iscas de MeSA em cultivo de lúpulo.

No presente estudo foi testado a hipótese de que *O. insidiosus* utiliza compostos voláteis associados a *H. halys* durante a localização de hospedeiros. Para tanto, foram conduzidos experimentos em laboratório, casa-de-vegetação e em campo para: 1) determinar a resposta comportamental de adultos de *O. insidiosus* em função da presença de vagens de feijão danificadas por *H. halys* e avaliar os efeitos desta resposta na predação de ovos em experimentos com gaiolas na casa-de-vegetação; 2) isolar e identificar os voláteis emitidos por ninfas e adultos de *H. halys*, bem como emitidos por vagens de feijão danificadas por *H. halys*; 3) testar a resposta comportamental de *O. insidiosus* para o principal composto emitido por *H. halys* (tridecano) em estudos com gaiolas em casa-de-vegetação e também sob condições de campo, nas culturas de mirtilo, pêssego e girassol; e, 4) examinar os efeitos de tridecano sobre o comportamento de *O. insidiosus* com o auxílio de um olfatômetro e filmagens.

2. Material e Métodos

2.1. Obtenção dos insetos para uso nos experimentos

Uma criação de *H. halys* foi estabelecida no Blue-Cran-Ent Laboratory, com machos e fêmeas coletados em maio de 2014, em Bridgeton, New Jersey, EUA. A criação foi mantida em gaiolas teladas (30 x 30 x 30 cm) (Bugdorm-DP1000, MegaView Science Co. Ltda., Taichung, Taiwan) e os adultos e ninfas de *H. halys* foram alimentados com cenoura, maçãs, vagens de feijão orgânico e sementes de girassol. O alimento nas gaiolas era substituído a cada dois dias e água foi fornecida por um chumaço de algodão embebido em recipientes plásticos (50 ml). O fundo das gaiolas foi recoberto com papel toalha, em que as fêmeas realizavam a oviposição, e eram trocados a cada dois dias.

Adultos de *O. insidiosus* e massas de ovos de *Ostrinia nubilalis* (Hübner, 1796) (Lepidoptera: Crambidae) foram obtidos da empresa Rincon-Vitova Insectaries (Ventura, CA, EUA) e utilizados nos experimentos com gaiolas na casa-de-vegetação e nos ensaios com olfatometria. Tanto o predador quanto a presa foram mantidos em condições controladas ($25\pm 1^{\circ}\text{C}$, $50\pm 10\%\text{UR}$ e 14L:10E).

Para a realização da coleta dos voláteis, adultos e ninfas de *H. halys* foram isolados da criação e mantidos sem alimento por 24 horas antes dos ensaios com plantas de feijoeiro. Para os experimentos em olfatômetro e gaiolas, adultos de *O. insidiosus* foram acondicionados em pequenos recipientes, sem acesso à alimentação, no período no mínimo de 12 horas antes do início dos bioensaios.

2.2. Plantas utilizadas nos experimentos

No experimento de coleta de voláteis e de atração de *O. insidiosus* foram utilizadas plantas de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) (Burpee, Warminster, PA, EUA) devido ao seu rápido crescimento e por *H. halys* ser comumente encontrado se alimentando de vagens de feijoeiro. Sementes de feijão foram plantadas a cada duas semanas em vasos plásticos (500 ml) preenchidos com substrato ProMix HP (Pro-Mix, Quakertown, PA, EUA). As plantas foram mantidas em casa-de-vegetação no Rutgers P.E. Marucci Center for Blueberry & Cranberry Research and Extension (Chatsworth, NJ, EUA), sob condições controladas ($26\pm 1^{\circ}\text{C}$, $50\pm 10\%\text{UR}$ e 14L:10E).

As plantas utilizadas nos experimentos apresentavam vagens completamente desenvolvidas (aproximadamente 4-5 semanas após o plantio). As plantas eram irrigadas três vezes por semana e foram, quinzenalmente, fertilizadas com o produto PRO-SOL 20-20-20 N-P-K All Purpose Plant Food (Pro Sol Inc., Ozark, AL, EUA), em uma razão de 165 ppm de N.

2.3. Experimento em casa-de-vegetação I

Na casa de vegetação foi conduzido um experimento em delineamento inteiramente casualizado para investigar a atração de *O. insidiosus* a voláteis emitidos por vagens de feijoeiro danificadas por *H. halys*. Foi adotado um esquema

fatorial, com 2 fatores, que compreenderam os seguintes tratamentos (fatores): 1) vagens de feijoeiro danificadas com a presença da presa; 2) vagens de feijoeiro danificadas sem a presença da presa; 3) vagens de feijoeiro não danificadas com a presença da presa; e 4) vagens de feijoeiro não danificadas sem a presença da presa. Além disso, foi avaliado a porcentagem de predação de ovos de *O. nubilalis* sob condições de presença e ausência da injúria causada por *H. halys*. Foram utilizados ovos de *O. nubilalis* como presa devido à praticidade para aquisição e por serem presas comuns de *O. insidiosus* (REID, 1990; MUSSER; SHELTON, 2003).

Para os tratamentos com as injúrias de *H. halys*, as vagens foram ensacadas com um tecido organza branco (Uline; Pleasant Prairie, WI, EUA), em que cinco adultos de *H. halys* permaneceram por 72 horas. Para os tratamentos com a presença da presa, cada planta recebeu três massas de ovos de *O. nubilalis* (cada massa com aproximadamente 25 ovos), que foram coladas em substrato de polipropileno verde (1,5 x 1,5 cm), anexado à face abaxial de uma das folhas maduras da planta de feijoeiro.

Plantas de feijoeiro contendo os tratamentos foram colocadas dentro de gaiolas (60 x 60 x 60 cm) (Bugdorm-2120F, MegaView Science Co. Ltda., Taichung, Taiwan), que continham duas plantas de cada tratamento, de modo que os tratamentos foram comparados dois a dois. As plantas foram distribuídas de forma equidistante dentro da gaiola, em que plantas com o mesmo tratamento foram diagonalmente alocadas.

Foram liberados 10 adultos de *O. insidiosus* no centro de cada gaiola, aproximadamente às 10:00 hs da manhã, e a sua localização foi anotada a cada hora por um período de seis horas, durante dois dias. Para avaliar a predação de ovos, o número de ovos presentes nas massas de ovos de *O. nubilalis* foram contabilizados antes e depois de cada experimento, em que os ovos foram examinados sob microscópio óptico em busca de sinais de predação por insetos sugadores. Cada tratamento foi repetido cinco vezes.

2.4. Coleta e análise de voláteis

Compostos orgânicos voláteis (COV's) foram coletados, na casa-de-vegetação, de vagens de feijoeiro danificadas por *H. halys*, bem como de adultos e ninfas do percevejo e de vagens danificadas mecanicamente. Os voláteis foram coletados sob condições controladas ($26\pm1^{\circ}\text{C}$, $50\pm10\%$ UR e 14L:10E), utilizando um sistema de sucção de ar (THOLL; RÖSE, 2006). Foram coletados voláteis dos seguintes tratamentos: a) vagens de feijoeiro danificadas por três adultos de *H. halys*; b) vagens de feijoeiro danificadas por cinco adultos de *H. halys*; c) vagens de feijoeiro danificadas por cinco ninfas (2° ao 4° instar de desenvolvimento) de *H. halys*; d) cinco adultos de *H. halys*; e) cinco ninfas de *H. halys*; f) vagens de feijoeiro danificadas mecanicamente; g) vagens de feijoeiro não danificadas; e h) controle (saco de poliéster inodoro). Todos os tratamentos foram mantidos em sacos de poliéster durante a coleta dos voláteis, bem como foram protegidos por um saco de organza, para evitar os efeitos da incidência da luz.

No tratamento com o dano mecânico, as vagens foram perfuradas (20 furos) com o auxílio de uma pinça de ponta fina. Cada tratamento foi repetido, no mínimo, 2 vezes e no máximo, 6 vezes. Os voláteis emitidos por cada tratamento foram coletados por filtros contendo 30 mg do composto adsorvente Super-Q (Alltech, Deerfield, IL, EUA), através de micro-bombas de diafragma (Sensidyne, Saint Petersburg, FL, EUA) a uma vazão de 300 ml min^{-1} . Antes de cada coleta, os filtros foram lavados três vezes com 5 ml de diclorometano (99%, Sigma-Aldrich, St. Louis, USA). Os COV's foram coletados por 48 horas, iniciando às 10:00hs, e após cada coleta, os filtros contendo Super-Q foram eluídos com 150 μl de diclorometano e 5 μl de 400 ng de *n*-octano (Sigma-Aldrich; St. Louis, MO, USA) foi adicionado para cada amostra como padrão interno (IS).

As amostras foram analisadas em Cromatógrafo Gasoso (CG), modelo Hewlett Packard 6890 Series, equipado com detector de chamas por ionização. O programa utilizado para separação e quantificação dos compostos (Coluna Agilent HP-1: $10\text{ m} \times 0.53\text{ mm} \times 2.65\text{ }\mu\text{m}$, He foi utilizado como gás condutor: fluxo constante = 5 ml min^{-1} , velocidade = 39 cm s^{-1}) foi ajustado para a temperatura inicial

de 40°C (1 min), 14°C min⁻¹ para 180°C (2 min), então 40°C min⁻¹ para 200°C, e por último, 200°C (2 min).

Os compostos (ng/h) foram quantificados baseando-se nas áreas de pico, comparadas com o observado no padrão interno (*n*-octano). A identificação dos compostos foi conduzida em Cromatografia Gasosa, modelo Varian 3400, acoplado a um Espectrômetro de Massa (EM), modelo Finnigan MAT 8230. O programa utilizado (Supelco MDN-5S coluna: 30 m × 0.32 mm × 0.25 µm) foi ajustado para a temperatura inicial de 35 °C (1 min), 4 °C min⁻¹ para 170 °C; então 15°C min⁻¹ até 280 °C. Os dados da Espectrometria de Massa (EM) foram adquiridos e processados em Sistema de dados Finnigan MAT SS300 e os compostos foram então identificados através dos índices de retenção do CG, por comparação com os tempos de retenção com os de compostos disponíveis comercialmente e, ainda, a partir de seus dados espectrais comparáveis com os da biblioteca NIST (RODRIGUEZ-SAONA; RODRIGUEZ-SAONA; FROST, 2009; RODRIGUEZ-SAONA et al., 2011).

2.5. Experimento em casa-de-vegetação II

A partir dos resultados da coleta de voláteis, foi identificado que o composto volátil mais abundante em adultos e ninfas de *H. halys*, bem como associado à vagens de feijoeiro danificadas pelo fitófago, foi tridecano. Sendo assim, foram conduzidos experimentos para testar a atração de adultos de *O. insidiosus* por tridecano sintético (Sigma-Aldrich). Testes com chance de escolha consistiram das concentrações 1 ng/ml, 10ng/ml e 100 ng/ml de tridecano (diluído em hexano; Sigma-Aldrich) versus um controle (sem a presença de tridecano).

Neste experimento, foram utilizadas plantas artificiais no lugar das plantas de feijoeiro, para evitar possíveis liberações de voláteis de plantas. No entanto, estas plantas artificiais apresentavam tamanho (30 cm de altura) e cor (verde) similar às plantas de feijoeiro. Cada planta possuía seis folhas do tipo ovada e cada planta foi fixada em copos plásticos (250 ml) preenchidos com areia. Quatro plantas foram acondicionadas no interior de gaiolas (60 × 60 × 60 cm) (Bugdorm-2120F, MegaView Science Co. Ltda, Taichung, Taiwan), em que em duas foram fixados um septo de

borracha (Precision Seal®, Sigma-Aldrich, St. Louis, EUA) contendo 20 µl de cada concentração de tridecano, enquanto que as outras duas plantas continham um septo sem tridecano. Em todas as plantas foram fixadas três massas de ovos de *O. nubilalis* (cada massa com aproximadamente 25 ovos), que haviam sido coladas em substrato de polipropileno verde e fixadas na face abaxial de uma folha no terço médio da planta artificial.

No interior de cada gaiola foram liberados 15 adultos de *O. insidiosus* e a sua localização (número de insetos/planta) foi anotado a cada hora durante seis horas, por três dias. O número médio de ovos de *O. nubilalis* predados por *O. insidiosus* foi verificado ao final do experimento, levando-se as massas de ovos para o laboratório e checando em microscópio óptico sinais de predação. Cada teste de escolha foi repetido seis vezes.

2.6. Experimentos com olfatômetro

Em laboratório, foi utilizado um olfatômetro de quatro vias (VAS, Rensselaer, NY, EUA) para avaliar a resposta comportamental de *O. insidiosus* para três concentrações de tridecano: 1 µg/ml, 10 µg/ml e 100 µg/ml. A arena do olfatômetro consistiu de uma câmara acrílica (10 × 10 cm) dividida em quatro regiões (superior, inferior, direita e esquerda). No final de cada via do olfatômetro foi adicionado uma câmara plástica (2 × 2 cm), fechada por uma rolha com um furo central para a passagem de ar. Cada câmara foi recoberta com tecido voile para evitar a entrada de sedimentos para o interior da arena. A parte superior da arena era fechada por uma placa de vidro, para prevenir o escape dos insetos.

Os ensaios foram conduzidos em sala escura, sob condições controladas (25 ± 1°C) e uma lâmpada fluorescente circular (32W) foi posicionada em cima da arena para proporcionar a mesma quantidade de luz para todas as vias do olfatômetro. Os testes consistiram de aplicar, em uma via do olfatômetro, 20 µl de uma das concentrações de tridecano em um pedaço (2,5 cm²) de papel filtro Whatman nº1. O papel filtro tratado com tridecano foi, aleatoriamente, colocado no interior da câmara plástica conectada à via do olfatômetro e, nas demais vias, era adicionado papel filtro com 20 µl de hexano (controle). Acima da arena, foi instalado uma câmera

Basler modelo acA1300-60gm (Basler Inc., Exton, PA, EUA) adaptada à Lentes Tamron (Noldus, Information Technology, Holanda) para registrar a atividade comportamental dos insetos.

Após isso, um macho e/ou fêmea de *O. insidiosus* era liberado no centro da arena, gravando-se o tempo gasto pelo predador em cada via do olfatômetro. Cada teste teve a duração de 15 minutos e utilizou-se o software de registro de comportamento animal Ethovision XT (Noldus, Information Technology, Holanda). A posição dos tratamentos era alterada a cada cinco insetos, e ao final de cada teste, a arena, bem como as câmaras plásticas no final de cada via do olfatômetro, eram lavadas com detergente neutro e hexano, sendo posteriormente secas e utilizadas novamente nos ensaios. Os testes foram repetidos 30 vezes para cada concentração de tridecano para ambos os sexos.

2.7. Experimento em campo

Para avaliar os efeitos do uso de tridecano na atratividade e predação de ovos de *O. insidiosus*, foi conduzido entre junho e agosto de 2015, experimentos na cultura de pêssego (n=4), mirtilo (n=4) e girassol (n=2). O pomar de pêssego (latitude 39°31'36"N, longitude 75°12'16"O e 37 m de altitude) e a área de girassol (latitude 39°31'41"N, longitude 75°12'08"O e 35 m de altitude) estavam localizados no Rutgers Agricultural Research and Extension Center (RAREC, Rutgers University, Bridgeton, NJ, EUA). A área de mirtilo estava localizada em uma fazenda orgânica (latitude 39°39'59"N, longitude 74°45'13"O e 18 m de altitude) em Hammonton, NJ (USA).

Em cada cultura foram instalados, em um delineamento em blocos casualizados, os seguintes tratamentos, em dois experimentos: 1 mL, 2 mL e 3 mL de tridecano, 3 mL e 5 mL de MeSA e controle. Inicialmente, foram instaladas armadilhas adesivas amarelas (23 cm × 28 cm) (ISCA Technologies; Riverside, CA, EUA) nas plantas (entre 1,5-2 m de altura), espaçadas 10 metros entre si. Próximo às armadilhas (aproximadamente 10 cm) foram pendurados frascos de polietileno de baixa densidade (Wheaton Science Products, Millville, EUA), que continham os tratamentos testados.

As armadilhas foram substituídas semanalmente (para a cultura do girassol) ou a cada duas semanas (pêssego e mirtilo), totalizando seis semanas de avaliação para cada cultura. As armadilhas eram removidas e levadas para o laboratório para serem examinadas em microscópio óptico para verificar a presença de *Orius* spp. Cada área de girassol, pêssego e mirtilo foi considerado uma repetição dos tratamentos.

Adicionalmente, nas mesmas áreas do experimento com as armadilhas, ovos sentinelas de *O. nubilalis* foram dispostos próximos aos tratamentos mencionados anteriormente, para avaliar os possíveis efeitos na predação de ovos. Três massas de ovos (aproximadamente 25 ovos por massa) de *O. nubilalis* foram coladas em substrato plástico de polipropileno e fixadas na face abaxial de folhas (1,5-2 m de altura) de girassol, pêssego e mirtilo. Os ovos sentinelas foram posicionados próximos aos frascos contendo os tratamentos (aproximadamente 20 cm) e permaneceram no campo por 24 horas, sendo então removidos e levados para laboratório para checar por sinais de predação por insetos sugadores. As avaliações de predação foram realizadas no mesmo período que a atração nas armadilhas adesivas, totalizando 6 semanas de coleta para cada cultura.

2.8. Análises Estatísticas

Todas as análises estatísticas foram realizadas no software estatístico IBM SPSS® Statistics 22, versão para Windows 10. Os dados do número médio de adultos de *O. insidiosus* presentes nos tratamentos em casa de vegetação foram analisados pelo Modelo Linear Generalizado (GLM) e as médias comparadas pelo Teste de Tukey ($\alpha = 0.05$). O mesmo método foi utilizado para comparar a quantidade de tridecano emitido pelos tratamentos durante a coleta de voláteis. O Teste de t para amostras independentes foi aplicado para comparar a predação de ovos e atração de *O. insidiosus* para plantas artificiais tratadas ou não com tridecano. O mesmo teste foi utilizado para comparar o tempo gasto por machos e fêmeas de *O. insidiosus* nas vias do olfatômetro que continham ou não tridecano.

O número total de *Orius* spp. capturados nas armadilhas, bem como a porcentagem de predação de ovos observados em girassol, pêssego e mirtilo foram

analisados através de um two-way ANOVA, com tratamentos e culturas e suas interações como variáveis independentes, agrupadas por local (aleatório), sendo as médias comparadas por Teste de Tukey ($\alpha = 0.05$). Para garantir a normalidade dos dados, o número médio de *Orius* spp. capturados nas armadilhas amarelas foram transformados em $\log(x+1)$ e os resultados apresentados correspondem aos dados originais.

3. Resultados

3.1. Atratividade de *O. insidiosus* para vagens de feijoeiro danificadas por *H. halys* e os efeitos sobre a predação de ovos de *O. nubilalis*

A presença de danos causados pela alimentação de *H. halys* em vagens de feijoeiro, bem como a presença de presas influenciaram a atração de *O. insidiosus* (Figura 1). Foi encontrado um número significativamente maior de adultos do predador nos tratamentos com vagens danificadas associadas aos ovos de *O. nubilalis* ($df = 1$; $F = 5,516$; $P = 0,047$).

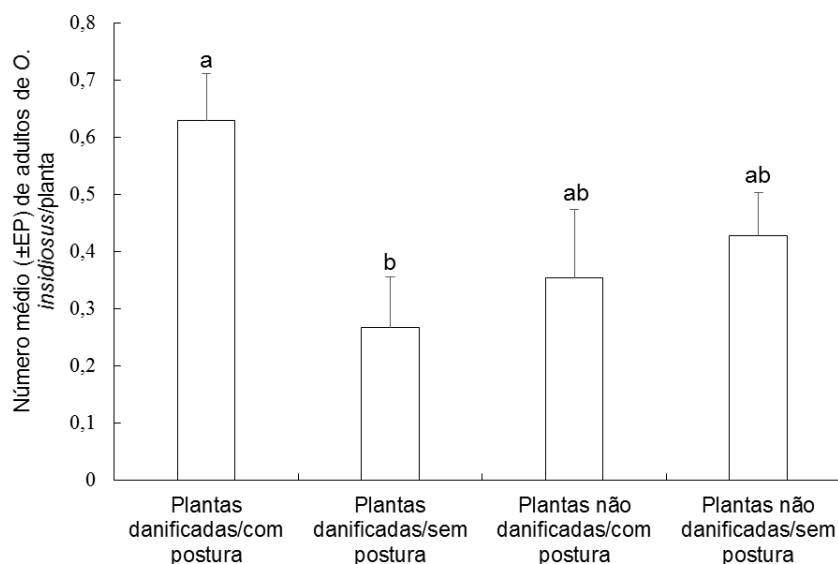


Figura 1. Atratividade de adultos de *O. insidiosus* por plantas de feijoeiro previamente danificadas por *H. halys*, por plantas não danificadas, na presença ou não de posturas de *O. nubilalis*). Barras indicam o número médio de *Orius insidiosus* presentes nas plantas de cada tratamento. Modelo Linear Generalizado (GLM), seguido por Teste de Tukey ($P \geq 0.05$). Dados são médias $\pm$ SE e médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ($P \leq 0.05$).

No entanto, apenas a presença do dano de alimentação nas vagens causado por *H. halys* não influenciou a atratividade de *O. insidiosus*. O tratamento com a presença de danos, porém sem a presa, atraiu duas vezes menos adultos de *O. insidiosus* do que o tratamento somente com a presa (ovos de *O. nubilalis*) (Figura 1). Ao avaliar a influência da presença dos danos causados por *H. halys* nas vagens das plantas de feijoeiro na predação de ovos, observou-se que não houve diferença significativa para a porcentagem média de predação ovos de *O. nubilalis* por *O. insidiosus* entre os tratamentos testados (Figura 2).

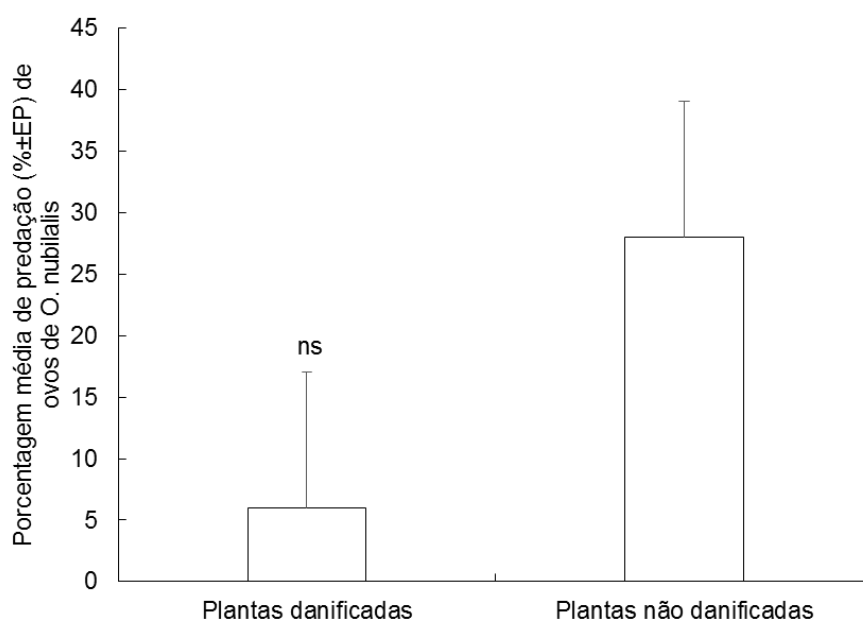


Figura 2. Porcentagem média ($\pm$ Erro Padrão) de ovos de *O. nubilalis* predados por *O. insidiosus* em plantas danificadas e não danificadas de feijoeiro por *H. halys*. Barras indicam a porcentagem de ovos de *O. nubilalis* predados por *O. insidiosus*. ns = não significativo. Modelo Linear Generalizado (GLM), seguido por Teste de Tukey ($P \geq 0.05$).

Contudo, apesar da ausência de corroboração estatística, pode-se considerar que a ausência do dano de *H. halys* nas vagens de feijoeiro propiciou maior predação dos ovos de *O. nubilalis*. Isto porque foi observado um número médio de ovos predados cinco vezes maior em vagens de feijoeiro que não foram danificadas por *H. halys* (Figura 2).

3.2. Coleta e análise de voláteis

A partir da observação que *O. insidiosus* é atraído por vagens de feijoeiro infestadas por *H. halys*, foi conduzido uma série de coletas de voláteis para determinar as possíveis fontes de atração (ver seção 2.4), a fim de compreender os mecanismos associados a esse comportamento. Foi consistentemente detectado que ninfas e adultos de *H. halys* produzem uma grande quantidade de um composto principal, que também é emitido por vagens de feijão previamente danificadas. Foi realizada a identificação deste composto volátil, sendo identificado como tridecano. No entanto, a quantidade de tridecano emitida variou significativamente entre os tratamentos (Tabela 1) ($df = 7$; $F = 12,068$; $P = 0,0003$).

Tabela 1. Quantidade de tridecano coletados de ninfas e adultos de *H. halys*, vagens de feijoeiro danificadas por *H. halys*, vagens danificadas mecanicamente, vagens de feijão não danificadas e controle.

Tratamentos	N	Tridecano ($\mu\text{g/h}$)
Adultos de <i>H. halys</i>	2	21.25 $\pm$ 0.19 bc
Vagens danificadas - cinco adultos de <i>H. halys</i>	6	1177.68 $\pm$ 0.39 ab
Vagens danificadas - três adultos de <i>H. halys</i>	2	17.32 $\pm$ 0.07 bc
Ninfas de <i>H. halys</i> (2° ao 4° instar)	2	3139.22 $\pm$ 0.21 a
Vagens danificadas - cinco ninfas de <i>H. halys</i>	3	224.53 $\pm$ 0.13 ab
Vagens danificadas mecanicamente	3	6.01 $\pm$ 0.16 c
Vagens não danificadas	5	10.18 $\pm$ 0.04 bc
Controle (saco de poliéster inodoro)	3	0.00 $\pm$ 0.00 c

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($P \leq 0.05$).

N = número de análises de voláteis conduzidas em cromatografia gasosa.

Adultos de *H. halys* não produzem a mesma quantidade de tridecano como ninfas, com a última emitindo uma maior quantidade de tridecano (adultos = 21,25 $\mu\text{g/h}$; ninfas = 3139,22 $\mu\text{g/h}$). Vagens de feijoeiro danificadas por *H. halys* também emitiram tridecano, embora os resultados sugerem que a quantidade de adultos, bem como o estágio de desenvolvimento (ninfas ou adultos) influenciam a produção de tridecano (Tabela 1). Vagens mecanicamente danificadas não induziram a emissão

de tridecano, demonstrando que a emissão volátil estava relacionada com o comportamento de alimentação do insetos.

3.3. Respostas de *O. insidiosus* para diferentes concentrações de tridecano

Baseado nos resultados obtidos na coleta dos voláteis, foi verificado que tridecano é o principal composto relacionado à *H. halys*. Assim, foi testado se tridecano influenciaria na atratividade de adultos de *O. insidiosus*. Foram conduzidos testes com chance de escolha em casa de vegetação, utilizando três concentrações de tridecano. Foi observado que *O. insidiosus* foi significativamente mais atraído para plantas artificiais tratadas com as concentrações de tridecano (Figura 3) (1 ng/ml, df = 14, t = 4,4675, P = 0,003; 10 ng/ml, df = 14; t = 3,7961; P = 0,001; 100 ng/ml, df = 14, t = 6,5106, P = 0,00001) do que para o controle.

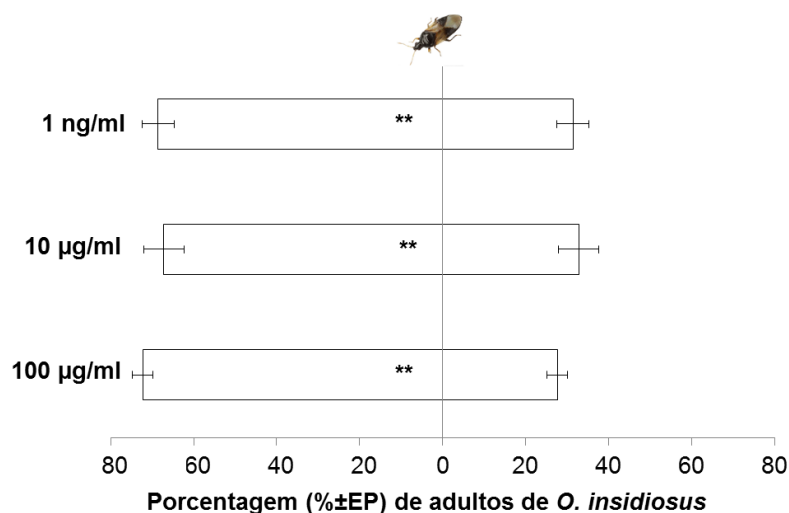


Figura 3. Resposta de *O. insidiosus* para diferentes concentrações de tridecano em experimento em casa de vegetação (Teste t de Student; n = 15; ** = P ≤ 0,01).

De quinze adultos de *O. insidiosus* liberados nas gaiolas, mais de 60% foi atraído para tridecano. Destaca-se que, embora tridecano tenha atraído *O. insidiosus*, não foi constatado diferença significativa para a predação de ovos em plantas artificiais contendo ou não tridecano (Figura 4).

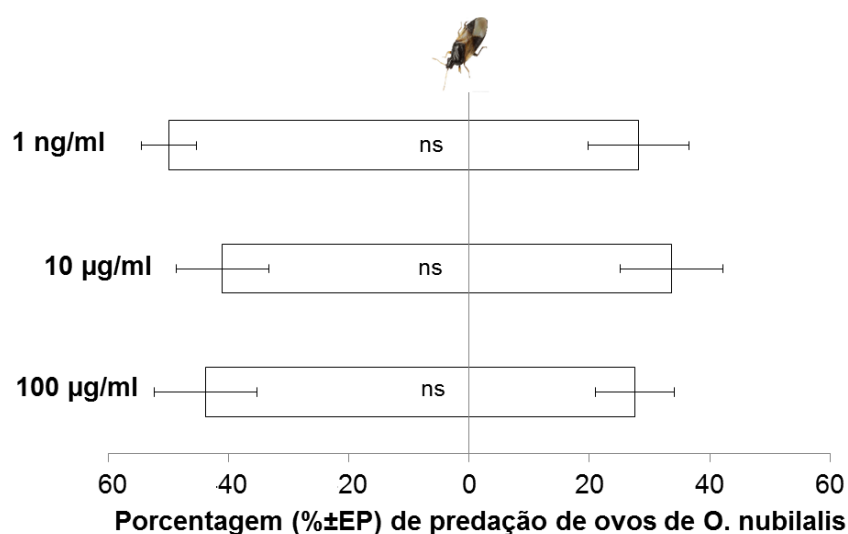


Figura 4. Porcentagem de ovos de *O. nubilalis* predados por *O. insidiosus* na presença de três concentrações de tridecano (Teste t de Student; n = 15; ns= não significativo $P > 0,05$).

Tal fato foi observado para todas as concentrações de tridecano testadas (1 ng/ml, df = 14, t = 1,5005, P = 0,0859; 10 ng/ml, df = 14; t = 0,6364; P = 0,2721; 100 ng/ml, df = 14, t = 2,2603, P = 0,0267), de modo que a porcentagem média de ovos de *O. nubilalis* predados foi de aproximadamente 45%. Pode-se considerar então que a presença de tridecano foi importante para a atração de *O. insidiosus*, no entanto, não influenciou o número médio de ovos de *O. nubilalis* predados.

3.4. Resposta olfativa de fêmeas e machos de *O. insidiosus* para tridecano em olfatômetro

Devido tridecano atrair *O. insidiosus* mas não aumentar a predação de ovos, independente da concentração testada, foram conduzidos testes para avaliar o comportamento de machos e fêmeas do predador em um olfatômetro de quatro vias.

Inicialmente, constatou-se que tridecano atraiu ambos fêmeas e machos de *O. insidiosus* (Figura 5 e Figura 6).

Em primeiro lugar, as fêmeas foram significativamente mais atraídas para a concentração mais elevada de tridecano (Figura 5) (100 ug/ml, df = 1; t = 2,370, P = 0,021) do que o controle. Para esta concentração, fêmeas gastaram mais de 30% do seu tempo na via do olfatômetro com tridecano. No entanto, o mesmo não foi

observado para as demais concentrações testadas, em que para os testes com a concentração de 1 ng/ml de tridecano, fêmeas do predador gastaram mais tempo nas vias sem o composto (1 ng/ml, $df = 1$; $t = -2,310$; $P = 0,024$) (Figura 5).

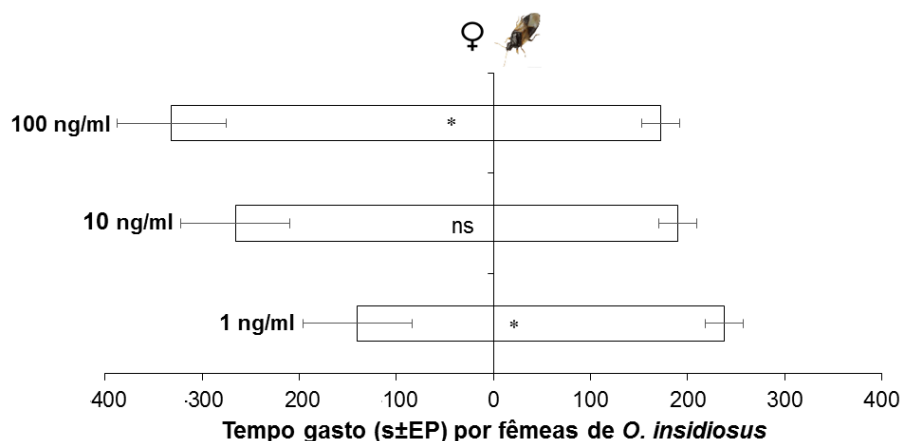


Figura 5. Resposta olfativa de fêmeas de *Orius insidiosus* ($n=30$) para três concentrações de tridecano. (Teste t de Student; $n = 30$; * ($P \leq 0,05$); ns= não significativo ($P > 0,05$)).

Enquanto isso, os machos permaneceram mais tempo em vias com ambos os 10 e 100 ng/ml de tridecano (Figura 6), demonstrando que ambas as concentrações de certa forma possuem um efeito arrestante sobre machos de *O. insidiosus* (100 ng/ml, $df = 1$; $t = 2,502$; $P = 0,015$; 10 ng/ml, $df = 1$; $t = 2,631$; $P = 0,011$).

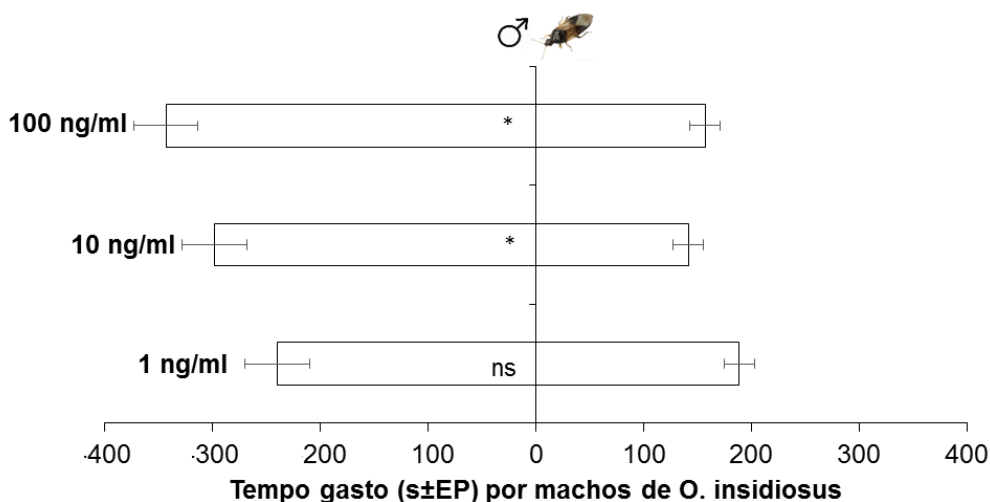


Figura 6. Resposta olfativa de machos de *Orius insidiosus* ($n=30$) para três concentrações de tridecano. (Teste t de Student; $n = 30$; * ($P \leq 0,05$); ns= não significativo ($P > 0,05$)).

Os machos também passaram a maior parte de seu tempo em zonas associadas ao tridecano (até 30%), exceto na concentração mais baixa (aprox. 200 segundos). Todos os adultos de *O. insidiosus* testados apresentaram o comportamento de forrageamento no início de cada ensaio, e se não, eram excluídos da análise.

3.5. Atratividade e predação de ovos de *O. nubilalis* por *O. insidiosus* em girassol, mirtilo e pêssogo

Em contraste com os experimentos em casa-de-vegetação e laboratório, foram conduzidos experimentos em campo para avaliar se tridecano afetaria a atratividade e a capacidade de predação de *O. insidiosus* em três sistemas de cultivo (mirtilo, girassol e pêssogo). Em geral, as armadilhas tratadas com tridecano e MeSA capturaram *Orius* spp. em todas as culturas (Figura 7).

Armadilhas associadas à tridecano atraíram um elevado número de *Orius* spp., especialmente nas culturas de mirtilo e girassol. De fato, na cultura do pêssogo o número médio de *O. insidiosus* capturados não diferiu significativamente entre os tratamentos testados.

Na cultura do mirtilo, armadilhas associadas às iscas contendo 2 ml de tridecano atraíram quase cinco vezes mais adultos de *O. insidiosus* que o controle (1,05 adultos/armadilha no tratamento e 0,2 adultos/armadilha no controle) ($df = 5$; $F = 4,4297$, $P = 0,0111$). A menor e a maior dose de tridecano testada (1 e 3 ml) também atraíram o predador (0,45 e 0,75 adultos/armadilha, respectivamente), porém foram significativamente semelhantes ao controle testado. Resultado similar foi observado para os tratamentos com MeSA, em que foi coletado número de indivíduos do predador, não se diferenciando da testemunha (0,15 adultos/armadilha no tratamento de 3 ml de MeSA).

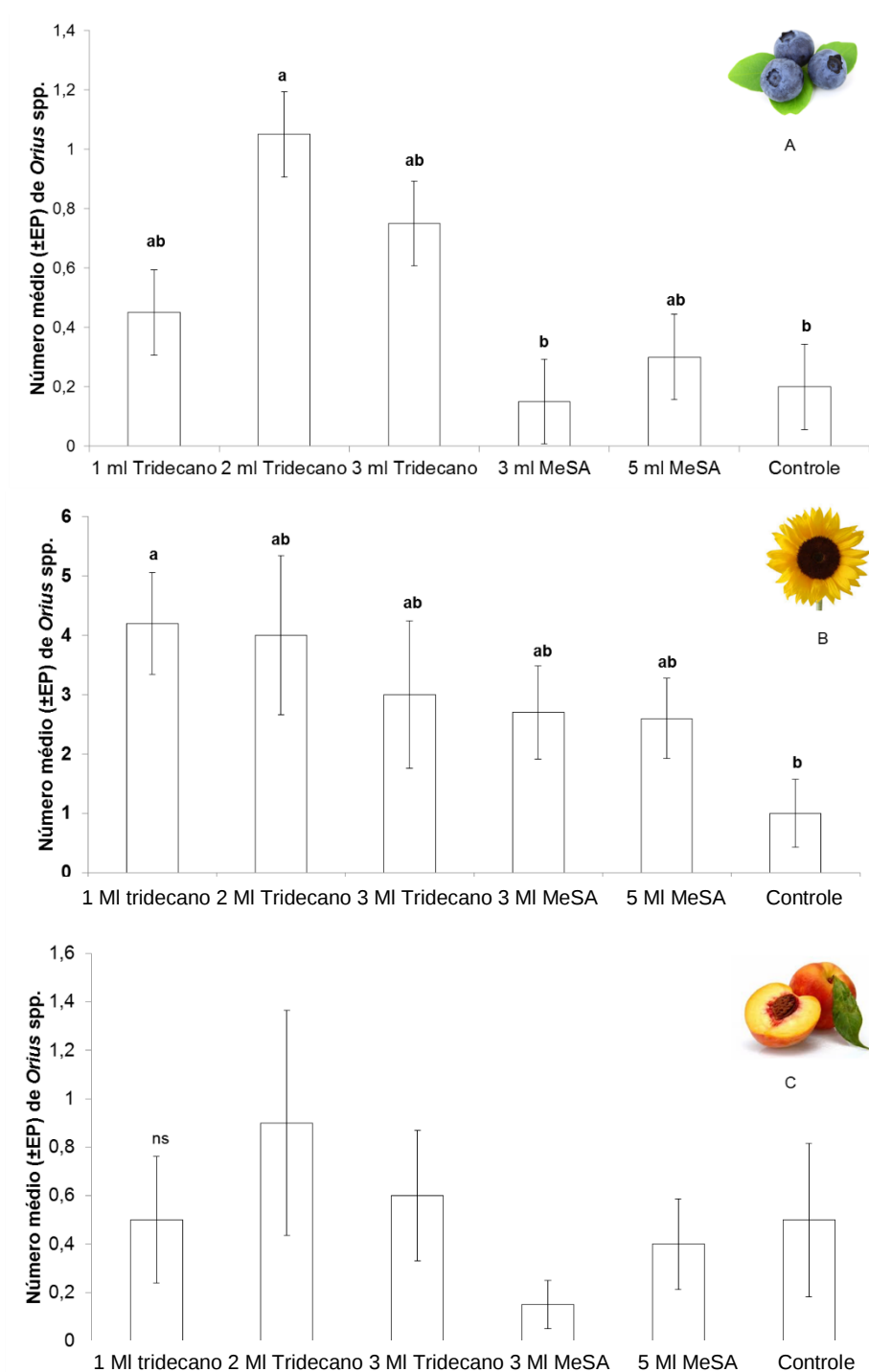


Figura 7. Atratividade de adultos de *Orius* spp. para armadilhas adesivas associadas com três concentrações de tridecano, duas concentrações de MeSA e controle nas culturas de mirtilo (A), girassol (B) e pêssego (C). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($P \leq 0,05$). ns = não significativo ($P > 0,05$).

Em relação à cultura de girassol, observou-se que o número médio de adultos de *Orius* spp. coletados foi maior que na cultura do mirtilo e do pessegueiro (Tabela

2) ($df = 2$, $F = 41,857$, $P = 0,0002$). Assim como na cultura do mirtilo, foi possível constatar que as armadilhas associadas à ambos tridecano e MeSA, atraíram o predador (Figura 7).

Tabela 2. Atratividade de *Orius* spp. para armadilhas com iscas nas culturas de mirtilo, pêssogo e girassol.

Culturas	N	Número médio ($\pm EP$) de <i>Orius</i> spp./armadilha
Mirtilo	24	0,48 $\pm$ 0,06 b
Pêssogo	24	0,51 $\pm$ 0,16 b
Girassol	12	29,17 $\pm$ 1,33 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($P \leq 0.05$).

No entanto, a maior quantidade de *Orius* spp. coletado foi em armadilhas associadas ao tratamento de 1 ml de tridecano, em que foi coletado um número médio de adultos de *Orius* spp. quatro vezes maior do que no controle durante o período avaliado. Os demais tratamentos com tridecano, apesar de serem estatisticamente semelhantes ao controle, também coletaram um alto número de predadores (4,0 e 3,0 adultos/armadilha, respectivamente).

Em relação ao segundo experimento em campo, avaliou-se se a presença de iscas com atrativos influenciaria na predação de ovos de *O. nubilalis* por *Orius* spp. nas mesmas áreas das culturas de mirtilo, girassol e pêssogo (Figura 8).

Foi constatado que *Orius* spp. predou os ovos de *O. nubilalis* em todas as culturas testadas (Figura 8). No entanto, não foi detectada diferença significativa entre os tratamentos testados. Este padrão foi observado em cada cultura (mirtilo: $df = 58$, $F = 0,679$, $P = 0,645$; girassol: $df = 5$, $F = 1,318$, $P = 0,369$; pêssogo: $df = 5$, $F = 1,278$, $P = 0,316$), demonstrando que os atrativos não estavam melhorando predação, mas agindo de forma arrestante sobre o comportamento do predador, os mantendo próximos às fontes de odor.

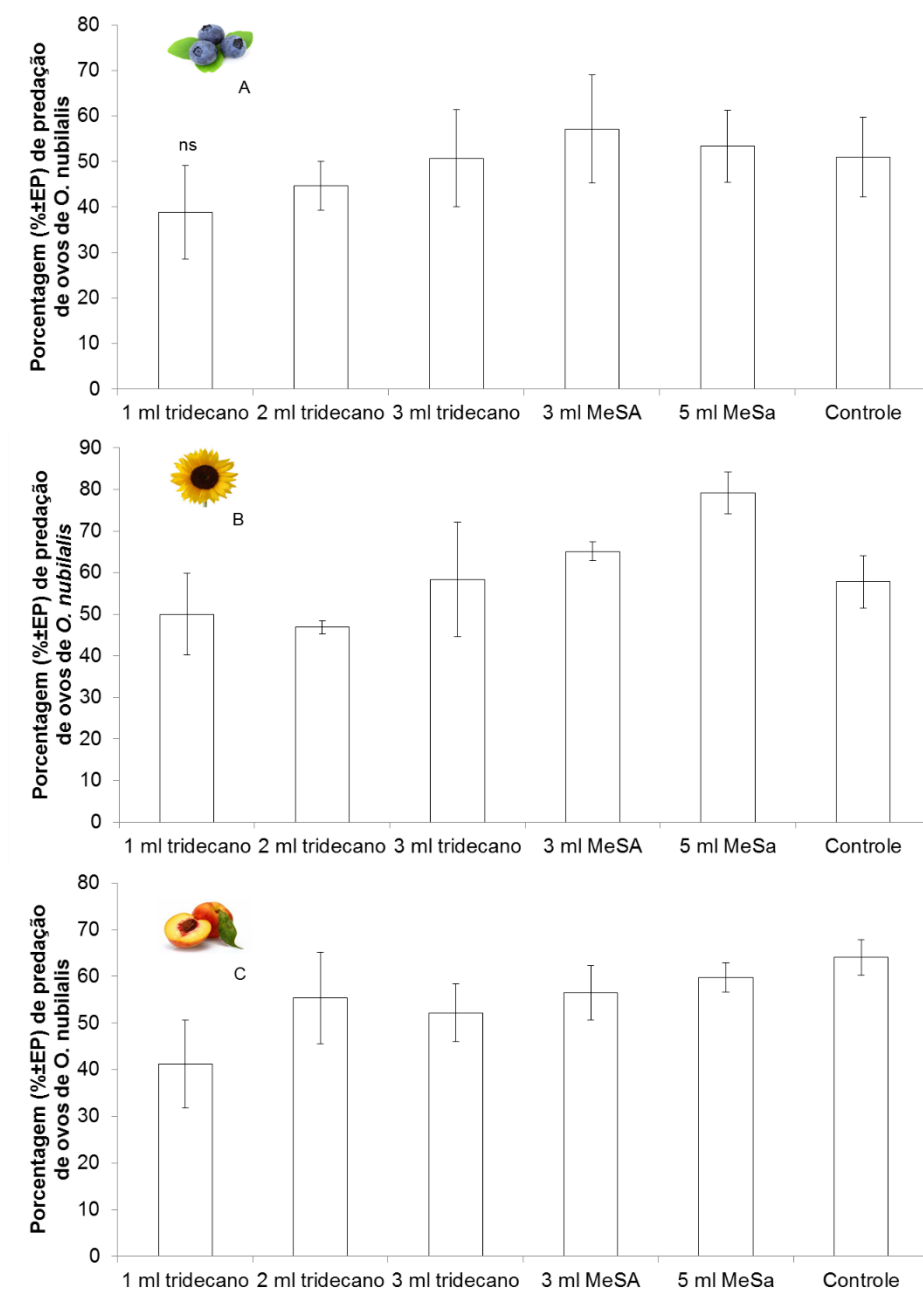


Figura 8. Taxa de predação de ovos de *O. nubilalis* associadas com iscas atrativas (tridecano, MeSA e controle) por *Orius* spp. em mirtilo (A), girassol (B) e pêssego (C). ns = não significativo ($P>0,05$).

4. Discussão

Os resultados obtidos nestes estudos demonstram que: 1) Plantas de feijoeiro com vagens danificadas por *Halyomorpha halys* são atraentes para o percevejo pirata *Orius insidiosus*, um predador generalista. 2) Esta atração é mais evidente

quando as plantas com vagens danificadas estão associadas à uma presa (ovos de *Ostrinia nubilalis*); 3) As taxas de predação aparentemente foram maiores quando as plantas eram previamente danificadas pela praga; 4) Tridecano é o principal composto emitido por ninfas e adultos de *H. halys* e por vagens de feijoeiro infestadas por *H. halys*. 5) O composto tridecano, desempenha um papel importante na atração de *Orius* spp. sob condições de laboratório, casa-de-vegetação e campo; no entanto, não afetou a predação de ovos *O. nubilalis* pelo predador.

O composto tridecano tem sido associado à ninfas e adultos de *H. halys* (SOLOMON; DUTCHER; RAYMOND, 2013). Em um trabalho avaliando a produção de semioquímicos e a resposta comportamental de *H. halys*, Harry et al. (2015) identificaram este composto associado ao pentatomídeo. Os autores observaram maior produção de tridecano em adultos do que em ninfas, diferindo do que foi obtido neste trabalho. No entanto, é importante ressaltar que fêmeas produzem menos tridecano que machos e ninfas, o que pode ter ocasionado a variação na quantidade de tridecano observado neste trabalho, uma vez que não foi realizado a separação sexual para a coleta de voláteis.

Muitos inimigos naturais usam compostos voláteis emitidos por insetos e/ou plantas infestadas como pistas olfativas para auxiliar na localização de hospedeiros (ABRAHAM et al., 2015; DE MORAES et al., 1998; HOWE; JANDER, 2008; SALAMANCA et al., 2015). Espécies de *Orius* são conhecidas para responder a compostos voláteis (JAMES, 2003, 2005; REID; LAMPMAN, 1989), assim como demonstrado que *O. insidiosus* é atraído por tridecano.

A presença de uma espécie herbívora invasora pode atrapalhar o complexo de interações quimicamente integradas já existentes no ambiente introduzido, principalmente por ser menos atacadas por inimigos naturais inabilitados ou influenciando o controle das espécies nativas (DESURMONT et al., 2014). No entanto, os inimigos naturais nativos, eventualmente, irão se adaptar à capacidade do fitófago invasor de evitar a predação/parasitismo, especialmente quando espécies exóticas podem compartilhar voláteis comuns com espécies nativas (CHABAANE et al., 2015).

Espécies nativas de percevejos pentatomídeos são conhecidas por produzirem compostos químicos utilizados na comunicação intra e interespecífica. Tais

compostos são produzidos em glândulas protorácicas e abdominais (ALDRICH et al., 1978; BORGES; ALDRICH, 1992). Há uma grande variedade de compostos emitidos por percevejos pentatomídeos, e com funções variadas, em que vários são compartilhados entre diferentes espécies (ALDRICH, 1988).

Portanto, como observado neste trabalho, várias espécies de pentatomídeos produzem tridecano; para este grupo, o tridecano é um semioquímico importante para a defesa (HO; MILLAR, 2001); feromônio sexual (ALDRICH, 1988); dispersão e agregação (LOCKWOOD; STORY, 1985). Assim, pode-se considerar que *Orius insidiosus*, por ser um predador generalista, pode ser capaz de reconhecer tridecano como um volátil associável à uma presa potencial, *H. halys*, uma vez que também ataca outras espécies de pentatomídeos (TILLMAN, 2011).

Com base nessa perspectiva, pode-se esperar que tridecano influenciaria a predação de ovos de *O. nubilalis* por *O. insidiosus* na presença do composto. Todavia, são poucos os estudos que tem demonstrado que atrair inimigos naturais afeta positivamente o consumo de presas (JAMES, 2003; KELLY; HAGLER; KAPLAN, 2014; YU et al., 2008).

Apesar de *O. insidiosus* ter sido atraído por tridecano nos experimentos em casa de vegetação, olfatômetro e em campo, não foi constatado incremento na taxa de predação de ovos de *O. nubilalis*. Isto pode ter ocorrido pelo fato de tridecano ter um efeito arrestante sobre o comportamento do percevejo predador, de forma que o mantenha perto da fonte de odor, impedindo a predação de ovos (KELLY; HAGLER; KAPLAN, 2014).

Além disso, ressalta-se que tridecano por ter desempenhado uma função alternativa sobre a atratividade de *O. insidiosus*. Este composto é conhecido por ser um semioquímico também presente em espécies de *Orius*, sendo relatado como um composto associado a machos de *O. insidiosus* (ALDRICH et al., 2007). Desta forma, *O. insidiosus*, por ser um predador generalista, pode utilizar o mesmo composto volátil para desempenhar diferentes funções dentro de um complexo trófico, tais como o forrageamento em busca de presas, bem como para comunicação intraespecífica.

As informações apresentadas nesta pesquisa elucidam cada vez mais a o conhecimento da importância do uso de compostos voláteis para a atração de

inimigos naturais e aumentar o nível de controle biológico natural em agroecossistemas. Apesar do uso de tridecano não ter influenciado a predação de ovos por *O. insidiosus* neste ensaio, leva a perspectivas futuras sobre o uso de tridecano em condições de campo, tais como o seu uso para a atração e manutenção da eficiência do inimigo natural em áreas de liberação inundativa, de forma a contribuir para a sua conservação no ambiente. Para fazê-lo, são necessários mais estudos para melhor compreender se há um limiar para a utilização de tridecano a fim de reduzir o efeito arrestante; e se haveriam impactos relacionados ao uso de tridecano sobre presas alternativas, bem como sobre o comportamento de seus respectivos inimigos naturais.

5. Conclusões

- *O. insidiosus* é atraído por tridecano, um volátil emitido pelo fitófago *H. halys* e por vagens de feijoeiro danificadas pela praga.

- A atração do percevejo predador não influenciou a predação de ovos de *Ostrinia nubilalis*, provavelmente porque tridecano tem um efeito arrestante sobre o comportamento do predador.

6. Referências

- ABRAHAM, J.; ZHANG, A.; ANGELI, S.; ABUBEKER, S.; MICHEL, C.; FENG, Y.; RODRIGUEZ-SAONA, C. Behavioral and antennal responses of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) to volatiles from fruit extracts. **Environmental Entomology**, College Park, v. 44, n. 2, p. 356–367, 2015.
- ALDRICH, J. R.; BLUM, M. S.; LLOYD, H. A.; FALES, H. M. Pentatomid natural products: chemistry and morphology of the III-IV dorsal abdominal glands of adults. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 4, n. 2, p. 161–172, 1978.
- ALDRICH, J. Chemical ecology of the Heteroptera. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 33, n. 1, p. 211–238, 1988.
- ALDRICH, J. R.; OLIVER, J. E.; SHIFFLET, T.; SMITH, C. L.; DIVELY, G. P. Semiochemical investigations of the insidious flower bug, *Orius insidiosus* (Say). **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 33, n. 8, p. 1477–93, 2007.
- BIDDINGER, D.; TOOKER, J.; SURCICA, A.; KRAWCZYK, G. **Survey of native biocontrol agents of the brown marmorated stink bug in Pennsylvania fruit orchards and adjacent habitat**. Pennsylvania Fruit News, n. outubro 2015, 2012.
- BORGES, M.; ALDRICH, J. R. Instar-specific defensive secretions of stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae). **Experientia**, Basel, v. 48, p. 893–896, 1992.
- CHABAANE, Y.; LAPLANCHE, D.; TURLINGS, T. C.; DESURMONT, G. A. Impact of exotic insect herbivores on native tritrophic interactions: a case study of the African cotton leafworm, *Spodoptera littoralis* and insects associated with the field mustard *Brassica rapa*. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 103, p. 109–117, 2015.
- COLAUTTI, R. I.; RICCIARDI, A.; GRIGOROVICH, I. A.; MACISSAC, H. J. Is invasion success explained by the enemy release hypothesis? **Ecology Letters**, Oxford, v. 7, n. 8, p. 721–733, ago. 2004.
- COLAZZA, S.; CUSUMANO, A.; GIUDICE, D. L.; PERI, E. Chemo-orientation responses in hymenopteran parasitoids induced by substrate-borne semiochemicals. **BioControl**, Dordrecht, v. 59, n. 1, p. 1–17, 2014.
- DE BOER, J. G.; DICKE, M. The role of methyl salicylate in prey searching behavior of the predatory mite *Phytoseiulus persimilis*. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 30, n. 2, p. 255–271, 2004.

DE MORAES, C. M.; LEWIS, W. J.; PARÉ, P. W.; ALBORN, H. T.; TUMLINSON, J. H. Herbivore-infested plants selectively attract parasitoids. **Nature**, London, v. 393, n. June, p. 570–573, 1998.

DESURMONT, G. A.; HARVEY, J.; van DAM, N. C.; CRISTECU, S. M.; SCHIESTL, F. P.; COZZOLINO, S.; ANDERSON, P.; LARSSON, M. C.; KNDLMANN, P.; DANNER, H.; TURLINGS, T. C. Alien interference: Disruption of infochemical networks by invasive insect herbivores. **Plant, Cell and Environment**, Malden, v. 37, p. 1854–1865, 2014.

GADINO, A. N.; WALTON, V. M.; LEE, J. C. Evaluation of methyl salicylate lures on populations of *Typhlodromus pyri* (Acari: Phytoseiidae) and other natural enemies in western Oregon vineyards. **Biological Control**, Orlando, v. 63, n. 1, p. 48–55, 2012.

HANSEN, E. A.; FUNDERBURK, J. E.; REITZ, S. R.; RAMACHANDRAN, S.; EGER, J. E.; MCAUSLANE, H. Within-Plant Distribution of *Frankliniella* species (Thysanoptera: Thripidae) and *Orius insidiosus* (Heteroptera: Anthocoridae) in Field Pepper. **Environmental Entomology**, College Park, v. 32, n. 5, p. 1035–1044, 2003.

HARRY, C.; ABUBEKER, S.; YU, M.; LESKEY, T.; ZHANG, A. Semiochemical production and laboratory behavior response of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*. **Plos One**, São Francisco, v. 10, n. 11, 2015.

HARWOOD, J.; YOO, H. J. S.; GREENSTONE, M. H.; ROWLEY, D. L.; O'NEIL, R. J. Differential impact of adults and nymphs of a generalist predator on an exotic invasive pest demonstrated by molecular gut-content analysis. **Biological Invasions**, Heidelberg, v. 11, n. 4, p. 895–903, 2009.

HO, H. Y.; MILLAR, J. G. Compounds in metathoracic glands of adults and dorsal abdominal glands of nymphs of the stink bugs, *Chlorochroa uhleri*, *C. sayi*, and *C. ligata* (Hemiptera: Pentatomidae). **Zoological Studies**, Taipei, v. 40, n. 3, p. 193–198, 2001.

HOWE, G. A.; JANDER, G. Plant immunity to insect herbivores. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 59, p. 41–66, 2008.

IGLINSKY, W.; RAINWATER, C. F. *Orius insidiosus*, an enemy of a spider mite on cotton. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 43, n. 4, p. 567–568, 1950.

JAMES, D. G. Synthetic Herbivore-Induced Plant Volatiles as field attractants for beneficial insects. **Environmental Entomology**, Orlando, v. 32, n. 5, p. 977–982, 2003.

JAMES, D. G.; PRICE, T. S. Field-testing of methyl salicylate for recruitment and retention of beneficial insects in grapes and hops. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 30, n. 8, p. 1613–1628, 2004.

JAMES, D. G. Further field evaluation of synthetic herbivore-induced plant volatiles as attractants for beneficial insects. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 31, n. 3, p. 481–495, 2005.

KEANE, R. M.; CRAWLEY, M. J. Exotic plant invasions and the enemy release hypothesis. **Trends in Ecology and Evolution**, Amsterdam, v. 17, n. 4, p. 164–170, 2002.

KELLY, J. L.; HAGLER, J. R.; KAPLAN, I. Semiochemical lures reduce emigration and enhance pest control services in open-field predator augmentation. **Biological Control**, Orlando, v. 71, p. 70–77, 2014.

KHAN, Z. R.; JAMES, D. G.; MIDEGA, C. A. O.; PICKETT, J. A. Chemical ecology and conservation biological control. **Biological Control**, Orlando, v. 45, n. 2, p. 210–224, 2008.

KUHAR, T. P.; KAMMINGA, K. L.; WHALEN, J.; DIVELY, G. P.; BRUST, G.; HOOKS, C. R. R.; HAMILTON, G.; HERBERT, A. **The pest potential of brown marmorated stink bug on vegetable crops**. Plant Health Progress, 2012. Disponível em: <http://offices.ext.vt.edu/rockingham/programs/anr/BMSB_veggie.pdf>. Acessado em: 15 de outubro de 2015.

LATTIN, J. D. Bionomics of the Anthocoridae. **Annual Review of Entomology**, v. 44, p. 207–31, 1990.

LESKEY, T. C. HAMILTON, G. C.; NIELSEN, A. L.; POLK, D. F.; RODRIGUEZ-SAONA, C.; BERGH, J. C.; HERBERT, D. A.; KUHAR, T. P.; PFEIFER, D.; DIVELY, G. P.; HOOKS, C. R. R.; RAUPP, M. J.; SHREWSBURY, P. M.; KRAWCZYK, G.; SHEARER, P. W.; WHALEN, J.; KOPLINKA-LOEHR, C.; MYERS, E.; INKLEY, D.; HOELMER, K. A.; LEE, D.; WRIGHT, S; E. Pest status of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* in the USA. **Outlooks on Pest Management**, Burnham, v. 23, n. 5, p. 218–226, 2012.

LOCKWOOD, J. A.; STORY, R. N. Bifunctional pheromone in the first instar of the southern green stink bug, *Nezara viridula* (L.) (Hemiptera: Pentatomidae): its characterization and interaction with other stimuli. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 78, n. 4, p. 474–479, 1985.

MUSSER, F. R.; SHELTON, A. M. Bt sweet corn and selective insecticides: impacts on pests and predators. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 96, n. 1, p. 71-80, 2003.

NIELSEN, A. L.; HAMILTON, G. C. Life history of the invasive species *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in Northeastern United States. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 102, n. 4, p. 608–616, 2009.

NINKOVIC, V.; ABASSI, S. A.; PETTERSSON, J. The influence of aphid-induced plant volatiles on ladybird beetle searching behavior. **Biological Control**, Orlando, v. 21, n. 2, p. 191–195, 2001.

OSEKRE, E. A.; WRIGHT, D. L.; MAROIS, J. et al. Predator-prey interactions between *Orius insidiosus* (Heteroptera: Anthocoridae) and *Frankliniella tritici* (Thysanoptera: Thripidae) in cotton blooms. **Journal of Cotton Science**, Baton Rouge, v. 201, p. 195–201, 2008.

PIMENTEL, D.; ZUNIGA, R.; MORRISON, D. Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. **Ecological Economics**, Amsterdam, v. 52, n. 3, p. 273–288, 2005.

REDDY, G. V. P.; HOLOPAINEN, J. K.; GUERRERO, A. Olfactory responses of *Plutella xylostella* natural enemies to host pheromone, larval frass, and green leaf cabbage volatiles. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 28, n. 1, p. 131–143, 2002.

REID, C. D.; LAMPMAN, R. L. Olfactory responses of *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) to volatiles of corn silks. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 15, n. 4, p. 1109–1115, 1989.

REID, C. D.; Ability of *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) to search for, find, and attack european corn borer and corn earworm eggs on corn. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 84, n. 1, p. 83-86.

RICE, K. B. et al. Biology, ecology, and management of brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae). **Journal of Integrated Pest Management**, Annapolis, v. 5, n. 3, p. 1–13, 2014.

RODRIGUEZ-SAONA, C. R.; RODRIGUEZ-SAONA, L. E.; FROST, C. J. Herbivore-Induced Volatiles in the Perennial Shrub, *Vaccinium corymbosum*, and Their Role in Inter-branch Signaling. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 35, n. 2, p. 163–175, 2009.

RODRIGUEZ-SAONA, C. R.; FROST, C. J. New evidence for a multi-functional role of herbivore-induced plant volatiles in defense against herbivores. **Plant Signaling & Behavior**, v. 5, n. 1, p. 58–60, 2010.

RODRIGUEZ-SAONA, C.; KAPLAN, I.; BRAASCH, J.; CHINNASAMI, D.; WILLIAMS, L. Field responses of predaceous arthropods to methyl salicylate: A meta-analysis and case study in cranberries. **Biological Control**, Orlando, v. 59, n. 2, p. 294–303, 2011.

SALAMANCA, J.; PAREJA, M.; RODRIGUEZ-SAONA, C.; RESENDE, A. L. S.; SOUZA, B. Behavioral responses of adult lacewings, *Chrysoperla externa*, to a rose–aphid–coriander complex. **Biological Control**, New York, v. 80, p. 103–112, 2015.

SEETIN, M. 2011. **News release: losses to mid-Atlantic apple growers at \$37 million from brown marmorated stink bug**. Disponível em: <http://www.growingproduce.com/article/21057/brownmarmorated-stink-bug-causes-37-million-in-losses-to-midatlantic-apple-growers>. Acessado em 20 de novembro de 2015.

SHIPP, J. L.; RAMAKERS, P. M. J. Biological control of thrips on vegetable crops. In: HEIZ, K. M.; van DRIESCHE, R. G.; PARELLA, M. P. **Biocontrol in protected culture**. Batavia: Ball Publishing, 2004. p. 265-276.

SOLOMON, D.; DUTCHER, D.; RAYMOND, T. Characterization of *Halyomorpha halys* (brown marmorated stink bug) biogenic volatile organic compound emissions and their role in secondary aerosol formation. **Journal of the Air & Waste Management**, Pittsburgh, v. 63, n. 11, p. 1264-1269, 2013.

STOPBMSB. **Where Is BMSB?** - StopBMSB.org. Disponível em: <http://www.stopbmsb.org/where-is-bmsb/>. Acesso em: 2 nov. 2015.

TEERLING, C. R.; GILLESPIE, D. R.; BORDEN, J. H. Utilization of western flower thrips alarm pheromone as a prey-finding kairomone by predators. **The Canadian Entomologist**, v. 125, p. 431-437, 1973.

THOLL, D.; RÖSE, U. S. R. Detection and identification of floral scent compounds. In: DUDAREVA, N., PICHERSKY, E. (Eds.) **The biology of floral scent**. New York: CRC Press, p. 3–25, 2006.

TILLMAN, P. G. Natural biological control of stink bug (Heteroptera: Pentatomidae) eggs in corn, peanut, and cotton farmscapes in Georgia. **Environmental Entomology**, Orlando, v. 40, n. 2, p. 303–314, 2011.

TURLINGS, T. C.; TUMLINSON, J. H.; LEWIS, W. J. Exploitation of herbivore-induced plant odors by host-seeking parasitic wasps. **Science**, New York, v. 250, n. 4985, p. 1251–1253, 1990.

van DEN BOOM, C. E. M.; van BEEK, T. A.; POSTHUMUS, M. A.; DE GROOT, A.; DICKE, M. Qualitative and quantitative variation among volatile profiles induced by *Tetranychus urticae* feeding on plants from various families. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 30, n. 1, p. 69–89, 2004.

XU, J.; FONSECA, D. M.; HAMILTON, G. C.; HOELMER, K. A.; NIELSEN, A. L. Tracing the origin of US brown marmorated stink bugs, *Halyomorpha halys*. **Biological Invasions**, Heidelberg, v. 16, n. 1, p. 153–166, 2014.

YU, H.; ZHANG, Y.; KONGMING, W.; GAO, X. W.; GUO, Y. Y. Field-testing of synthetic herbivore-induced plant volatiles as attractants for beneficial insects. **Environmental Entomology**, Orlando, v. 37, n. 6, p. 1410–1415, 2008.

ZHU, J.; PARK, K. C. Methyl salicylate, a soybean aphid-induced plant volatile attractive to the predator *Coccinella septempunctata*. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 31, n. 8, p. 1733–1746, 2005.

CAPÍTULO 4 – IMPLICAÇÕES FINAIS

O Controle Biológico Natural ou Conservativo é uma importante, porém muitas vezes desconsiderada, ferramenta para o controle de pragas em agroecossistemas. Como base para qualquer programa de Manejo Integrado de Pragas (MIP), as causas naturais de mortalidade (ação de fatores bióticos e abióticos) auxiliam na regulação populacional de insetos-praga, favorecendo a sua manutenção abaixo de níveis de dano econômico. Além disso, consiste em uma alternativa sustentável para o manejo destes ambientes, uma vez que os impactos sobre os demais componentes são baixos.

Os dados obtidos neste trabalho contribuem para o conhecimento da ação do parasitoide de ovos *Trichogramma pretiosum* sobre os ovos de *Chrysodeixis includens* na cultura da soja. Este parasitoide, amplamente estudado no mundo com vistas à criação massal e consequente liberação inundativa, não é reportado ocorrendo em ovos desta praga no agroecossistema soja no Brasil. A partir destes resultados é possível compreender a dinâmica da ocorrência da praga na cultura, constatando-se que a ação de *T. pretiosum* é vital para o manejo da cultura da soja. Isto se deve ao fato de que a ocorrência de ovos da praga foi detectada durante o período reprodutivo das plantas, época em que a cultura encontra-se mais suscetível a danos econômicos. Sendo assim, estas informações são valiosas para o entendimento do manejo e consequente controle natural da praga na cultura.

Os resultados desta pesquisa elucidam quais épocas (ou estádios fenológicos) seriam mais adequados para eventuais liberações de *T. pretiosum* na cultura da soja. Tal constatação é pertinente pois, assim como observado para a praga, a ocorrência deste parasitoide foi mais intensa durante os estádios reprodutivos da cultura. Sendo assim, sugere-se que, em um programa de controle biológico aplicado de *C. includens* na soja, liberações de *T. pretiosum* sejam realizadas no final do período vegetativo das plantas, de modo que irão fornecer um incremento na população do parasitoide já existente na área.

Além da importância do conhecimento da presença de inimigos naturais em agroecossistemas, é primordial o estabelecimento de estratégias para a preservação e aumento destes agentes de controle nestes locais. Diversos estudos tem focado

neste assunto, através da utilização de técnicas conservativas como o sistema 'push-pull', o cultivo de plantas armadilhas, bem como o uso de iscas atrativas a base de feromônios de insetos ou outros compostos, tais como voláteis de plantas.

São apresentados resultados do uso de compostos voláteis emitidos pela praga invasora *Halyomorpha halys* sobre o comportamento de busca e localização da presa pelo percevejo predador generalista *Orius insidiosus*. Foi apresentado que o predador é atraído por tridecano, um composto emitido pela praga, sob diversas condições (em laboratório, casa-de-vegetação e campo). Sendo assim, este volátil poderia ser utilizado como um atrativo para auxiliar na conservação de predadores generalistas em agroecossistemas. Além disso, a predação de ovos associados ao composto não correspondeu ao seu potencial atrativo, indicando que estudos mais detalhados sobre o comportamento do predador frente a tridecano devem ser conduzidos.

Em conclusão, os resultados apresentados nesta Tese trazem à luz dados importantes para o manejo e conservação de inimigos naturais em agroecossistemas. O Controle Biológico Natural ou Conservativo está na vanguarda da agricultura moderna, uma vez que se busca por alternativas para a associação de métodos de controle de pragas. Esta busca muitas vezes é prejudicada pela falta de informações básicas sobre as interações existentes entre as plantas, pragas e inimigos naturais, de modo que estes estudos são pilares para o entendimento aplicado de processos ecológicos em ambientes agrícolas.