



MARCELO MENDES HARO

**RECURSOS FLORAIS DE *Tagetes erecta* L.
MEDIANDO A COMPOSIÇÃO DE REDES
TRÓFICAS**

LAVRAS – MG

2014

MARCELO MENDES HARO

**RECURSOS FLORAIS DE *Tagetes erecta* L. MEDIANDO A
COMPOSIÇÃO DE REDES TRÓFICAS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, área de concentração em Entomologia, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador

Dr. Luís Cláudio Paterno Silveira

LAVRAS – MG

2014

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Haro, Marcelo Mendes.

Recursos florais de *Tagetes erecta* L. mediando a composição de
redes tróficas / Marcelo Mendes Haro. – Lavras : UFLA, 2014.

109 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2014.

Orientador: Luís Cláudio Paterno Silveira.

Bibliografia.

1. Controle biológico conservativo. 2. Planta atrativa. 3. Cravo
amarelo. 4. Parasitoides. 5. Predadores. I. Universidade Federal de
Lavras. II. Título.

CDD – 632.96

MARCELO MENDES HARO

**RECURSOS FLORAIS DE *Tagetes erecta* L. MEDIANDO A
COMPOSIÇÃO DE REDES TRÓFICAS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, área de concentração em Entomologia, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 15 de janeiro de 2014.

Dr. Rogério Antonio Silva	EPAMIG
Dr. Raul Narciso Carvalho Guedes	UFV
Dr. Jair Campos Moraes	UFLA
Dr. Brígida Souza	UFLA

Dr. Luís Cláudio Paterno Silveira
Orientador

LAVRAS – MG

2014

Aos meus pais, Carlos e Janete, pelo apoio e confiança.

OFEREÇO

A todos aqueles que acreditam em uma agricultura sustentável, respeitando
sempre o meio ambiente e as dádivas do mesmo.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela capacidade e força para vencer mais esta etapa.

Ao Professor Luís Cláudio, por ter confiado em mim antes mesmo desta caminhada começar, meus sinceros agradecimentos.

Aos meus pais, por serem meus pais, pelo amor, dedicação e paciência ao longo desses anos.

A minha namorada Gi, pelo carinho, apoio, amor e pela companhia que me amparou e se fez presente até mesmo quando um oceano inteiro nos separava.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), ao Departamento de Entomologia (DEN), pela oportunidade concedida para a conquista desta etapa.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos no Brasil e, principalmente, pelo auxílio durante o período em que estive no Reino Unido.

À Universidade de *Lancaster* na Inglaterra pelo apoio nas pesquisas.

Ao meu amigo Jander pela tijolada e principalmente pela medalha de ouro.

Ao meu pai e aos meus amigos PG, João, Carlão e Jacaré pela valorosa ajuda durante a condução do experimento em campo.

Aos demais familiares e amigos pela amizade e apoio durante todos esses anos de estudo.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi determinar o papel do recurso floral *T. erecta* e suas características químicas na melhoria do controle biológico de pragas em horticultura de alface. Para isso, em experimento de campo, foram avaliadas a dinâmica de pragas e os inimigos naturais em diferentes distâncias e idades de desenvolvimento do recurso floral. Foram identificadas as composições dos óleos voláteis de *T. erecta* oriundos de folhas e flores, coletadas em diferentes épocas de desenvolvimento da planta. A atratividade desses compostos foi testada em um olfatômetro em “Y” para diversos inimigos naturais. Em campo, o recurso floral utilizado influenciou a composição da rede trófica de artrópodes a partir de seu florescimento, aumentando a riqueza e abundância de inimigos naturais e, conseqüentemente, diminuindo as populações de pragas, sendo o efeito potencializado nas menores distâncias entre o cravo e a alface. Nas análises químicas dos óleos voláteis foi identificado o total de 31 compostos nos tratamentos avaliados, sendo 29 deles registrados nas folhas e 27 nas flores de *T. erecta*. A fase de desenvolvimento e a estrutura da planta afetaram a composição dos óleos voláteis. Nos testes de atratividade tanto parasitoides quanto predadores responderam, predominantemente, aos óleos das flores de *T. erecta*, exceto o crisopídeo *C. carnea* que não respondeu a nenhum dos óleos voláteis testados. Sendo assim, a utilização de *T. erecta* como recurso floral é potencialmente positiva ao controle biológico conservativo, uma vez que essa planta é capaz de atrair e conservar inimigos naturais para o ambiente produtivo, potencialmente resultando em uma maior efetividade do controle das populações de pragas.

Palavras-chave: Controle biológico conservativo. Planta atrativa. Cravo amarelo. Parasitoides. Predadores.

ABSTRACT

The aim of this study was investigate the role of floral resource of *T. erecta* and its chemical characteristics in enhancing biological control in organic cultivation. For this, a field experiment was undertaken to quantify the impact of natural enemies on pest population dynamics and investigate how this impact is modified by phenology and relative distance of floral resources. Chemical compounds from leaves and flowers were extracted and identified separately, in three different development stages. Chemical attractiveness of *T. erecta* volatile oils were tested using representative natural enemies in a Y-tube olfactometer. The floral resource *T. erecta* influenced the food web composition attracting and conserving natural enemies during its flowering stage, resulting in an effective biological control of pests, especially in short relative distances. The volatile oil from *T. erecta* presented different composition among structures and plant development stage. 31 compounds were identified in all treatment, which 29 were registered in leaves and 27 registered in flowers. Almost all natural enemies responded positively to volatile oils extracted from flowers of *T. erecta*. The green lacewing *C. carnea* did not respond to any treatment. Therefore, *T. erecta* is potentially useful to organic agriculture, due to the capacity to attract and conserve natural enemies, affecting the food web composition and potentially enhancing biological control.

Keywords: Conservation biological control. Attractive plants. African marigold. Parasitoids. Predators.

SUMÁRIO

	CAPÍTULO 1 Introdução geral	10
1	INTRODUÇÃO	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1	Principais pragas de hortaliças	12
2.2	Inimigos naturais de pragas de hortaliças	14
2.2.1	Inimigos naturais de pulgões	14
2.2.2	Inimigos naturais das moscas-brancas	16
2.2.3	Inimigos naturais de tripses	16
2.2.4	Inimigos naturais das lagartas e brocas	17
2.2.5	Inimigos naturais de moscas-minadoras	18
2.2.6	Inimigos naturais de ácaros	18
2.2.7	Inimigos naturais de coleópteros	18
2.3	Manejo do habitat para conservação	19
2.3.1	Uso de faixas de plantas atrativas a inimigos naturais	20
2.4	Atratividade de compostos voláteis a inimigos naturais	23
	REFERÊNCIAS	25
	CAPÍTULO 2 Influência espaço-temporal de recursos florais sobre a composição da rede trófica em agroecossistemas	34
1	INTRODUÇÃO	37
2	MATERIAL E MÉTODOS	39
2.1	Delineamento experimental e montagem do experimento	39
2.2	Amostragem	41
2.3	Análises estatísticas e construção da rede trófica	42
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4	CONCLUSÕES	59
	REFERÊNCIAS	60
	CAPÍTULO 3 Composição química dos óleos voláteis de <i>Tagetes erecta</i> L. (Asteracea).....	64
1	INTRODUÇÃO	67
2	MATERIAL E MÉTODOS	69
2.1	Extração dos óleos essenciais	70
2.2	Análise da composição do óleo essencial	70
2.2.1	Cromatografia em fase gasosa	71
2.2.2	Cromatografia em fase gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG/EM)	71

2.3	Identificação dos componentes.....	72
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	73
3.1	Composição química dos óleos.....	74
4	CONCLUSÃO.....	78
	REFERÊNCIAS.....	79
	CAPÍTULO 4 Atratividade de óleos voláteis de <i>Tagetes erecta</i> a inimigos naturais de insetos-praga.....	83
1	INTRODUÇÃO.....	86
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	88
2.1	Montagem do olfatômetro.....	88
2.2	Obtenção dos inimigos naturais.....	90
2.3	Bioensaio.....	91
2.4	Análises estatísticas.....	92
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	93
3.1	Resposta olfativa <i>A. colemani</i>	93
3.2	Resposta olfativa <i>A. abdominalis</i>	94
3.3	Resposta olfativa <i>E. formosa</i>	96
3.4	Resposta olfativa <i>O. laevigatus</i>	98
3.5	Resposta olfativa <i>A. bipunctata</i>	99
3.6	Resposta olfativa <i>C. carnea</i>	101
4	CONCLUSÕES.....	103
	REFERÊNCIAS.....	104
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	109

CAPÍTULO 1

Introdução geral

1 INTRODUÇÃO

A intensificação da produção de hortaliças tem levado a um declínio da biodiversidade nesses agroecossistemas e a consequente degradação dos serviços ecológicos oferecidos pela mesma, dentre os quais se destaca a regulação populacional de insetos-praga (WILBY; THOMAS, 2002). Essa deterioração incentiva uma maior dependência de inseticidas sintéticos em um período onde pressões sociais, políticas e econômicas tentam restringir o uso de tais insumos. Sendo assim, o desenvolvimento de alternativas sustentáveis ao uso dos pesticidas torna-se um desafio à horticultura moderna.

Nos agroecossistemas, parasitoides e predadores naturalmente fornecem controle de insetos-praga, no entanto, sua eficácia é severamente limitada pela falta de recursos naturais, tais como néctar, pólen e abrigo (WÄCKERS; RIJN, 2005). A introdução de recursos florais tem se mostrado uma importante ferramenta para aumentar a atividade dos inimigos naturais nos ambientes agrícolas (GURR; WRATTEN; ALTIERI, 2004). Porém, mais pesquisas são necessárias para compreender como o provimento de recursos pode influenciar o funcionamento das diversas guildas de inimigos naturais no tempo, espaço, abundância e diversidade.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi determinar o papel dos recursos florais do cravo amarelo *Tagetes erecta* e suas características químicas na melhoria do controle biológico de pragas em horticultura de alface. Para isso, em experimento de campo, a dinâmica de pragas e os inimigos naturais foram avaliados em diferentes distâncias e idades de desenvolvimento do recurso floral. Foram identificadas as composições dos óleos voláteis de *T. erecta* oriundos de folhas e flores, coletadas em diferentes épocas de desenvolvimento da planta. A atratividade desses compostos foi testada em um olfatômetro em “Y” para diversos inimigos naturais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Principais insetos-praga de hortaliças

No cultivo de hortaliças vários insetos-praga potencialmente podem estar presentes no cultivo orgânico, entre eles estão os pulgões, os tripses, as traças, as lagartas e brocas, as moscas-minadoras, as moscas-brancas, os ácaros e os besouros (GALLO et al., 2002).

Os pulgões são insetos sugadores de seiva que demonstram preferência por atacar brotações e folhas novas, as quais adquirem aspecto enrugado e deformado, prejudicando o desenvolvimento da planta e podendo levar à perda total das lavouras, sobretudo quando ocorre a transmissão de vírus que compromete totalmente as plantas (YURI et al., 2002). Dentre as espécies de afídeos-praga se destaca *Myzus persicae* (Sulzer, 1776) (Hemiptera: Aphididae), que provoca danos diretos e indiretos a diversas hortaliças, além de ser vetor de transmissão de inúmeros vírus (GALLO et al., 2002).

A mosca-branca *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) (Hemiptera: Aleyrodidae) suga a seiva nas fases de ninfa e adulta, depauperando as plantas, além de transmitir geminivírus que causam redução do vigor e da produção, podendo também causar a morte das plantas. Além do dano direto, também produzem excrementos açucarados, que comprometem folhas e frutos (SILVA; CARVALHO, 2004; YURI et al., 2002). No Brasil, é registrada também a ocorrência de *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood, 1856) em altas populações em cultivos de hortaliças (LOURENÇÃO et al., 2008).

Os tripses são importantes pragas e estão distribuídas por todo o mundo. Particularmente as espécies *Thrips tabaci* Lind., 1888, *Thrips palmi* Karny, 1925, *Frankliniella occidentalis* (Pergande, 1895) e *Frankliniella schultzei* (Trybom, 1910) (Thysanoptera: Thripidae) estão entre as principais para a

horticultura, transmitindo vírus para algumas culturas (BORBON; GRACIA; PICCOLO, 2006; MONTEIRO; MOUND; ZUCCHI, 2001). Os tripes são muito comuns em solanáceas e cucurbitáceas nas quais os danos típicos são o surgimento de manchas prateadas nas folhas e frutos, bem como pontos negros (fezes) e pequenas pústulas formadas pela oviposição endofítica (BORBON; GRACIA; PICCOLO, 2006).

A Ordem Lepidoptera (lagartas, traças e brocas) apresenta grande número de espécies ocorrendo em hortaliças, como *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae), *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée, 1854) (Crambidae), *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) (Noctuidae), e as traças *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) e *Phthorimaea operculella* (Zeller, 1873) (Gelechiidae) (MEDEIROS; VILELA; FRANÇA, 2006). Essas espécies podem causar danos diretos à produção atacando frutos, ou indiretos, afetando a capacidade fotossintética com injúrias em folhas, ramos e pecíolos (MIRANDA et al., 2005). Portanto, a presença dessas mariposas deve ser evitada nos plantios, uma vez que suas injúrias também permitem a entrada de patógenos importantes.

Entre os dípteros destacam-se as larvas das moscas-minadoras, que fazem galerias nas folhas consumindo o parênquima foliar e diminuindo a capacidade de fotossíntese. As principais espécies são *Liriomyza sativae* (Blanchard, 1938) e *Liriomyza trifolii* (Burgess, 1880), que podem causar dano econômico quando atacam plantas debilitadas ou quando se multiplicam intensamente em áreas adjacentes aos cultivos, migrando em grande número para a área hortícola (ALVARENGA; RESENDE, 2002).

Em relação aos ácaros, são consideradas pragas as espécies *Tetranychus urticae* (Koch, 1836), *Tetranychus evansi* Baker & Pritchard, 1960 e *Tetranychus marianae* McGregor, 1950 (Acarina, Tetranychidae), *Polyphagotarsonemus latus* (Banks 1904) (Acarina: Tarsonemidae), *Brevipalpus*

phoenicis (Geijskes, 1939) (Acarina, Tenuipalpidae) e *Aculops lycopersici* (Massei, 1937) (Acari: Eriophyidae). O ataque desses indivíduos causa danos como escurecimento e brilho nas folhas e base das hastes, que posteriormente tendem a murchar, secar e cair (GALLO et al., 2002; SILVA et al., 2002).

Os principais coleópteros que atacam hortaliças são as vaquinhas defolhadoras como *Epicauta atomaria* (Germar, 1821) (Meloidae) e crisomelídeos como *Diabrotica speciosa* (Germar, 1824) (Chrysomelidae), além dos gorgulhos chamados “bicho-da-tromba-de-elefante” *Phyrdenus divergens* (Germar, 1824) e *Faustinus* sp. (Curculionidae) (GALLO et al., 2002).

2.2 Inimigos naturais de insetos-praga de hortaliças

Diversos são os inimigos naturais que regulam os diferentes insetos-praga de hortaliças. Serão citadas aqui as espécies de maior potencial para serem conservadas nessas culturas.

2.2.1 Inimigos naturais de pulgões

Diversas espécies de joaninhas (Coleoptera: Coccinellidae) ocorrem em áreas agrícolas, principalmente dos gêneros *Harmonia*, *Hipodamia*, *Cycloneda*, *Criptolaemus* e *Scymnus*. Tanto as larvas quanto os adultos são predadores, e esse grupo de insetos é potencialmente eficiente no controle de várias espécies de pulgões em hortaliças (RIQUELME, 1997). Nos experimentos em laboratório de Vieira, Bueno e Auad (1997) indicaram que as larvas de *Scymnus argentinicus* (Weise, 1906) consomem, até se transformarem em pupas, cerca de 180 pulgões, e durante toda a vida adulta podem consumir até 3.000 insetos, devido ao longo tempo de vida (150 dias).

Outro importante grupo responsável pela regulação da população de pulgões é o dos crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae). Esses insetos são predadores de diversas pragas em um grande número de ecossistemas (NEW, 1988). Durante o terceiro instar consomem até 150 pulgões e durante seu ciclo todo predam cerca de 300 insetos (AUAD; FREITAS; BARBOSA, 2001). Os adultos se alimentam de néctar e pólen. A espécie mais comum encontrada em nossas condições é *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) voraz e eficiente no controle de pulgões, mas são insetos altamente sensíveis aos inseticidas naturais utilizados em olericultura orgânica (RIQUELME, 1997).

Os sirfídeos (Diptera: Syrphidae) é o terceiro grupo de predadores de pulgões bastante importante. As larvas podem consumir 300 e 550 presas durante todo período larval, enquanto os adultos exploram recursos como néctar e pólen de flores, que visitam frequentemente (RIQUELME, 1997). No Brasil, as espécies mais comuns são *Allograpta neotropica* Curran, 1936 e *Pseudodoros clavatus* (Fabricius, 1794) (AUAD et al., 1997). Dípteros predadores da família Dolichopodidae também são responsáveis pela regulação da população de afídeos em cultivos agrícolas (BROOKS, 2005).

Esses quatro grupos de predadores de pulgões são os principais, mas não os únicos. Os percevejos da família Anthocoridae, do gênero *Anthocoris* e, sobretudo do gênero *Orius*, predam pulgões de diversas espécies. O consumo de pulgões por *Orius insidiosus* (Say, 1832) em laboratório é de cerca de 60 a 80 insetos durante seu desenvolvimento ninfal (MENDES, 2000). Apresentam certa preferência por tripes, e por isso serão discutidos mais adiante. Além disso, aranhas, besouros da família Carabidae, tesourinhas (Dermaptera), formigas do gênero *Formica* e outros percevejos predadores controlam pulgões (SUNDERLAND, 1988), e todos esses grupos citados podem ser fomentados no ambiente através de modificações no arranjo e nas espécies vegetais.

Atuam também no controle natural de pulgões diversas espécies de himenópteros parasitoides, sobretudo das famílias Aphelinidae e Braconidae (Aphidiinae), como *Aphidius colemani* Vierick, 1912, *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson, 1808), *Diaeretiella rapae* (McIntosh, 1855) e *Praon volucre* (Halliday, 1833), comumente encontradas no meio agrícola (RODRIGUES; BUENO, 2001; SOGLIA; BUENO; SAMPAIO, 2002). Esses parasitoides são importantes reguladores de pulgões, mas os adultos necessitam de flores, pois se alimentam de néctar (RIQUELME, 1997; STARÝ, 1988).

2.2.2 Inimigos naturais das moscas-brancas

As joaninhas, os crisopídeos e os antocorídeos são predadores de mosca-branca (RIQUELME, 1997), e a ação conjunta com os parasitoides, sobretudo do gênero *Encarsia* Förster, é importante para o controle satisfatório. Além disso, fungos entomopatogênicos podem auxiliar na redução populacional da praga. Os principais fungos entomopatogênicos são *Verticillium lecanii* (Zimm., 1986), *Paecilomyces fumosoroseus* Brown & Smith, 1957 e *Aschersonia aleyrodis* Webber, 1897 (FERNANDES; CORREIA, 2005).

2.2.3 Inimigos naturais de tripes

Os percevejos do gênero *Orius* são os principais agentes de controle biológico de tripes (BUENO, 2009; LENTEREN, 2000; RIUDAVETS, 1995). No Brasil, a principal espécie é *O. insidiosus* (BUENO, 2009; SILVEIRA; BUENO; LENTEREN, 2004), mas outras espécies ocorrem em várias plantas cultivadas e invasoras (SILVEIRA; BUENO; MENDES, 2003), e suas populações podem ser manipuladas através do manejo de plantas no habitat. Miranda et al. (2005) afirmam que os percevejos dos gêneros *Orius* e *Xylocoris*

estiveram entre os predadores mais abundantes em cultivos de hortaliças sem aplicação de defensivos.

Outros predadores de tripes são os ácaros da família Phytoseiidae, que ocorrem naturalmente em áreas bem conservadas e diversas, desde que não haja a interferência de produtos químicos de largo espectro. As principais espécies pertencem aos gêneros *Phytoseiullus*, *Iphyseiodes* e *Euseius* (REIS; ALVES, 1997). Também os crisopídeos alimentam-se de tripes, consumindo até 220 tripes adultos em laboratório conforme observado por Barbosa, Auad e Freitas (2000), além dos tripes predadores da família Aeolothripidae, como *Franklinothrips vespiformis* (Crawford, 1909) (HODDLE et al., 2000).

2.2.4 Inimigos naturais das lagartas e brocas

As populações de lagartas de solo podem ser reguladas pela ação de adultos e larvas de besouros predadores da família Carabidae (*Calosoma* sp., *Lebia* sp.) e por nematoides e fungos entomopatogênicos (GALLO et al., 2002). As brocas e lagartas da parte aérea são atacadas, quando recém-eclodidas, por antocorídeos, crisopídeos e aranhas (RIQUELME, 1997). Lagartas grandes podem ser predadas por pentatomídeos como *Podisus* sp. (Hemiptera: Pentatomidae), reduviídeos como *Zelus* sp. (Hemiptera: Reduviidae), vespídeos (Hymenoptera: Vespidae), além de moscas parasitoides da família Tachinidae. Grande contribuição no controle de lagartas, no entanto, se dá pela atuação de parasitoides das famílias Ichneumonidae e Braconidae. Os parasitoides de ovos da família Trichogrammatidae (*Trichogramma* sp.), muito eficientes, por exemplo, no controle da traça do tomateiro no Brasil (BOTELHO, 1997; HAJI, 1997), e comuns em hortas orgânicas (RIQUELME, 1997). Todos esses insetos necessitam também de néctar, pólen e abrigo em sua fase adulta para sobreviverem.

2.2.5 Inimigos naturais de moscas-minadoras

Os parasitoides das famílias Eulophidae (*Diglyphus* sp.) e Braconidae (*Opius* sp.) controlam as populações de minadoras em condições naturais, depositando seus ovos diretamente nas larvas no interior da folha minada (MAU; KESSING, 2008). Já as vespas predadoras retiram as larvas das galerias e com elas provisionam seus ninhos. Tanto os parasitoides quanto as vespas necessitam de habitat favorável para sobrevivência, sobretudo com relação à diversidade local.

2.2.6 Inimigos naturais de ácaros

Os antocorídeos e os ácaros predadores são os principais inimigos naturais de ácaros fitófagos. Segundo Venzon, Pallini e Janssen (2001), teias alimentares complexas se formam na presença de ácaros fitófagos e seus predadores, de modo a interferir no controle biológico.

2.2.7 Inimigos naturais de coleópteros

Os besouros que atacam hortaliças podem ser predados por diversos artrópodes generalistas, como Araneidae (Aranea), Staphilinidae (Coleoptera) e Formicidae (Hymenoptera), dentre outros. Esses grupos são citados por Miranda et al. (2005) como muito abundantes em campos de hortaliças sem aplicação de inseticidas.

2.3 Manejo do habitat para conservação

A manipulação do ambiente por meio da diversificação vegetal constitui uma das mais eficientes estratégias para a conservação da fauna de inimigos naturais em agroecossistemas (LANDIS; WRATTEN; GURR, 2000). As plantas utilizadas nesse processo devem, em geral, possuir as seguintes características: a) oferta de alimento alternativo para os adultos, como néctar, pólen e substâncias açucaradas, o que aumenta a eficiência e fecundidade de predadores e parasitoides; b) disponibilidade de abrigo e microclima adequado para os inimigos naturais, possibilitando o refúgio quando há estresse ambiental; c) permitir o desenvolvimento de presas e hospedeiros alternativas para os inimigos naturais, possibilitando sua sobrevivência quando as pragas estão ausentes; d) possibilitar a manipulação dos recursos para os inimigos naturais, manejando as épocas de plantio, colheita, podas e roçadas, antecipando a colonização pelos inimigos naturais e, finalmente; e) arranjar espacialmente as plantas selecionadas de modo a favorecer a movimentação dos entomófagos na área (GRIFFITHS et al., 2008; IRVIN et al., 2006; LAVANDERO et al., 2006).

Além disso, diversas plantas emitem voláteis que induzem diferentes tipos de estratégias alimentares, de acasalamento e reprodução em insetos, sendo o conhecimento dessas interações essencial para a compreensão das relações interespecíficas (LANDOLT; PHILLIPS, 1997).

Diversos exemplos na literatura referem-se ao aumento de inimigos naturais em várias culturas de importância econômica utilizando-se consorciação, cultivos em faixas e manejo de plantas nativas espontâneas, entre outros métodos.

2.3.1 Uso de faixas de plantas atrativas a inimigos naturais

Diversas plantas, sejam cultivadas ou espontâneas, podem atrair e manter inimigos naturais de importantes pragas de hortaliças. Essas plantas podem ser utilizadas em faixas, nas bordaduras dos cultivos, misturadas nas linhas de cultivo ou ainda em vasos (plantas banqueiras) localizados estrategicamente no campo.

Os cultivos em faixas são áreas contíguas onde uma ou mais culturas são mantidas. Quando se trata de uma única cultura, as faixas são representadas por plantios de idades diferentes ou colheitas em faixas selecionadas. Por exemplo, cultivos de alfafa em faixas, colhidos alternadamente, promovem refúgio para crisopídeos, coccinelídeos e percevejos predadores (BOSCH et al., 1982).

O uso de faixas de plantas atrativas intercaladas aos cultivos tem se mostrado eficiente para a conservação de inimigos naturais. Gravena (1992) cita vários exemplos clássicos da utilização de faixas de culturas, como alfafa, milho ou sorgo em cultura de algodão, em que se obteve a atração de joaninhas, crisopídeos, sirfídeos e percevejos predadores, principalmente, que controlaram as pragas daquela cultura. Intercalando-se faixas de sorgo de larguras variadas em campos de tomate, Gravena et al. (1984) demonstraram que, quanto maior a largura das faixas, maior foi a atração de predadores de mosca-branca, enquanto a quantidade de viroses no tomateiro foi inversamente proporcional à largura das faixas de sorgo intercaladas na cultura.

O cravo amarelo *Tagetes erecta* L. (Asteracea) é uma planta ornamental que tem sido utilizada para compor arranjos espaciais em hortas orgânicas de modo a promover aumento das populações de inimigos naturais. Segundo Sampaio et al. (2008) e Silveira et al. (2009), essa planta hospeda uma grande riqueza e abundância de predadores de tripes, pulgões, moscas-brancas, lagartas, ácaros e outras pragas, pois 104 diferentes táxons de artrópodes foram

observados nessa cultura, ao longo de seu ciclo. Espécies de predadores generalistas importantes, como *O. insidiosus*, por exemplo, são abundantes nas coletas em cravo (média de 9,0 *Orius*/m² de cobertura vegetal da planta). Numericamente, os artrópodes fitófagos são maioria (70,84% dos indivíduos), sobretudo os tripses do gênero *Frankliniella* sp. (mas de várias espécies sem importância econômica) e o percevejo *Nysius* sp. (Lygaeidae). Além desses táxons, várias espécies de pulgões foram coletadas, sobretudo *Aphis fabae* Scopoli, 1763 (quase 10% da abundância de indivíduos), além de algumas espécies de cigarrinhas (Hemiptera: Auchenorrhyncha). Em contrapartida à dominância numérica de indivíduos fitófagos, as plantas de cravo hospedam uma grande quantidade de percevejos predadores, como citado anteriormente (mais de 10% de todos os indivíduos coletados na planta são percevejos predadores, em média). Outras espécies predadoras foram encontradas, de modo a totalizar quase 23% dos indivíduos encontrados nas plantas.

Além dos predadores, Sampaio et al. (2008) salientam ainda que uma grande diversidade de famílias de parasitoides (Hymenoptera) é hospedada nas faixas de cravo, provavelmente utilizando muitos dos táxons fitófagos como hospedeiros. Em função dessas características, o cravo está entre as principais culturas que potencialmente podem manter os inimigos naturais nas áreas agrícolas diversificadas. Silveira et al. (2009), em experimentos com essa espécie de cravo, utilizada em faixas adjacentes ao cultivo de cebola orgânica, observaram menor diversidade de artrópodes na cebola distante a 30 metros da faixa de cravo do que distante cinco metros; a quantidade de fitófagos na cebola próxima à faixa foi menor que na cebola distante; e a quantidade de predadores foi maior na cebola próxima se comparada à distante do cravo.

Utilizando o cravo como faixa para atrair inimigos naturais em cultivo orgânico de alface, Zaché (2009) demonstrou que no campo diversificado com cravo foram observadas maior riqueza, abundância e diversidade de inimigos

naturais, bem como de insetos fitófagos não praga da cultura. Além disso, a diversidade, a riqueza e a abundância de parasitoides no campo diversificado foram muito superiores às da monocultura, sendo que foi observado que os parasitoides das famílias Encyrtidae e Scelionidae acessaram diretamente as plantas de *T. erecta*. Segundo as conclusões do autor, o cravo se mostrou eficiente para a diversificação do cultivo orgânico de alface, atuando na atração de inimigos naturais e de uma alta população de espécies fitófagas alternativas para o entomófagos.

Em casa de vegetação, pode-se utilizar a técnica de plantas banqueiras para aumento da diversidade da artropodofauna benéfica. Plantas identificadas como atrativas ou hospedeiras de inimigos naturais são colocadas em vasos ou diretamente no solo, em pontos estratégicos ou em faixas no interior das estruturas de cultivo, funcionando como fornecedoras de insetos benéficos. Essa técnica é viável para parasitoides (RODRIGUES; BUENO; BUENO FILHO, 2001) e predadores (ARNÓ et al., 2000), podendo ser uma alternativa nos cultivos de tomates orgânicos, que utilizam pequenas estruturas como casas de vegetação, facilitando a dispersão dos inimigos naturais.

Em cultivo protegido de pepino, Mertz (2009) utilizou uma faixa central de vasos contendo plantas de cravo, observando que o crescimento populacional de pulgões no pepino próximo à faixa foi menor. Isso pode ter ocorrido pela hospedagem de inimigos naturais no cravo, que se dispersaram e controlaram os pulgões, mas também pelo efeito repelente do *Tagetes*, conforme já foi verificado por Finch e Collier (2000).

2.4 Atratividade de compostos voláteis a inimigos naturais

A comunicação, processo que envolve a transmissão de sinais entre organismos, é parte integrante do comportamento animal, conferindo vantagens para o organismo emissor, receptor ou para ambos (NASCIMENTO et al., 2001).

Os insetos são os seres vivos que mais utilizam os odores para desempenhar suas funções vitais (localização de presas, defesa e agressividade, seleção de plantas hospedeiras, escolha dos locais para oviposição, corte e acasalamento) (TEGONI; CAMPANACCI; CABBILLAU, 2004). Essa comunicação pode ser efetuada entre organismos da mesma espécie ou entre espécies diferentes, por meio de substâncias secretadas por um indivíduo e recebidas por um segundo, provocando uma reação ou um processo de desenvolvimento fisiológico específico (GALLO et al., 2002).

Inimigos naturais de insetos-pragas são aptos a explorar esses sinais químicos específicos emitidos por suas presas e hospedeiros (TURLINSON; TURLINGS; LEWIS, 1992). Esses compostos, que incluem monoterpenos, sesquiterpenos, homoterpenos e compostos aromáticos, servem como um mecanismo de defesa da planta pela atração de predadores e parasitoides para o ataque das espécies pragas, desse modo reduzindo adicionais danos à planta. Todavia, esses indivíduos se adaptam constantemente, evitando assim a sua detecção por predadores e parasitoides (DICKE; LOON, 2000).

Como estratégia alternativa para melhor localização desses fitófagos, tanto parasitoides como predadores são aptos a reconhecer e se guiar por compostos voláteis originados dos vegetais, cuja produção pode ser natural ou induzida pela herbivoria (KARBAN; BALDWIN, 1997). A habilidade dos insetos para reconhecer e responder aos sinais químicos na localização do hospedeiro e distingui-los de outros odores indica que os voláteis emitidos pela

planta na tentativa de evitar danos por herbivoria são claramente distintos daqueles liberados em resposta a outros estímulos (PARÉ; TUMLINSON, 1999).

A importância dos voláteis induzidos nas plantas após ataque de fitófagos nas interações tritróficas tem sido relatada em diversos estudos (SHIOJIRI et al., 2000; SMID et al., 2002), em sistemas que incluem plantas mono e dicotiledôneas, arbustivas e arbóreas, artrópodes mastigadores e sugadores, e artrópodes predadores e parasitoides de muitas ordens taxonômicas (TURLINGS; WACKERS, 2004). Como exemplo, voláteis emitidos pelas folhas do repolho são capazes de atrair os parasitoides *Trichogramma chilonis* Ishii, 1941 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) e *Cotesia plutellae* Kurdjumov, 1912 (Hymenoptera: Braconidae) e o predador *Chrysoperla carnea* Stephens, 1836 (Neuroptera: Chrysopidae) (LIU; JIANG, 2003; MORAES; MESCHER; TUMLINSON, 2001).

A emissão de voláteis em diversas plantas após a oviposição de vários herbívoros também é capaz de atrair parasitoides de ovos (TAMIRU et al., 2011). Resposta semelhante é encontrada também em nematoides entomopatogênicos, os quais são atraídos para as raízes das plantas pelos voláteis induzidos como resposta a herbívoros que se desenvolvem na parte subterrânea das mesmas (RASMANN et al., 2005) que incrementam a mortalidade dos herbívoros (BOFF; WIEGERS; SMITS, 2001).

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, M. A. R.; RESENDE, G. M. de. **Cultura da melancia**. Lavras: UFLA, 2002. 132 p.

ARNÓ, J. et al. Conservation of *Macrolophus caliginosus* Wagner (Het. Miridae) in commercial greenhouses during tomato crop-free periods. **IOBC/WPRS Bulletin**, Zurich, v. 23, n. 1, p. 241-246, Jan. 2000.

AUAD, A. M. et al. Ocorrência e flutuação populacional de predadores e parasitóides de *Brachicaudus (Appelia) swartzi* (Börner) (Homoptera: Aphididae), em pessegueiro, em Jacuí, MG. **Anais da Sociedade Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 257-263, ago. 1997.

AUAD, A. M.; FREITAS, S. de; BARBOSA, L. R. Influência de la dieta en la respuesta funcional de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) alimentadas con *Uroleucon ambrosiae* (Thomas) (Hemiptera: Aphididae). **Boletín de Sanidad Vegetal Plagas**, Madrid, v. 27, n. 4, p. 455-463, oct. 2001.

BARBOSA, L. R.; AUAD, A. M.; FREITAS, S. de. Capacidade predatória de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae), alimentada com *Frankliniella schultzei* (Trybon) (Tysanoptera: Tripidae) em plantas de alface de cultivo hidropônico. **Revista de Agricultura**, Recife, v. 75, n. 3, p. 349-358, dez. 2000.

BOFF, M. I. C.; WIEGERS, G. L.; SMITS, P. H. Influence of insect larvae and plant roots on the host-finding behaviour of *Heterorhabditis megidis*. **Biocontrol Science and Technology**, Oxford, v. 11, n. 4, p. 493-504, Aug. 2001.

BORBON, C. M.; GRACIA, O.; PICCOLO, R. Relationships between tospovirus incidence and thrips populations on tomato in Mendoza, Argentina. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 154, n. 1, p. 93-99, Jan. 2006.

BOSCH, R. van den et al. **An introduction to biological control**. New York: Plenum, 1982. 247 p.

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

BROOKS, S. E. Systematics and phylogeny of Dolichopodinae (Diptera: Dolichopodidae). **Zootaxa**, Auckland, v. 857, p. 1-158, Feb. 2005.

BUENO, V. H. P. (Org.). **Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2009. v. 1, 429 p.

DICKE, M.; LOON, J. J. A. van. Multitrophic effects of herbivore induced plant volatiles in an evolutionary context. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 97, n. 3, p. 237-249, Dec. 2000.

FERNANDES, O. A.; CORREIA, A. C. B. Controle biológico da mosca-branca em cultivos protegidos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 225, p. 18-23, maio 2005.

FINCH, S.; COLLIER, R. H. Host-plant selection by insects: a theory based on 'appropriate/inappropriate landings' by pest insects of cruciferous plants. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 96, n. 2, p. 91-102, Aug. 2000.

GALLO, D. et al. **Manual de entomologia agrícola**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2002. 649 p.

GRAVENA, S. Controle biológico no manejo integrado de pragas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 4, p. 281-299, abr. 1992.

GRAVENA, S. et al. Manejo integrado da mosca-banca *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) em cultivares de tomateiro de crescimento determinado visando redução de virose do mosaico dourado. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 9, n. 1, p. 97-113, jan. 1984.

GRIFFITHS, G. J. K. et al. Efficacy and economics of shelter habitats for conservation biological control. **Biological Control**, Orlando, v. 45, n. 2, p. 200-209, May 2008.

GURR, G. M.; WRATTEN, S. D.; ALTIERI, M. A. (Ed.). **Ecological engineering for pest management**: advances in habitat manipulation for arthropods. Collingwood: CSIRO, 2004. 244 p.

HAJI, F. N. P. Controle biológico da traça do tomateiro com *Trichogramma* no Nordeste do Brasil. In: PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A. (Ed.). **Trichogramma e o controle biológico aplicado**. Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 303-318.

HODDLE, M. S. et al. Developmental and reproductive biology of a predatory *Franklinothrips* n. sp. (Thysanoptera: Aeolothripidae). **Biological Control**, Orlando, v. 18, n. 1, p. 27-38, May 2000.

IRVIN, N. A. et al. The effects of floral understoreys on parasitism of leafrollers (Lepidoptera: Tortricidae) on apples in New Zealand. **Agricultural and Forest Entomology**, Ottawa, v. 8, n. 1, p. 25-34, Jan. 2006.

KARBAN, R.; BALDWIN, I. T. **Induced responses to herbivory**. Chicago: University of Chicago, 2007. 330 p.

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. 45, n. 1, p. 175-201, Jan. 2000.

LANDOLT, P. J.; PHILLIPS, T. W. Host plant influences on sex pheromone behavior of phytophagous insects 1. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 42, n. 1, p. 371-391, Jan. 1997.

LAVANDERO, B. et al. Increasing floral diversity for selective enhancement of biological control agents: a double-edged sword? **Basic and Applied Ecology**, Jena, v. 7, n. 3, p. 236-243, May 2006.

LENTEREN, J. C. A greenhouse without pesticides: fact or fantasy? **Crop Protection**, Guildford, v. 19, n. 6, p. 375-384, July 2000.

LIU, S. S.; JIANG, L. H. Differential parasitism of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) larvae by the parasitoid *Cotesia plutellae* (Hymenoptera: Braconidae) on two host plant species. **Bulletin of Entomological Research**, Farnham Royal, v. 93, n. 1, p. 65-72, 2003.

LOURENÇÃO, A. L. et al. Outbreaks of *Trialeurodes vaporariorum* (West.) (Hemiptera: Aleyrodidae) under field conditions in the State of São Paulo, Brazil. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 37, n. 1, p. 89-91, Jan./Feb. 2008.

MAU, R. F. L.; KESSING, J. L. M. *Liriomyza sativae* (Blanchard) *Liriomyza trifolii* (Burgess). Disponível em: <<http://www.extento.hawaii.edu/kbase/crop/Type/leafmine.htm>>. Acesso em: 2 maio 2008.

MEDEIROS, M. A.; VILELA, N. J.; FRANÇA, F. H. Eficiência técnica e econômica do controle biológico da traça-do-tomateiro em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 2, p. 180-184, abr./jun. 2006.

MENDES, S. M. **Desenvolvimento de *Orius insidiosus* (Say, 1832) (Hemiptera: Anthocoridae) alimentados com *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae) e *Caliothrips phaseoli* (Hood, 1912) (Thysanoptera: Thripidae)**. 2000. 79 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

MERTZ, N. R. **Controle biológico do pulgão *Aphis gossypii* GLOVER (Hemiptera: Aphididae) em cultivo protegido de pepino com cravo-de-defunto (*Tagetes erecta* L.)**. 2009. 55 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

MIRANDA, M. M. M. et al. Impact of integrated pest management on the population of leafminers, fruit borers, and natural enemies in tomato. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 1, p. 204-208, jan./fev. 2005.

MONTEIRO, R. C.; MOUND, L. A.; ZUCCHI, R. A. Species of thrips (Thysanoptera: Thripidae) in Brazil. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 61-63, Mar. 2001.

MORAES, C. M. de; MESCHER, M. C.; TUMLINSON, J. H. Caterpillar-induced nocturnal plant volatiles repel conspecific females. **Nature**, London, v. 410, n. 6828, p. 577-580, Mar. 2001.

NASCIMENTO, R. R. et al. **Feromônios de insetos: biologia, química e emprego no manejo de pragas**. Ribeirão Preto: Holos, 2001. 206 p.

NEW, T. R. Neuroptera. In: MINKS, A. K.; HARREWIJN, P. (Ed.). **Aphids: their biology, natural enemies and control**. New York: Elsevier, 1988. p. 249-258.

PARÉ, P. W.; TUMLINSON, J. H. Plant volatiles as a defense against insect herbivores. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 121, n. 2, p. 325-332, Oct. 1999.

RASMANN, S. et al. Recruitment of entomopathogenic nematodes by insect-damaged maize roots. **Nature**, London, v. 434, n. 7034, p. 732-737, Apr. 2005.

REIS, P. R.; ALVES, E. B. Biologia do ácaro predador *Euseius allatus* DeLeon (Acari: Phytoseiidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 359-363, ago. 1997.

RIQUELME, A. H. **Control ecologico de las plagas de la huerta**. Buenos Aires: INTA, 1997. 93 p.

RIUDAUVETS, J. Predators of *Frankliniella occidentalis* (Perg.) and *Thrips tabaci* Lind.: a review. **Wageningen Agricultural University Papers**, Wageningen, v. 95, n. 1, p. 43-87, Feb. 1995.

RODRIGUES, S. M. M.; BUENO, V. H. P. Parasitism rates of *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Hym.: Aphidiidae) on *Schizaphis graminum* (Rond.) and *Aphis gossypii* Glover (Hem.: Aphididae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 30, n. 4, p. 625-629, Dec. 2001.

RODRIGUES, S. M. M.; BUENO, V. H. P.; BUENO FILHO, J. S. S. Desenvolvimento e avaliação do sistema de criação aberta no controle *Aphis gossypii* Glover (Hem.: Aphididae) por *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Hym.: Aphidiidae) em casa-de-vegetação. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 30, n. 3, p. 433-436, maio/jun. 2001.

SAMPAIO, M. V. et al. Biological control of insect pests in the tropics. In: CLARO, K. et al. (Org.). **Encyclopedia of life support systems**. Oxford: Eolss, 2008. v. 1, p. 1-36.

SHIOJIRI, K. et al. Herbivore-species-specific interactions between crucifer plants and parasitic wasps (Hymenoptera: Braconidae) that are mediated by infochemicals present in areas damaged by herbivores. **Applied Entomology and Zoology**, Tokyo, v. 35, n. 4, p. 519-524, Oct. 2000.

SILVA, A. C.; CARVALHO, G. A. Manejo integrado de pragas. In: ALVARENGA, M. A. R. (Ed.). **Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia**. Lavras: UFLA, 2004. p. 309-366.

SILVA, A. L. et al. Efeito de acaricidas no controle do microácaro *Aculops lycopersici* (Masse, 1937) no tomateiro estaqueado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 32, n. 2, p. 105-108, jul./dez. 2002.

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

SILVEIRA, L. C. P.; BUENO, V. H. P.; MENDES, S. M. Record of two species of *Orius* Wolff (Hemiptera, Anthocoridae) in Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 47, n. 5, p. 303-306, set./out. 2003.

SILVEIRA, L. C. P. et al. Marigold (*Tagetes erecta* L.) as an attractive crop to natural enemies in onion fields. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 66, n. 6, p. 780-787, dez. 2009.

SMID, H. M. et al. GC-EAG analysis of volatiles from Brussels sprouts plants damaged by two species of Pieris caterpillars: olfactory receptive range of a specialist and a generalist parasitoid wasp species. **Chemoecology**, Basel, v. 12, n. 4, p. 169-176, 2002.

SOGLIA, M. C. de M.; BUENO, V. H. P.; SAMPAIO, M. V. Desenvolvimento e sobrevivência de *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) em diferentes temperaturas e cultivares comerciais de crisântemo. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 211-216, nov. 2002.

STARÝ, P. Aphidiidae. In: MINKS, A. K.; HARREWIJN, P. (Ed.). **Aphids: their biology, natural enemies and control**. New York: Elsevier, 1988. p. 171-184.

SUNDERLAND, K. D. Carabidae and others invertebrates. In: MINKS, A. K.; HARREWIJN, P. (Ed.). **Aphids: their biology, natural enemies and control**. New York: Elsevier, 1988. p. 293-310.

TAMIRU, A. et al. Maize landraces recruit egg and larval parasitoids in response to egg deposition by a herbivore. **Ecology Letters**, Oxford, v. 14, n. 11, p. 1075-1083, Nov. 2011.

TEGONI, M.; CAMPANACCI, V.; CABBILLAU, C. Structural aspects of sexual attraction and chemical communication in insects. **Trends in Biochemical Science**, Amsterdam, v. 29, n. 5, p. 257-264, May 2004.

TUMLINSON, J. H.; TURLINGS, T. C. J.; LEWIS, W. J. Semiochemical complexes that mediate insect parasitoid foraging. **Agricultural Zoology Reviews**, Heidelberg, v. 5, p. 221-252, Aug. 1992.

TURLINGS, T. C. J.; WÄCKERS, F. Recruitment of predators and parasitoids by herbivore-injured plants. In: CARDÉ, R. T.; MILLAR, J. G. (Ed.). **Advances in insect chemical ecology**. Cambridge: Cambridge University, 2004. p. 21-75.

VENZON, M.; PALLINI, A.; JANSSEN, A. Interactions mediated by predators in arthropod food webs. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 1-9, Mar. 2001.

VIEIRA, G. F.; BUENO, V. H. P.; AUAD, A. M. Resposta funcional de scymnus (Pullus) Argentinicus (Weise)(Coleopteracoccinellidae) a diferentes densidades do pulgao verde schizaphis graminum (Rond.)(Homoptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 26, n. 3, p. 495-502, dez. 1997.

WÄCKERS, F. L.; RIJN, P. C. van. Food for protection: an introduction. In: WÄCKERS, F. L.; RIJN, P. C. J.; BRUIN, J. (Ed.). **Plant-provided food for carnivorous insects: a protective mutualism and its applications**. Cambridge: Cambridge University, 2005. p. 1-14.

WALKER, B. H. Biodiversity and ecological redundancy. **Conservation Biology**, Boston, v. 6, n. 1, p. 18-23, Mar. 1992.

WILBY, A.; THOMAS, M. B. Natural enemy diversity and pest control: patterns of pest emergence with agricultural intensification. **Ecology Letters**, Oxford, v. 5, n. 3, p. 353-360, May 2002.

YURI, J. E. et al. **Alface americana: cultivo comercial**. Lavras: UFLA, 2002. 51 p.

ZACHÉ, B. **Manejo de biodiversidade de insetos-praga e inimigos naturais em cultivo de alface (*Lactuca sativa*) orgânica através do uso de cravo-de-defunto (*Tagetes erecta*) como planta atrativa.** 2009. 60 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

CAPÍTULO 2

Influência espaço-temporal de recursos florais sobre a composição da rede trófica em agroecossistemas

RESUMO

O objetivo deste estudo foi elucidar se a fase de desenvolvimento do recurso floral (*T. erecta*) influencia a rede trófica e, conseqüentemente, o controle biológico de pragas em um agroecossistema orgânico. Em campo, foram realizados três plantios seguidos de alface, intercalados por faixas simples de *T. erecta*, visando ao estudo da dinâmica de pragas e inimigos naturais em diferentes distâncias e idades de desenvolvimento do recurso floral. Para isso, foram coletados e identificados artrópodes presentes nas plantas de cravo e alface, sendo posteriormente construída a rede trófica correspondente às pragas da cultura. Os dados referentes à abundância e riqueza dos diversos grupos funcionais foram avaliados através de modelos lineares de efeitos mistos. Durante a fase vegetativa do recurso floral a abundância de pragas na cultura foi significativamente maior do que as outras fases de avaliação ($\chi^2 = 29.678$, $df_{2,17}$, $p < 0.00001$). Isso possivelmente ocorreu devido à menor abundância de inimigos naturais, a qual foi significativamente maior nas fases de florescimento parcial e total das plantas de cravo quando comparadas à fase vegetativa ($\chi^2 = 39.495$, $df_{2,17}$, $p < 0.00001$). A distância entre a cultura e o recurso floral também influenciou a abundância de inimigos naturais no ambiente ($\chi^2 = 39.49$, $df_{2,17}$, $p < 0.00001$). O recurso floral utilizado (*T. erecta*) influenciou a composição da rede trófica apenas a partir de seu florescimento, sendo capaz de atrair e conservar inimigos naturais para o ambiente produtivo, resultando em um efeito regional efetivo no controle das populações de insetos-praga.

Palavras-chave: Controle biológico conservativo. Planta atrativa. Cravo amarelo. Parasitoides. Predadores.

ABSTRACT

The study aims to quantify the impact of natural enemies on pest population dynamics and investigate how this impact is modified by phenology and relative distance of floral resources. A field experiment was undertaken at UFLA in which field-grown lettuces were used as a model crop and *Tagetes erecta* (African marigold) as a model floral resource species. Arthropods in lettuce and *T. erecta* plants were collected to determine richness and abundance in three different distances (1.7, 3.4 and 5.1 metres) from *T. erecta* plants, in three different development stages (Pre-flowering, Complete Flowering, Late flowering). All the sampled arthropods were identified at species level when possible. Data were analyzed using linear mixed models. Pest abundance were significantly higher during the pre-flowering stage ($\chi^2 = 29.678$, df $_{2,17}$, $p < 0.00001$). Complete and late flowering showed higher abundance of natural enemies compared with pre flowering stage ($\chi^2 = 39.495$, df $_{2,17}$, $p < 0.00001$). Distance between floral resource and lettuce plants also affected in-field natural enemies dynamic ($\chi^2 = 39.49$, df $_{2,17}$, $p < 0.00001$). Therefore, *T. erecta* influenced the food web composition attracting and conserving natural enemies, potentially resulting in a more effective biological control of pests.

Keywords: Conservation biological control. Attractive plants. African marigold. Parasitoids. Predators.

1 INTRODUÇÃO

A agricultura orgânica tem experimentado um rápido crescimento global durante a última década. Segundo levantamentos, mais de 31 milhões de hectares estão atualmente sob manejo orgânico em aproximadamente 120 países movimentando um mercado estimado em 28 bilhões de dólares ao ano (WILLER, 2009).

No entanto, agricultores ainda sofrem com a carência de pesquisas direcionadas ao entendimento dos mecanismos específicos da produção orgânica, incluindo o ataque de insetos fitófagos. Os métodos utilizados no controle desses insetos-praga devem atender às rigorosas normas de regulamentação e serem baseados em práticas ecológicas integradas que minimizem a necessidade de soluções curativas (ZEHNDER et al., 2007).

Dentre essas práticas se destaca o aumento da complexidade estrutural da paisagem agrícola através da diversificação vegetal, o que geralmente reflete em um incremento da abundância e riqueza de inimigos naturais presentes no agroecossistema (HAENKE et al., 2009), diminuindo sua suscetibilidade ao ataque de pragas (ROOT, 1973).

A inclusão de recursos florais em meio a culturas cultivadas constitui uma importante ferramenta de diversificação que permite a atração e conservação de parasitoides e predadores no ambiente devido à oferta de microclima adequado, abrigo, sítios de acasalamento e oviposição, hospedeiros alternativos, pólen e néctar para alimentação de adultos (ALTIERI; SILLIMAN; BERTNESS, 2007; LANDIS; WRATTEN; GURR, 2000).

O cravo amarelo *Tagetes erecta* L. (Asteraceae) é uma planta promissora para diversificação vegetal em condições brasileiras (SILVEIRA et al., 2009). Essa planta atrativa pode contribuir potencialmente para a manutenção de inimigos naturais das principais pragas de hortaliças,

promovendo um consequente manejo sustentável da cultura, uma vez que hospeda grande quantidade de predadores e parasitoides, além de presas e hospedeiros alternativos (HARO, 2011).

Apesar de sua importância para o controle biológico conservativo, algumas questões-chave relacionadas à como esses recursos florais agem no agroecossistema ao longo do tempo e no espaço ainda permanecem sem resposta.

Objetivou-se neste estudo elucidar se a distância e a fase de desenvolvimento do recurso floral *T. erecta* influencia a formação da rede trófica e, conseqüentemente, o controle biológico de pragas em um agroecossistema.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em uma área de cultivo orgânico situado no Campus da Universidade Federal de Lavras, Departamento de Agricultura, Setor de Olericultura (21°13'51.06"S, 44°58'34.36" O, altitude de 905 metros).

Com ajuda de um encanteirador tratorizado, foram dispostos na área experimental dez canteiros de 45 metros de comprimento por 1,2 metros de largura, separados entre si por 0,5 metros. Os canteiros foram adubados organicamente, conforme o recomendado para esse sistema, utilizando-se composto orgânico, biofertilizante Bokashi, palhadas diversas, biofertilizante líquido e esterco curtido, de acordo com as exigências da cultura para o plantio e no decorrer do experimento.

Um cinturão de 2 metros de largura foi mantido sem vegetação em torno da área experimental. A irrigação foi feita de acordo com as necessidades da cultura.

2.1 Delineamento experimental e montagem do experimento

A alface (*Lactuca sativa* L.) foi utilizada no experimento com o objetivo de mensurar o efeito espacial dos recursos florais, plantas de cravo *Tagetes erecta* L., foram estrategicamente distribuídas em *spots* (linhas simples de 1,7 m de comprimento com espaçamento de 10 cm entre plantas) nos corredores dos canteiros de alface, resultando nos seguintes tratamentos no que se refere às distâncias relativas aos *spots* de cravo (Figura 1):

Influência máxima – imediatamente ao lado dos *spots* de cravo.

Influência intermediária – abaixo e ao lado em relação aos tratamentos de máxima influência do cravo.

Influência mínima – abaixo e ao lado em relação aos tratamentos de influência intermediária do cravo.

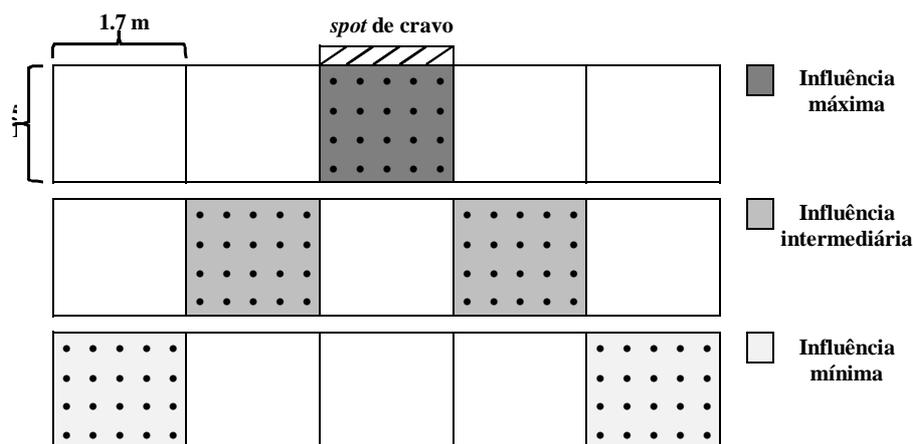


Figura 1 Croqui demonstrando uma unidade do delineamento experimental (experimento composto por 24 unidades).

As sementes de cravo foram adquiridas em casas especializadas, sendo as mudas preparadas em bandejas de 128 células, com substrato comercial permitido pelas certificadoras orgânicas. As bandejas foram então acondicionadas em casa de vegetação própria para a produção de mudas, até o momento de serem transplantadas para o local definitivo. Essas mudas foram transplantadas para os *spots* próximos aos canteiros 30 dias após a emergência, em uma proporção média de seis mudas por metro linear.

As fases de desenvolvimento dos recursos florais *T. erecta* foram classificadas em:

Fase vegetativa – plantas sem presença de flores.

Fase florescimento parcial – plantas apresentando primeira floração e sementes imaturas.

Fase florescimento total – plantas apresentando flores com sementes maduras originadas da primeira floração e flores de segunda floração com sementes imaturas.

As mudas de alface foram adquiridas em casas especializadas e plantadas em quatro linhas por canteiro, com espaçamento 0,3 x 0,3 metros entre si, no momento do plantio do cravo.

Para mensurar a colaboração dos diferentes estágios das plantas de cravo no controle biológico de pragas foram feitos três plantios de alface, em intervalos de 35 dias, sendo o primeiro durante a fase vegetativa, o segundo durante o florescimento parcial das plantas de cravo e o terceiro durante o florescimento pleno. Em cada plantio 7500 mudas de alface foram utilizadas.

Coberturas mortas como palha de arroz e pó de serra foram aplicadas nos canteiros visando ao controle de plantas espontâneas, manutenção da temperatura do solo e melhor aproveitamento hídrico. Capinas manuais também foram efetuadas, quando necessário, ao longo do experimento.

2.2 Amostragem

As coletas dos artrópodes nas plantas de alface foram feitas semanalmente, iniciando-se 15 dias após o transplantio das mudas para o campo. Foram avaliadas seis plantas de cada tratamento (máxima, intermediária e mínima influência) por semana, totalizando 72 plantas, durante três fases de desenvolvimento de *T. erecta*.

No momento da coleta, as plantas de alface foram isoladas e removidas do campo em sacos plásticos e vedadas para evitar o voo dos insetos adultos e transportadas ao laboratório. Os adultos encontrados foram então aspirados e armazenados em álcool 70%. As fases imaturas foram mantidas em laboratório

para a obtenção de adultos. Esses indivíduos se desenvolveram em placas de Petri, sendo alimentados com dieta apropriada a cada grupo.

Todos os espécimes amostrados foram identificados até o nível taxonômico mais basal possível, através de chaves apropriadas.

As plantas de cravo também foram amostradas semanalmente, iniciando-se 15 dias após o transplante das mudas para o campo. Essas amostragens foram feitas por meio de batida da parte aérea das plantas em bandejas brancas para remoção dos artrópodes, os quais foram imediatamente sugados por meio de sugador bucal. Cada amostra de cravo foi composta pela batida de duas plantas. Foram efetuadas 24 amostras semanais das plantas de cravo, sendo oito em cada linha de plantio.

O número médio de flores de cravo no campo foi computado através da contagem semanal das flores de 18 *spots* escolhidos aleatoriamente.

2.3 Análises estatísticas e construção da rede trófica

A rede trófica foi construída com base nas espécies coletadas nas plantas de alface. Suas conexões e relações referentes à predação e parasitismo foram baseadas em informações presentes na literatura.

As análises estatísticas dos dados referentes às coletas dos artrópodes foram processadas pelo *software* R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011) através de modelos lineares de efeitos mistos ajustados por máxima verossimilhança (CRAWLEY, 2012), utilizando-se o pacote lme4 (BATES; MAECHLER; BOLKER, 2012). Os limites de confiança dos parâmetros estimados foram computados segundo HPD (*Bayesian highest probability density intervals*) por meio de simulações de *Markov chain Monte Carlo* (MCMC).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram amostrados 2063 espécimes de artrópodes nas plantas de alface, pertencentes a 94 espécies, dentre as quais foram identificados 27 fitófagos, 21 predadoras, 31 parasitoides, 8 detritívoras e 7 onívoras. Dessas espécies, 55 foram relacionadas diretamente à rede trófica da cultura (Tabela 1).

Tabela 1 Relação de espécies, média de artrópodes coletados por amostra (x) e porcentagem de abundância (%) registrados nas plantas de alface durante os três períodos de desenvolvimento de *T. erecta*. Lavras, MG, 2013.

Espécies	Período de desenvolvimento de <i>T. erecta</i>					
	Vegetativo		Florescendo		Florido	
	x	%	x	%	x	%
Fitófagos						
1. <i>Myzus persicae</i>	2,15	25,58	1,71	19,59	1,25	11,39
2. <i>Aulacorthum solani</i> ala	1,24	14,69	0,81	9,24	1,18	10,76
3. <i>Uroleucon ambrosiae</i>	0,75	8,91	0,44	5,10	0,71	6,46
4. <i>Frankliniella schultzei</i>	1,13	13,37	0,24	2,71	0,17	1,52
5. <i>Caliothrips phaseoli</i>	0,43	5,12	0,88	10,03	0,57	5,19
6. <i>Neohydatothrips gracilipes</i>	—	—	0,04	0,48	0,11	1,01
7. <i>Echinothrips mexicanus</i>	—	—	0,01	0,16	0,04	0,38
8. <i>Liriomyza trifolii</i>	0,43	5,12	0,21	2,39	0,07	0,63
9. <i>Diabrotica speciosa</i>	0,04	0,50	0,14	1,59	0,07	0,63
10. <i>Empoasca kraemeri</i>	0,19	2,31	0,38	4,30	0,11	1,01
11. <i>Sonesimia grossa</i>	0,04	0,50	0,07	0,80	—	—
12. Outros fitófagos	0,39	4,62	0,57	6,53	0,97	8,86
Total fitófagos	6,79	80,69	5,49	62,90	5,25	47,85
Número de indivíduos	489		395		378	
Parasitoides						
13. <i>Aphidius colemani</i>	—	—	0,01	0,16	0,08	0,76
14. <i>Diaeretiella rapae</i>	0,01	0,17	0,03	0,32	0,04	0,38
15. <i>Lysiphebus testaceipes</i>	—	—	0,04	0,48	0,06	0,51
16. <i>Praon volucre</i>	—	—	0,01	0,16	0,01	0,13

Tabela 1, continua

Espécies	Período de desenvolvimento de <i>T. erecta</i>					
	Vegetativo		Florescendo		Florido	
	x	%	x	%	x	%
20. <i>Alloxysta victrix</i>	—	—	0,03	0,32	0,07	0,63
21. <i>Diplazon laetatorius</i>	—	—	0,01	0,16	0,04	0,38
22. <i>Ceraninus menes</i>	—	—	0,03	0,32	0,07	0,63
23. <i>Anagrus empoascae</i>	—	—	0,03	0,32	0,06	0,51
24. <i>Chrysocharis vonones</i>	—	—	0,03	0,32	0,07	0,63
25. <i>Opius dissitus</i>	0,01	0,17	0,03	0,32	0,06	0,51
26. <i>Centistes gasseni</i>	—	—	—	—	0,03	0,25
27. Outros parasitoides	0,15	1,82	0,54	6,21	0,76	6,96
Total parasitoides	0,18	2,15	0,79	9,08	1,35	12,28
Número de indivíduos	16		64		108	
Predadores						
28. <i>Toxomerus procrastinatus</i>	—	—	0,21	2,39	0,14	1,27
29. <i>Condylostylus erectus</i>	—	—	0,01	0,16	0,11	1,01
30. <i>Eriopsis conexa</i>	0,01	0,17	0,08	0,96	0,10	0,89
31. <i>Euborellia annulipes</i>	—	—	0,03	0,32	0,04	0,38
32. <i>Cycloneda sanguinea</i>	—	—	0,04	0,48	0,04	0,38
33. <i>Harpasus eversmanni</i>	—	—	—	—	0,13	1,14
34. <i>Hippodamia convergens</i>	—	—	—	—	0,08	0,76
35. <i>Orius insidiosus</i>	—	—	0,04	0,48	0,10	0,89
36. <i>Harmonia axyridis</i>	—	—	0,06	0,64	0,08	0,76
37. <i>Doru luteipes</i>	0,08	0,99	0,07	0,80	0,03	0,25
38. <i>Aphidoletes sp</i>	—	—	0,01	0,16	0,07	0,63
39. <i>Stomatothrips angustipennis</i>	—	—	—	—	0,06	0,51
40. <i>Franklinothrips vespiformis</i>	—	—	0,10	1,11	0,31	2,78
41. <i>Polybia paulista</i>	—	—	0,01	0,16	0,03	0,25
42. Outros predadores	—	—	0,03	0,32	0,06	0,51
Total predadores	0,10	1,16	0,69	7,96	1,36	12,41
Número de indivíduos	7		50		98	

Tabela 1, conclusão

Espécies	Período de desenvolvimento de <i>T. erecta</i>					
	Vegetativo		Florescendo		Florido	
	x	%	x	%	x	%
Aranhas						
43. <i>Cheiracanthium inclusum</i>	0,06	0,66	—	—	0,01	0,13
44. <i>Hasarius adansoni</i>	0,04	0,50	0,04	0,48	0,03	0,25
45. <i>Oxyopes salticus</i>	0,14	1,65	0,13	1,43	0,14	1,27
46. <i>Menemerus bivittatus</i>	0,06	0,66	0,04	0,48	0,03	0,25
47. Outras aranhas	—	—	—	—	0,03	0,25
Total aranhas	0,29	3,47	0,21	2,39	0,24	2,15
Número de indivíduos	21		15		17	
Detritívoros						
48. <i>Sminthurus rosai</i>	0,31	3,63	0,56	6,37	0,50	4,56
49. <i>Tullbergia minensis</i>	0,15	1,82	0,10	1,11	0,13	1,14
50. <i>Lepidocyrtus pallidus</i>	—	—	0,13	1,43	0,19	1,77
51. <i>Entomobrya ataquensis</i>	—	—	0,07	0,80	0,14	1,27
52. <i>Seira sp</i>	—	—	0,24	2,71	0,33	3,04
53. <i>Arlea lucifuga</i>	0,15	1,82	0,14	1,59	0,15	1,39
54. <i>Sphaeridia biniserata</i>	0,10	1,16	0,13	1,43	0,15	1,39
55. Outros detritívoros	—	—	0,04	0,48	0,08	0,76
Total detritívoros	0,71	8,42	1,39	15,92	1,68	15,32
Número de indivíduos	51		100		121	
Formigas						
56. <i>Solenopsis saevissima</i>	—	—	0,08	0,96	—	—
57. <i>Brachymyrmex heeri</i>	0,15	1,82	0,14	1,59	0,26	2,41
58. <i>Cardiocondyla emeryi</i>	0,03	0,33	0,10	1,11	0,17	1,52
59. <i>Pheidole megacephala</i>	0,13	1,49	0,19	2,23	0,29	2,66
60. <i>Pachicondila villosa</i>	—	—	0,03	0,32	0,08	0,76
61. Outras formigas	—	—	0,06	0,64	0,14	1,27
Total formigas	0,31	3,63	0,60	6,85	0,94	8,61
Número de indivíduos	22		43		68	

Nas plantas de *T. erecta* foram amostrados 5679 espécimes de artrópodes, oriundos de 140 espécies, sendo 36 fitófagos, 41 predadores, 49 parasitoides, 8 detritívoros e 6 onívoros (Tabela 2).

Tabela 2 Relação de espécies, média de artrópodes coletados por amostra (\bar{x}) e porcentagem de abundância (%) registrados nas plantas de *T. erecta* durante os três períodos de desenvolvimento. Lavras, MG, 2013.

Espécies	Período de desenvolvimento de <i>T. erecta</i>					
	Vegetativo		Florescendo		Florido	
	%	\bar{x}	%	\bar{x}	%	\bar{x}
Fitófagos						
1. <i>Myzus persicae</i>	—	—	—	—	—	—
2. <i>Aulacorthum solani</i> ala	0,28	5,48	0,83	2,68	0,31	0,72
3. <i>Uroleucon ambrosiae</i>	—	—	—	—	—	—
4. <i>Frankliniella schultzei</i>	0,11	2,19	0,25	0,80	0,10	0,23
5. <i>Caliothrips phaseoli</i>	0,19	3,84	1,39	4,47	0,03	0,07
6. <i>Neohydatothrips gracilipes</i>	0,69	13,70	2,74	8,80	2,35	5,50
7. <i>Echinothrips mexicanus</i>	0,04	0,82	1,13	3,62	1,13	2,63
8. <i>Liriomyza trifolii</i>	—	—	—	—	—	—
9. <i>Diabrotica speciosa</i>	—	—	0,06	0,18	0,17	0,39
10. <i>Empoasca kraemeri</i>	—	—	0,11	0,36	0,22	0,52
11. <i>Sonesimia grossa</i>	—	—	0,04	0,13	0,19	0,46
12. Outros fitófagos	2,39	47,12	16,83	54,13	20,50	48,00
Total fitófagos	3,71	73,15	23,38	75,17	24,99	58,50
Número de indivíduos	267		1683		1799	
Parasitoides						
13. <i>Aphidius colemani</i>	—	—	0,03	0,09	0,10	0,23
14. <i>Diaeretiella rapae</i>	—	—	0,03	0,09	0,11	0,26
15. <i>Lysiphebus testaceipes</i>	—	—	0,01	0,04	0,07	0,16
16. <i>Praon volucre</i>	—	—	0,03	0,09	0,06	0,13
17. <i>Aphidius ervi</i>	—	—	—	—	0,06	0,13
18. <i>Aphelinus asychis</i>	—	—	0,03	0,09	0,06	0,13
19. <i>Alloxysta fuscicornis</i>	—	—	—	—	—	—
20. <i>Alloxysta victrix</i>	0,01	0,27	0,03	0,09	0,03	0,07

Tabela 2, continua

Espécies	Período de desenvolvimento de <i>T. erecta</i>					
	Vegetativo		Florescendo		Florido	
	%	x	%	x	%	x
21. <i>Diplazon laetatorius</i>	—	—	—	—	—	—
22. <i>Ceranisis menes</i>	0,01	0,27	0,03	0,09	0,04	0,10
23. <i>Anagrus empoascae</i>	—	—	0,03	0,09	0,06	0,13
24. <i>Chrysocharis vonones</i>	—	—	0,03	0,09	0,03	0,07
25. <i>Opius dissitus</i>	—	—	0,10	0,31	0,01	0,03
26. <i>Centistes gasseni</i>	—	—	—	—	0,03	0,07
27. Outros parasitoides	0,25	2,46	0,94	3,04	2,32	5,43
Total parasitoides	0,28	3,01	1,28	4,11	2,96	6,93
Número de indivíduos	11		92		213	
Predadores						
28. <i>Toxomerus procrastinatus</i>	—	—	0,18	0,58	0,58	1,37
29. <i>Condylostylus erectus</i>	—	—	0,18	0,58	1,11	2,60
30. <i>Eriopsis conexa</i>	—	—	0,15	0,49	0,28	0,65
31. <i>Euborellia annulipes</i>	—	—	0,06	0,18	0,08	0,20
32. <i>Cycloneda sanguinea</i>	—	—	0,03	0,09	0,11	0,26
33. <i>Harpasus evermanni</i>	—	—	0,07	0,22	0,14	0,33
34. <i>Hippodamia convergens</i>	—	—	—	—	0,15	0,36
35. <i>Orius insidiosus</i>	—	—	0,36	1,16	1,93	4,52
36. <i>Harmonia axyridis</i>	—	—	—	—	0,17	0,39
37. <i>Doru luteipes</i>	0,06	1,10	0,17	0,54	—	—
38. <i>Aphidoletes sp</i>	—	—	0,03	0,09	0,29	0,68
39. <i>Stomatothrips angustipennis</i>	—	—	0,13	0,40	0,40	0,94
40. <i>Franklinothrips vespiformis</i>	0,08	1,64	0,49	1,56	0,83	1,95
41. <i>Polybia paulista</i>	—	—	—	—	0,11	0,26
42. Outros predadores	0,13	2,73	0,68	2,18	2,54	5,95
Total predadores	0,27	5,47	2,51	8,08	8,74	20,46
Número de indivíduos	20		181		629	
Aranhas						
43. <i>Cheiracanthium inclusum</i>	—	—	0,03	0,09	0,06	0,13
44. <i>Hasarius adansoni</i>	0,01	0,27	0,11	0,36	0,13	0,29

Tabela 2, conclusão

Espécies	Período de desenvolvimento de <i>T. erecta</i>					
	Vegetativo		Florescendo		Florido	
	%	x	%	x	%	x
45. <i>Oxyopes salticus</i>	0,10	1,92	0,08	0,27	0,17	0,39
46. <i>Menemerus bivittatus</i>	0,03	0,55	0,03	0,09	0,11	0,26
47. Outras aranhas	—	—	0,48	1,56	0,69	1,62
Total aranhas	0,14	2,74	0,73	2,36	1,15	2,69
Número de indivíduos	10		53		83	
Detritívoros						
48. <i>Sminthurus rosai</i>	0,13	2,47	0,46	1,47	0,61	1,43
49. <i>Tullbergia minensis</i>	0,06	1,10	0,18	0,58	0,35	0,81
50. <i>Lepidocyrtus pallidus</i>	0,01	0,27	0,17	0,54	0,25	0,59
51. <i>Entomobrya ataquensis</i>	0,03	0,55	0,19	0,63	0,13	0,29
52. <i>Seira sp</i>	—	—	0,18	0,58	0,49	1,14
53. <i>Arlea lucifuga</i>	0,04	0,82	0,24	0,76	0,18	0,42
54. <i>Sphaeridia biniserata</i>	0,14	2,74	0,13	0,40	0,26	0,62
55. Outros detritívoros	—	—	0,05	0,17	0,25	0,59
Total detritívoros	0,40	7,95	1,59	5,13	2,51	5,89
Número de indivíduos	29		115		181	
Formigas						
56. <i>Solenopsis saevissima</i>	—	—	—	—	—	—
57. <i>Brachymyrmex heeri</i>	0,14	2,74	0,33	1,07	0,51	1,20
58. <i>Cardiocondyla emeryi</i>	0,11	2,19	0,15	0,49	0,21	0,49
59. <i>Pheidole megacephala</i>	0,14	2,74	0,51	1,65	0,85	1,98
60. <i>Pachicondila villosa</i>	—	—	0,21	0,67	0,47	1,11
61. Outras formigas	—	—	0,39	1,25	0,32	0,75
Total formigas	0,39	7,67	1,60	5,14	2,36	5,53
Número de indivíduos	28		115		170	

Sem levar em consideração as distâncias, durante a fase vegetativa de *T. erecta* a abundância de fitófagos-pragas na cultura foi significativamente maior do que quando comparada as outras fases de avaliação ($\chi^2 = 29,678$; df _{2;17};

$p < 0,00001$). Dentre esses fitófagos se destacaram os afídeos *Myzus persicae* (Sulzer, 1776), *Aulacorthum solani* (Kaltenbach, 1843) e *Uroleucon ambrosiae* (Thomas, 1878) (Hemiptera: Aphididae) que corresponderam juntos a 49,17% dos artrópodes amostrados na fase vegetativa. Esses indivíduos, além de causar danos diretos devido à sucção de seiva, são vetores de vírus, especialmente o mosaico da alface (*Lettuce mosaic virus* – LMV), um dos principais problemas de viroses da cultura (GALLO et al., 2002).

Os tripses *Caliothrips phaseoli* (Hood) e *Frankliniella schultzei* (Trybom, 1910) (Thysanoptera: Thripidae) foram o segundo grupo mais amostrado, representando 18,48 % das espécies amostradas. Assim como os afídeos, estes indivíduos também são considerados pragas da cultura (MENDES; BUENO, 2001; MONTEIRO, 1999).

As pragas secundárias *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae), *Diabrotica speciosa* (Germar, 1824) (Coleoptera: Chrysomelidae), *Empoasca kraemeri* (Ross & Moore, 1957) e *Sonesimia grossa* (Signoret, 1854) (Hemiptera: Cicadellidae) totalizaram 8,42% dos fitófagos do período vegetativo.

Nas fases de florescimento parcial e total das plantas de cravo a abundância de inimigos naturais coletados nas plantas de alface foi alterada significativamente quando comparadas à fase vegetativa ($\chi^2 = 39,495$; $df_{2;17}$; $p < 0,00001$). Houve também aumento da riqueza de parasitoides e predadores nessas fases do experimento, o que ocasionou alterações na composição da rede trófica (Figuras 2, 3 e 4).

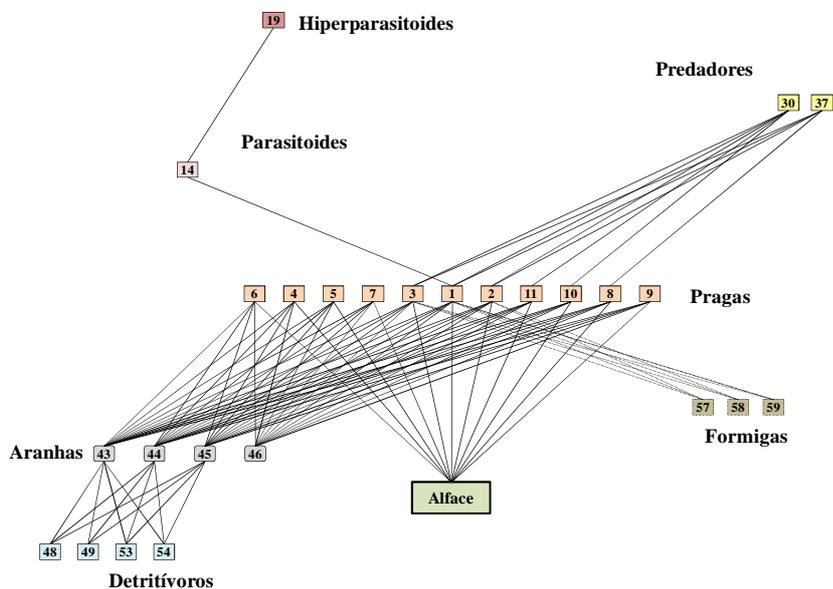


Figura 2 Rede trófica baseada nos indivíduos coletados apenas nas plantas de alface durante a fase vegetativa de *T. erecta*. Números correspondem às espécies listadas na Tabela 1. Lavras, MG, 2013.

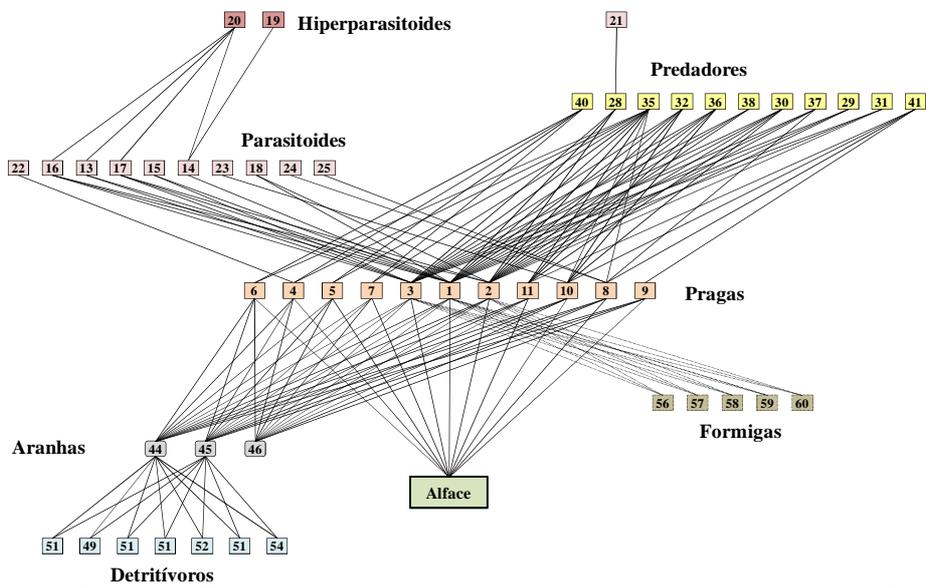


Figura 3 Rede trófica baseada nos indivíduos coletados apenas nas plantas de alface durante o florescimento parcial de *T. erecta*. Números correspondem às espécies listadas na tabela 1. Lavras, MG, 2013.

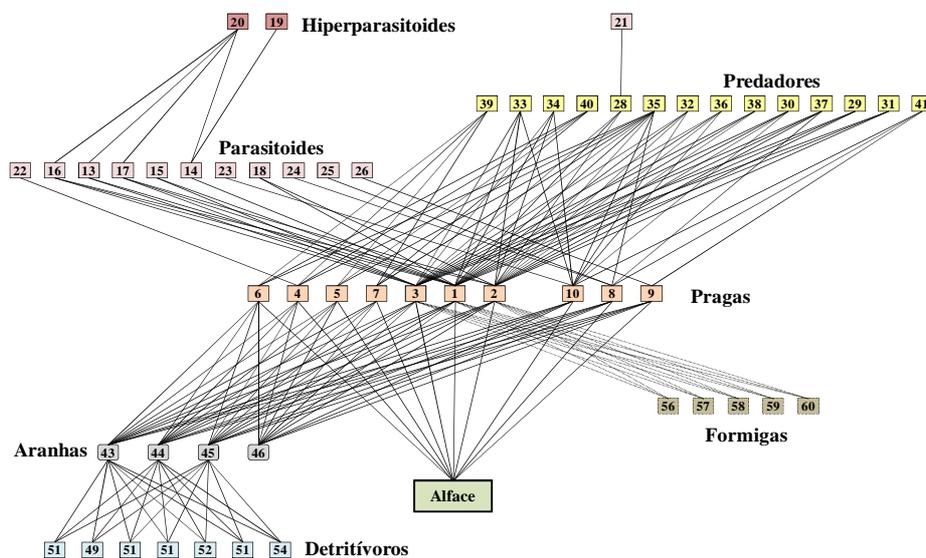


Figura 4 Rede trófica baseada nos indivíduos coletados apenas nas plantas de alface durante o florescimento pleno de *T. erecta*. Números correspondem às espécies listadas na tabela 1. Lavras, MG, 2013.

Possivelmente, devido à maior presença de entomófagos reguladores na paisagem agrícola a frequência de captura de pulgões foi significativamente menor nas fases de florescimento parcial e total ($\chi^2 = 16,912$; $df_{2;17}$; $p < 0,00021$), caindo de 4,14 indivíduos/amostra para 2,96 e 3,14 indivíduos/amostra, respectivamente. Resultados semelhantes no manejo de afídeos com o emprego da diversificação por cravo foram encontrados por Mertz (2009) e Silveira et al. (2009), onde verificou-se também maior abundância e riqueza de espécies afidófagas nos tratamentos diversificados.

O mesmo ocorreu para as espécies de tripes praga, cuja presença nas amostragens foi significativamente menor após o florescimento ($\chi^2 = 28,201$; $df_{2;17}$; $p < 0,00001$), diminuindo de 1,56 para 0,89 indivíduos/ amostra entre as fases vegetativa e florescimento total.

A supressão das populações de pragas nas fases posteriores à vegetativa está possivelmente, associada à inclusão de importantes inimigos naturais no ambiente, dentre os quais se destacam os coccinelídeos *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763), *Eriopis connexa* (Germar, 1824), *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773), *Hippodamia convergens* Guérin-Méneville *Harpasus evermanni* (Mulsant, 1850) (Coleoptera: Coccinellidae). Tanto as larvas quanto os adultos dessas espécies foram coletados no presente estudo, provavelmente colaborando para o controle biológico, uma vez que são eficientes no controle de várias espécies de pulgões em hortaliças (RIQUELME, 1997).

Também foram registrados os predadores membros da ordem Dermaptera (tesourinhas) *Doru luteipes* (Scudder, 1876) e *Euborellia annulipes* (Lucas, 1847), e os dípteros *Condylostylus erectus* Becker, 1922 (Diptera: Dolichopodidae), *Toxomerus procrastinatus* Metz., 2001 (Diptera: Syrphidae) e *Aphidoletes sp.* (Diptera: Cecidomyiidae). A maior abundância desses predadores nas fases após florescimentos das plantas de cravo provavelmente colaborou para a regulação de insetos fitófagos, uma vez que esses indivíduos se mostram como uma alternativa viável no controle de pragas (BACCI et al., 2001; BROOKS, 2005; DESNEUX; DECOURTYE; DELPUECH, 2007).

Dentre os predadores de tripes destacaram-se o percevejo *Orius insidiosus* (Say, 1832) (Hemiptera: Anthocoridae) e os tripes predadores *Franklinothrips vespiformis* (Crawford, 1909) e *Stomatothrips rotundus* Hood, 1949 (Thysanoptera: Aeolothripidae), presentes apenas durante o florescimento das plantas de cravo.

Foram coletadas 14 espécies de parasitoides de fitófagos associadas à cultura, os quais podem promover um eficiente serviço ecológico na regulação de insetos-praga, devido à grande diversidade de adaptações fisiológicas e comportamentais resultantes de evoluções no processo associativo fitófago-parasitoide (SOLBRIG, 1991). A ocorrência desses indivíduos possivelmente

alterou a dinâmica do agroecossistema neste trabalho, uma vez que interfere direta e indiretamente, nas cadeias tróficas de grande parte dos cultivos (PERIOTO et al., 2004).

Dentre esses *hymenopteros* se destacaram: os parasitoides de pulgões *Diaeretiella rapae* (McIntosh, 1855), *Praon volucre* (Haliday, 1833), *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson, 1880), *Aphidius colemani* Viereck, 1912, *Aphidius ervi* (Haliday, 1834) (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae), *Aphelinus asychis* Walker, 1839 (Hymenoptera: Aphelinidae); o parasitoide de tripes *Ceranisus menes* (Walker, 1839) (Hymenoptera: Eulophidae); os parasitoides de moscas-minadoras *Opius dissitus* Muesebeck, 1963 (Hymenoptera: Braconidae) e *Chrysocharis vonones* Walker, 1839 (Hymenoptera: Eulophidae); o parasitoide de crisomelídeos *Centistes gasseni* Shaw, 1995 (Hymenoptera: Braconidae); o parasitoide de cicadelídeos *Anagrus empoascae* Dozier, 1932 (Hymenoptera: Mymaridae). A coleta desses parasitoides foi relevante, pois essas espécies importantes no controle de pragas em várias regiões do mundo (GIBSON; HUBER; WOOLLEY, 1997; HANSON; GAULD, 2006).

Os hiperparasitoides de pulgões *Alloxysta victrix* (Westwood, 1833) e *Alloxysta fuscicornis* (Hartig, 1841) (Hymenoptera: Figitidae) e o parasitoide de sirfídeos *Diplazon laetatorius* (Fabricius 1781) (Hymenoptera: Ichneumonidae) também foram amostrados nas plantas de alface.

Tanto a entrada de parasitoides quanto de predadores no cultivo coincidiram com o aparecimento de tais indivíduos nas plantas de cravo, processo que se iniciou com o aparecimento das primeiras flores (Figuras 5 e 6). Conseqüentemente, ocorreu a diminuição da quantidade de fitófagos em ambas as plantas. Resultados semelhantes ao desta pesquisa já foram encontrados por Silveira et al. (2009) utilizando *T. erecta* em cultivo orgânico de cebola (*Allium cepa* L.) e Haro (2011) em cultivo orgânico de tomate, nos quais a

abundância de insetos fitófagos foi menor durante o florescimento das plantas atrativas.

A maior abundância de insetos entomófagos observada no decorrer do florescimento das plantas de cravo está de acordo com a "Hipótese do Inimigo Natural" proposta por Root (1973). Essa hipótese afirma que os agentes de controle biológico tendem a ser mais abundantes em ambientes diversificados, pois esses oferecem alternativas de alimento (pólen, néctar, presas variadas), abrigo e locais para reprodução, o que favorece o estabelecimento e multiplicação desses insetos. Isso pode ter ocorrido no presente estudo durante as fases de florescimento parcial e total do cravo amarelo.

Uma segunda hipótese, também proposta por Root (1973), é a da Concentração dos Recursos, que considera que as populações de insetos podem ser diretamente influenciadas pela concentração de suas plantas hospedeiras. Em sistemas mais diversificados o alimento encontra-se menos concentrado, portanto os herbívoros poderiam encontrar dificuldade em localizar seus hospedeiros, o que implicaria em menor número de insetos-praga. No entanto, já se sabe que essa teoria se aplica melhor a insetos monófagos e oligófagos (SHEEHAN, 1986). Mesmo assim, essa teoria pode em parte explicar os resultados obtidos neste trabalho.

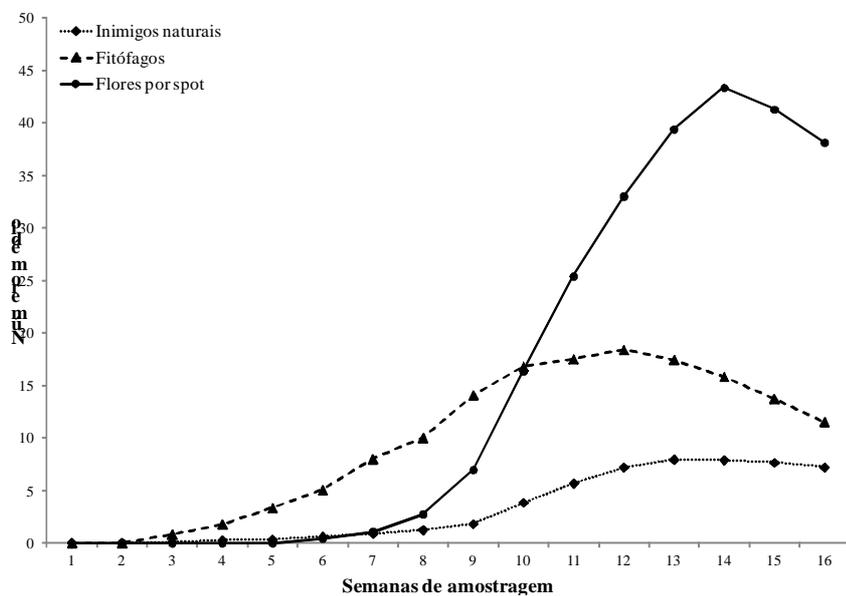


Figura 5 Número médio de flores por *spot*, inimigos naturais e fitófagos amostrados nas plantas de cravo durante o experimento. Lavras, MG, 2013.

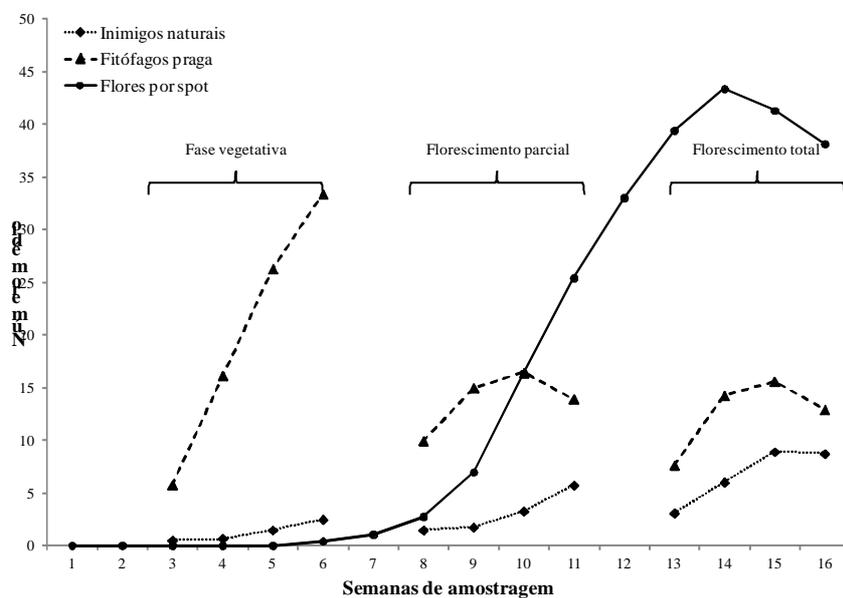


Figura 6 Número médio de flores de cravo por *spot*, inimigos naturais e fitófagos amostrados nas plantas de alface durante o experimento. Lavras, MG, 2013.

Nas plantas de cravo amarelo também foi registrada grande abundância de fitófagos não relatados como pragas de hortaliças, cuja presença no ambiente é desejável, pois agem como presas/hospedeiros para um grande número de inimigos naturais importantes na regulação das pragas nesses ambientes (LAVANDERO et al., 2006; MULLER; GODFRAY, 1997). Resultados semelhantes foram observados por Silveira, Bueno e Mendes (2003) para *O. insidiosus* em outras plantas atrativas.

Além de recursos alimentares extras, abrigo e da presença de presas/hospedeiros alternativos, uma possível atratividade química das plantas de *T. erecta* a inimigos naturais pode ter induzido as alterações no agroecossistema no presente estudo, uma vez que tanto predadores quanto parasitoides demonstram fortes interações a voláteis emitidos por vegetais (TURLING; WACKER, 2004).

Com relação às diferentes distâncias, observou-se que abundância de inimigos naturais nas plantas de alface aumentou significativamente quanto maior a proximidade com recurso floral após seu florescimento ($\chi^2 = 39,49$; $df_{2;17}$; $p < 0,00001$) (Figura 7). Esse efeito direto da distância, conseqüentemente afetou a população de pragas, as quais foram controladas próximo aos *spots* de cravo. Isso pode ser um indício de atratividade química de *T. erecta*. Resultados semelhantes aos desta pesquisa foram observados por Silveira (2009) e Zaché (2009), onde ambos relataram diminuição da abundância e riqueza de inimigos naturais quando aumentadas as distâncias em relação às plantas de cravo. O conhecimento do raio efetivo de atração de um recurso floral como visto no presente estudo é uma importante característica na seleção de plantas visando ao controle biológico, uma vez que permite uma melhor arquitetura e sua correta distribuição no agroecossistema, potencializando seu efeito (BIANCHI; FELIX; WÄCKERS, 2008).

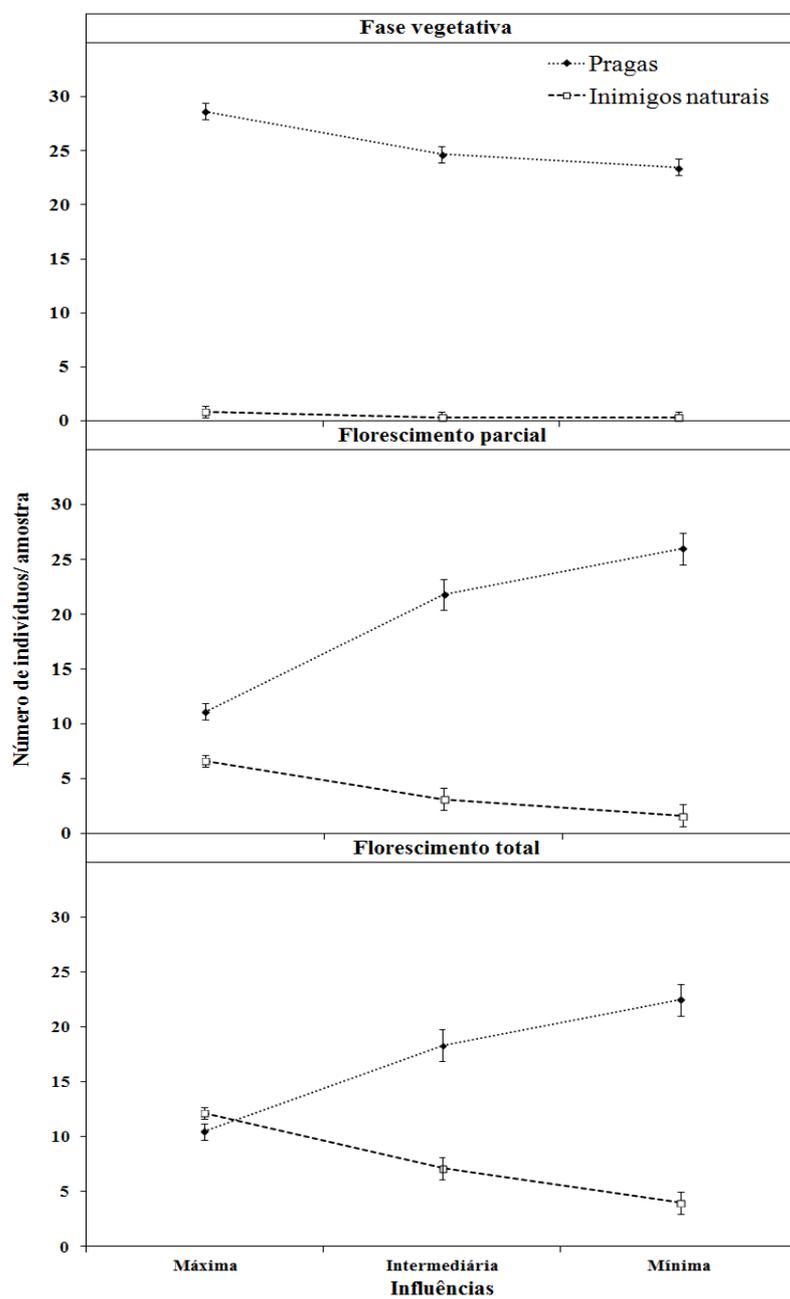


Figura 7 Número médio de indivíduos amostrados em diferentes distâncias em relação ao recurso floral durante suas fases de desenvolvimento. Lavras, MG, 2013.

Sendo assim, a considerável riqueza e abundância de entomófagos presentes no recurso floral após seu florescimento, possivelmente, contribuíram para a regulação e maior estabilidade nas populações de diversos insetos fitófagos instalados na cultura, diminuindo a incidência de ataques e contribuindo no manejo. Esses resultados são indicativos de uma potencial eficiência do controle biológico conservativo aplicado em uma cultura comercial, e corroboram com Altieri, Silva e Nicholls (2003) e Gliessman (2001) que afirmam que plantas atrativas, do ponto de vista ecológico, aumentam a diversidade de inimigos naturais das unidades produtivas, tornando-as mais sustentáveis, no que se refere ao manejo de pragas.

4 CONCLUSÕES

A utilização de *T. erecta* como recurso floral é potencialmente positiva ao controle biológico conservativo, uma vez que essa planta é capaz de atrair e conservar inimigos naturais para o ambiente produtivo, resultando em um efeito efetivo no controle das populações de pragas, principalmente durante seu florescimento e em menores distâncias.

REFERÊNCIAS

ALTIERI, A. H.; SILLIMAN, B. R.; BERTNESS, M. D. Hierarchical organization via a facilitation cascade in intertidal cordgrass bed communities. **The American Naturalist**, Chicago, v. 169, n. 2, p. 195-206, Jan. 2007.

ALTIERI, M. A.; SILVA, E. N.; NICHOLLS, C. I. **O papel da biodiversidade no manejo de pragas**. Ribeirão Preto: Holos, 2003. 226 p.

BACCI, L. et al. Seletividade de inseticidas a *Brevicoryne brassicae* (L.) Hemiptera: Aphididae) e ao predador *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 30, n. 4, p. 707-713, dez. 2001.

BATES, D.; MAECHLER, M.; BOLKER, B. **Lme4**: linear mixed-effects models using S4 classes. R Package Version 0.999999-0. Disponível em: <<http://CRAN.R-project.org/package=lme4>>. Acesso em: 10 dez. 2012.

BIANCHI, F. J. J. A.; WÄCKERS, F. L. Effects of flower attractiveness and nectar availability in field margins on biological control by parasitoids. **Biological Control**, Orlando, v. 46, n. 3, p. 400-408, Sept. 2008.

BROOKS, S. E. Systematics and phylogeny of Dolichopodinae (Diptera: Dolichopodidae). **Zootaxa**, Auckland, v. 857, p. 1-158, Feb. 2005.

CRAWLEY, M. J. **The R book**. New York: J. Wiley, 2012. 1076 p.

DESNEUX, N.; DECOURTYE, A.; DELPUECH, J. M. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 52, n. 1, p. 81-106, Jan. 2007.

GALLO, D. et al. **Manual de entomologia agrícola**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2002. 649 p.

GIBSON, G. A. P.; HUBER, J. T.; WOOLLEY, J. B. **Annotated keys to the general of Nearctic Chalcidoidea (Hymenoptera)**. Ottawa: NRC Research, 1997. 794 p.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 653 p.

HAENKE, S. et al. Increasing syrphid fly diversity and density in sown flower strips within simple vs. complex landscapes. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 46, n. 5, p. 1106-1114, Oct. 2009.

HANSON, P. E.; GAULD, L. D. **Hymenoptera de la región neotropical**. Gainesville: The American Entomological Institute, 2006. 994 p.

HARO, M. M. **Controle biológico conservativo de pragas em cultivo protegido de tomate orgânico**. 2011. 88 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

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. 45, n. 1, p. 175-201, Jan. 2000.

LAVANDERO, B. et al. Increasing floral diversity for selective enhancement of biological control agents: a double-edged sword? **Basic and Applied Ecology**, Jena, v. 7, n. 3, p. 236-243, May 2006.

MENDES, S. M.; BUENO, V. H. P. Biology of *Orius insidiosus* (Say) (Hemiptera: Anthocoridae) Fed on *Caliothrips phaseoli* (Hood)(Thysanoptera: Thripidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 30, n. 3, p. 423-428, Sept. 2001.

MERTZ, N. R. **Controle biológico do pulgão *Aphis gossypii* GLOVER (Hemiptera: Aphididae) em cultivo protegido de pepino com cravo-de-defunto (*Tagetes erecta* L.)**. 2009. 55 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

MONTEIRO, R. C. **Estudos taxonômicos de tripes (Thysanoptera) constatados no Brasil, com ênfase no gênero *Frankliniella***. 1999. 144 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1999.

MULLER, C. B.; GODFRAY, H. C. J. Apparent competition between two aphid species. **Journal of Animal Ecology**, Oxford, v. 66, n. 1, p. 57-64, Jan. 1997.

PERIOTO, N. W. et al. Himenópteros parasitoides (Insecta; Hymenoptera) coletados em cultura do café (*Coffea arabica* L. (Rubiaceae) em Ribeirão Preto, SP, Brasil. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 71, n. 1, p. 41-44, jan./mar. 2004.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna, 2011. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 23 dez. 2011.

RIQUELME, A. H. **Control ecologico de las plagas de la huerta**. Buenos Aires: INTA, 1997. 93 p.

ROOT, R. B. Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleracea*). **Ecological Monographs**, Lawrence, v. 43, p. 94-125, Jan. 1973.

SHEEHAN, W. Response by specialist and generalist natural enemies to agroecosystem diversification: a select review. **Environmental Entomology**, College Park, v. 15, n. 3, p. 456-461, June 1986.

SILVEIRA, L. C. P.; BUENO, V. H. P.; MENDES, S. M. Record of two species of *Orius* Wolff (Hemiptera, Anthocoridae) in Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 47, n. 5, p. 303-306, set./out. 2003.

SILVEIRA, L. C. P. et al. Marigold (*Tagetes erecta* L.) as an attractive crop to natural enemies in onion fields. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 66, n. 6, p. 780-787, dez. 2009.

SOLBRIG, O. T. **From genes to ecosystem: a research agenda for biodiversity**. Paris: International Union of Biological Science, 1991. 123 p.

TURLINGS, T. C. J.; WÄCKERS, F. Recruitment of predators and parasitoids by herbivore-injured plants. In: CARDÉ, R. T.; MILLAR, J. G. (Ed.). **Advances in insect chemical ecology**. Cambridge: Cambridge University, 2004. p. 21-75.

WILLER, H. Organic agriculture worldwide: current statistics. In: WILLER, H.; MENZLER, M. Y.; SORENSEN, N. (Ed.). **The world of organic agriculture: statistics and emerging trends**. Berna: IFOAM & FiBL, 2009. p. 25-58.

ZACHÉ, B. **Manejo de biodiversidade de insetos-praga e inimigos naturais em cultivo de alface (*Lactuca sativa*) orgânica através do uso de cravo-de-defunto (*Tagetes erecta*) como planta atrativa**. 2009. 60 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

ZEHNDER, G. et al. Arthropod pest management in organic crops. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 52, p. 57-80, Jan. 2007.

CAPÍTULO 3

Composição química dos óleos voláteis de *Tagetes erecta* L. (Asteraceae)

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi analisar as diferenças quantitativas e qualitativas na composição dos óleos voláteis produzidos em diferentes órgãos de *T. erecta* em diferentes idades da planta. Foram analisadas as folhas e flores coletadas em diferentes épocas de desenvolvimento da planta (60, 90 e 120 dias após germinação), totalizando seis tratamentos. A extração do óleo essencial das folhas e flores de *T. erecta* foi realizada por arraste a vapor em aparelho de Clevenger modificado. A análise da composição química dos óleos voláteis foi realizada mediante cromatografia em fase gasosa (CG) e cromatografia em fase gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG/EM). A maior produtividade de óleo foi obtida nas flores de 90 dias. Foi identificado o total de 31 compostos nos tratamentos avaliados, sendo 29 deles registrados nas folhas e 27 nas flores de *T. erecta*. Os óleos voláteis de *T. erecta* apresentam polimorfismo químico entre suas estruturas e diferentes composições químicas de acordo com a idade da planta. Esse conhecimento é essencial na decisão da época de coleta do material vegetal, a qual deve ser feita no momento em que a planta apresente composição química que melhor se ajuste a finalidade do uso.

Palavras-chave: Compostos secundários. Cromatografia gasosa. Cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa.

ABSTRACT

This study aims to recognize the volatile oil composition in different structures and development stages of *T. erecta* plants. For this, volatile oil was extracted from leaves and flowers, separately, in three different development stages (60, 90 and 120 days after emergence), using a modified Clevenger apparatus. Compounds were identified and quantified through Gas Chromatography (GC) and Gas chromatography–mass spectrometry (GC-MS). Higher oil yield was observed in flowers with 90 days after emergence. It was identified 31 compounds in all treatment, which 29 were registered in leaves and 25 registered in flowers. The volatile oil from *T. erecta* presented chemical polymorphism between structures and different composition according with the plant development stage. Thus, the chemical profile of *T. erecta* volatile oil defines the correct plant collection time, according to the purpose of the use.

Keywords: Secondary compounds. Gas chromatography. Gas chromatography and mass spectrometry.

1 INTRODUÇÃO

Os óleos voláteis vegetais são compostos formados a partir de vias metabólicas secundárias e podem ser definidos como misturas complexas de substâncias voláteis, lipofílicas, geralmente odoríferas e líquidas (SPITZER; SIMÕES, 2004). Esses compostos desempenham funções biológicas importantes na natureza, podendo agir como antimicrobianos, inseticidas, alopatóicos, além de favorecer a atração de insetos (BAKKALI et al., 2008).

Devido à sua importância, ampla distribuição e grande capacidade adaptativa, as plantas da família Asteraceae são extensivamente estudadas quanto à sua composição química e atividade biológica (VERDI; BRIGHENTE; PIZZOLATTI, 2005).

Dentre as espécies de grande interesse encontra-se *Tagetes erecta* Linn. (Asteraceae), uma espécie herbácea anual, natural do México, conhecida popularmente como cravo amarelo. Óleos voláteis extraídos das folhas de *T. erecta* possuem ação nematicida, bactericida e fungicida, enquanto as flores são utilizadas como fonte de antioxidantes para uso na indústria farmacêutica (PEREZ; HERNÁNDEZ; HERNÁNDEZ, 2006).

Denomina-se polimorfismo fitoquímico as diferenças na composição dos óleos originados de um mesmo vegetal, em função dos órgãos onde foram produzidos (raiz, folha, flores) (BASER; HUSNU; BUCHBAUER, 2010). Esse polimorfismo não é frequente entre órgãos semelhantes, porém, estruturas iguais podem apresentar composições distintas em função da idade da planta (JOHNSON et al., 2004).

Essas variações na composição interferem na maneira pela qual as moléculas interagem biologicamente com macromoléculas, como proteínas e enzimas, o que resulta em distintas propriedades bioquímicas, as quais são

determinantes, por exemplo, para a ativação de sítios receptores responsáveis pelas respostas gustativas ou olfativas em animais (ADAMS; TAYLOR, 2010).

O objetivo deste trabalho foi analisar as diferenças quantitativas e qualitativas na composição dos óleos voláteis produzidos nas folhas e nas flores de *T. erecta* em diferentes idades da planta.

2 MATERIAL E MÉTODOS

As plantas utilizadas no experimento foram cultivadas em uma área de produção orgânica, situada no *Campus* da Universidade Federal de Lavras, Departamento de Agricultura, Setor de Olericultura (21°13'51.06"S, 44°58'34.36" O, altitude de 905 metros) durante a primavera.

As sementes de cravo foram adquiridas em casas especializadas, sendo as mudas preparadas em bandejas de 128 células, com substrato comercial permitido pelas certificadoras orgânicas. As bandejas foram então acondicionadas em casa de vegetação própria para a produção de mudas, até o momento de serem transplantadas para o local definitivo. Essas mudas foram transplantadas 30 dias após a emergência.

As colheitas de folhas e flores foram feitas pela manhã, em três diferentes épocas de desenvolvimento da planta (3) e em diferentes estruturas (folhas e flores), constituindo os seguintes tratamentos:

Folhas 60 - colhidas 60 dias após a germinação.

Folhas 90 - colhidas 90 dias após a germinação.

Folhas 120 - colhidas 120 dias após a germinação.

Flores 60 - colhidas 60 dias após a germinação.

Flores 90 - colhidas 90 dias após a germinação.

Flores 120 - colhidas 120 dias após a germinação.

A umidade foi determinada pelo método da estufa a 105°C até peso constante, em três repetições (PREGNOLATTO; PREGNOLATTO, 1985).

Visando a sua conservação, o material vegetal foi desidratado em sacos de papel Kraft em estufa de circulação forçada de ar a 30°C, até peso constante.

2.1 Extração dos óleos essenciais

A extração dos óleos essenciais das folhas e flores de *T. erecta* foi realizada por arraste a vapor no Laboratório de Enzimologia, Bioquímica de Proteínas e Peptídeos do Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular da Universidade Federal de Viçosa.

Foram efetuadas três extrações para cada tratamento dos óleos, onde 50 gramas de material vegetal desidratado foram transferidas para um balão de vidro de 2L, com 1000 mL de água destilada, o qual foi acoplado ao aparelho de Clevenger modificado. Após destilação por 2 h foi recolhido o hidrolato (água + óleo), o qual foi submetido à partição líquido-líquido, em funil de separação, utilizando-se 30 ml de diclorometano. Esse procedimento foi realizado três vezes. Adicionou-se 3 g de sulfato de magnésio anidro à fração orgânica para se retirar possíveis resíduos de água. O diclorometano foi removido em evaporador rotativo.

2.2 Análise da composição do óleo essencial

A análise da composição dos óleos voláteis foi realizada mediante cromatografia em fase gasosa (CG) e cromatografia em fase gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG/EM) no Laboratório de Semioquímicos da Universidade Federal de Viçosa.

Para essas análises foram preparadas amostras compostas dos tratamentos constituídas de 20 µL de óleo essencial de cada repetição e diluídas na proporção de 1 micrograma para 1 microlitro de n-hexano (Sigma Aldrich, USA). Foi adicionado então, o padrão interno n-heptil acetato em todas as amostras, o qual é conhecido por ser separável dos demais compostos e não estar presente na amostra, podendo ser utilizado como parâmetro de comparação.

2.2.1 Cromatografia em fase gasosa

O óleo essencial foi analisado em um aparelho Shimadzu GC-17A equipado com detector de ionização de chama de hidrogênio e coluna capilar DB-5 (5% fenil, 95% metilsiloxano; 30 m de comprimento x 0,32 mm de diâmetro interno x 0,25 μ m). O gás de arraste utilizado foi o hélio a uma taxa de fluxo de 1,2mL/min. A rampa de aquecimento da coluna se iniciou com 30°C mantida por 5 minutos, elevada a 45°C com acréscimos de 3°C/min e mantido por 5 minutos, elevada a 120°C a 5°C/min e mantida por 10 minutos, elevada a 240°C a 10°C/min e mantida por 15 minutos, elevada a temperatura máxima de 270°C com taxa de 5°C/min e mantida por 20 minutos. As temperaturas do injetor (split 1:10) e do detector foram fixadas em 260 e 270 °C, respectivamente. Foi injetado 1 μ L da diluição contendo óleo volátil e hexano no aparelho. As análises foram feitas em triplicatas.

2.2.2 Cromatografia em fase gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG/EM)

Os óleos voláteis foram analisados em um cromatógrafo a gás acoplado a um espectrômetro de massa (GC-MS, Shimadzu, Modelo QP2010) por meio de injeção manual de 1 μ L das amostras diluídas em hexano. O aparelho de GC-EM foi equipado com uma coluna capilar de sílica fundida Rtx-5MS (df = 0,25 μ m, 30 m x 0,25mm), utilizando hélio como gás carreador a um fluxo de 1 mL/min. A temperatura da coluna iniciou-se a 35° C, permanecendo por 5 minutos, elevou-se a uma taxa de 8° C/min até atingir 280° C, permanecendo por mais 5 minutos, totalizando um tempo de análise de 40,63 minutos. As análises foram realizadas em modo *splitless*. As análises foram feitas em triplicatas.

2.3 Identificação e quantificação dos componentes

A quantificação dos compostos foi obtida por meio da área integral do pico do componente na amostra.

Os dados foram analisados pelo programa *GCMS Solutions (Shimadzu Corporation)* e a identificação se baseou na comparação dos espectros de massa de cada composto com o banco de dados das bibliotecas NIST08 e *Wiley*. Com os tempos de retenção dos compostos e dos padrões de hidrocarbonetos (C7-C30), foram calculados os índices de Kovats (KI). A partir dessas informações, foram identificados os compostos das amostras, tendo como base os índices de Kovats tabelados por Adams (2007). A identificação de alguns compostos foi confirmada por comparação com os espectros de massa e tempos de retenção de padrões injetados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os maiores teores de umidade foram encontrados nas folhas de 60 dias (30,12%) e a menor nas folhas de 120 dias (19,45%). O mesmo ocorreu com as flores de 60 dias que obtiveram maior teor de umidade (29,57%), enquanto as flores de 120 apresentaram a menor porcentagem (21,8 %) (Tabela 1). Essa variação na umidade está dentro da faixa de redução de massa considerada aceitável, a qual deve variar de 20 a 75% (SARTÓRIO et al., 2000).

Tabela 1 Teor de umidade e rendimento de óleos essenciais de *T. erecta* em diferentes estruturas e idades da planta. Lavras, MG, 2013

Tratamento	Umidade (%)	Rendimento (mg óleo/g matéria seca)
Folha 60 dias	30,12	2,389
Folha 90 dias	22,58	1,839
Folha 120 dias	19,45	0,704
Flor 60 dias	29,57	2,359
Flor 90 dias	23,58	3,764
Flor 120 dias	21,8	1,055

Com o aumento da idade das plantas de cravo amarelo, houve um proporcional aumento de sua matéria seca (Tabela 1). Esse processo é bem descrito em forrageiras e ocorre, possivelmente, devido à deposição de lignina e outros compostos nas paredes celulares da planta (CABALLERO et al., 2001).

O maior rendimento de óleos voláteis foi obtido nas flores com 90 dias de idade (3,764 mg óleo/g matéria seca) (Tabela 1). Esses resultados foram semelhantes aos descritos por Worku e Bertoldi (1996) em *Tagetes minuta* L., os quais registraram maiores rendimentos de óleos voláteis em plantas durante sua floração e com sementes ainda imaturas.

Dentre as folhas, aquelas colhidas aos 60 dias de idade obtiveram o maior rendimento de óleos voláteis (2,389 mg óleo/g matéria seca). Por outro lado, tanto folhas quanto flores de 120 dias apresentaram os menores rendimentos. Esse processo é comum ao grupo Asteraceae, no qual são relatados acréscimos nos teores de óleo até o momento da floração plena e decréscimos quando as flores estão com suas sementes formadas e entrando em estado de senescência (FRANZ; NOVAK, 2010).

Apesar das diferenças obtidas nas quantidades de óleos entre os tratamentos no presente estudo, a escolha da época de colheita para a extração deve ser feita de acordo com a finalidade do uso, independentemente de seu rendimento, devido a possíveis variações na composição dos óleos essenciais e, conseqüentemente, em sua atividade biológica (ANGIONI et al., 2006; MASOTTI et al., 2003).

3.1 Composição química dos óleos

O total de 31 compostos foi identificado nos tratamentos avaliados, sendo 29 deles registrados nas folhas e 25 nas flores de *T. erecta* (Tabela 2).

Tabela 2 Composição química dos óleos voláteis de folhas e flores de *T. erecta* em diferentes épocas do desenvolvimento da planta. Lavras, MG, 2013

Compostos	Folhas			Flores		
	60	90	120	60	90	120
1. Camphene	0,12	0,27	0,08	—	—	—
2. Sabinene	—	0,16	0,13	—	—	—
3. β -Pinene	—	0,38	0,26	—	—	—
4. Myrcene	—	0,37	0,33	—	—	—
5. Limonene	—	0,27	0,19	1,51	—	—
6. (Z)- β -Ocimene	—	8,71	5,82	0,48	—	0,56
7. (E)- β -Ocimene	—	0,04	0,15	—	—	—

Tabela 2, conclusão

Compostos	Folhas			Flores		
	60	90	120	60	90	120
8. Dihydrotagetone	—	0,17	1,09	3,39	—	0,51
9. γ -Terpinene	—	0,18	0,3	—	—	—
10. Terpinolene	0,18	1,49	2,89	4,36	0,11	1,48
11. Linalool	0,71	1,46	1,34	4,31	3,64	3,15
12. 1,3,8-p-menthatriene	0,27	1,8	1,82	3,03	4,44	4,71
13. Allo ocimene	0,12	0,23	0,34	0,44	—	—
14. (E)-Tagetone	0,74	0,28	0,33	0,29	0,16	0,45
15. (Z)-Tagetone	0,58	8,1	7,39	2,47	0,22	3,28
16. Cymen-8-ol (p)	6,28	9,7	6,43	3,44	4,58	6,48
17. α - terpineol	3,5	1	5,34	3,42	2,26	1,28
18. Verbenone	0,55	1,2	1,88	0,31	0,07	0,27
19. (Z)-Ocimenone	1,33	0,38	0,56	0,62	0,45	0,41
20. (E)-Ocimenone	2,35	0,4	0,86	0,31	2,01	0,88
21. Piperitone	37,61	36,97	27,57	21,34	22,23	19,48
22. Piperitenone	11,5	5,39	4,72	8,91	0,76	0,66
23. Eugenol	0,24	0,07	0,13	0,16	5,21	5,3
24. (E)-Caryophyllene	4,27	1,58	4,03	20,95	32,9	27,9
25. Farnecene	0,74	0,53	1,07	1,33	1,59	1,34
26. Germacrene-D	—	—	—	1,49	1,36	1,13
27. Bicyclogermacrene	1,48	0,5	0,93	5,8	7,37	6,65
28. Nerolidol-e	0,12	—	0,09	0,08	—	0,3
29. (Z)-3-hexenyl benzoate	—	—	—	0,43	0,36	1,14
30. Spathunelol	8,59	3,65	4,69	2,23	3,4	1,13
31. Caryophyllene oxide	2,29	3,11	3,93	0,13	0,51	0,48
Total	143,57	178,39	204,69	151,23	183,63	208,97
Número compostos	21	28	29	25	20	23

Valores em negrito representam os cinco compostos com maior porcentagem.

Tanto em folhas como em flores o monoterpeno piperitone esteve entre os compostos majoritários, concordando com análises de Marques et al. (2011) e discordando de Singh et al. (2003), que relatam (Z)- β -Ocimene como

componente majoritário em plantas de *T. erecta* coletadas na Índia. Outro componente majoritário compartilhado por todos os tratamentos foi *cymen-8-ol* (p), composto comumente relatado em óleos voláteis do gênero *Tagetes* (SAGAR et al., 2005). Contudo, a simples presença de alguns compostos, mesmo que em pequenas porcentagens, pode interferir significativamente na atividade biológica dos óleos voláteis (VET et al., 1998).

Os monoterpenos camphene, sabinene, β -pinene, myrcene, (E)- β -ocimene, γ -terpinene foram relatados apenas nas folhas. Esses compostos são comumente relatados na composição do gênero *Tagetes* e para Asteraceae em geral (GIL; GHERSA; LEICACH, 2000; RESTELLO; MENEGATT; MOSSI, 2009; SAGAR et al., 2005).

O monoterpeno germacrene-D e o éster (Z)-3-hexenyl benzoate foram relatados apenas nas flores de cravo.

Além de constituintes exclusivos, os óleos voláteis de *T. erecta* apresentaram variação nas proporções dos compostos compartilhados. Nas folhas os sesquiterpenos (E)-Caryophyllene e Bicyclogermacrene apresentaram porcentagens normais na composição, enquanto que nas flores figuraram entre os compostos majoritários, alcançando teores até 30 vezes maior, como no caso das folhas e flores de 90 dias.

Esse polimorfismo químico entre estruturas de uma mesma planta, como verificado neste trabalho, é descrito na literatura por Srivastava, Srivastava e Syamsundar (2005) para *Syzygium aromaticum* (Myrtaceae) advindos da Índia e Madagascar, nas quais o acetato de eugenil perfazia 8% da composição das inflorescências e apenas 1,6% nas folhas.

Variações ocorreram também nos constituintes de óleos extraídos de estruturas semelhantes, como no caso do óleo das folhas de 120 dias que apresentaram oito componentes a mais do que as folhas de 60 dias.

Nas flores as variações mais pronunciadas ocorreram entre as porcentagens da composição, como no caso do (E)-caryophyllene, cujos teores oscilaram em até 50% entre tratamentos (Tabela 2). Nas folhas de 60 dias o componente (Z)- β -Ocimene não foi detectado, ocupando posteriormente 8,71% e 5,82% da composição das folhas de 90 e 120, respectivamente. Esse fato concorda com resultados obtidos por Worku e Bertoldi (1996) em *T. minuta*, os quais relataram um aumento de 7,2% para 37,5% no mesmo composto entre o aparecimento das inflorescências e sua total floração.

Segundo Franz e Novak (2010), alterações na composição dos óleos voláteis como as relatadas no presente trabalho, ocorrem principalmente, no momento que antecede o aparecimento dos botões florais até a sua plena floração, uma vez que a biossíntese desses componentes é dependente da fase de desenvolvimento da planta. Essas alterações estão associadas principalmente a maiores taxas de ciclização ou aumento dos compostos oxigenados nas plantas (FIGUEIREDO et al., 1996).

Dentre os compostos identificados se destaca a presença de (E)- β -Farnecene nas folhas e flores do cravo-amarelo, uma vez esse mesmo composto é utilizado também por afídeos como feromônio de alarme contra predadores (BOWERS et al., 1972).

Sendo assim, estruturas e fases de desenvolvimento influenciam a composição dos óleos voláteis de *T. erecta*, uma vez que fatores ambientais como estresse hídrico, propriedades do solo e temperatura podem afetar apenas a produtividade dos óleos, tendo influência mínima no processo de formação e na composição dos mesmos (FIGUEIREDO et al., 1996; SALAMON, 2007).

4 CONCLUSÃO

Os óleos voláteis de *T. erecta* apresentam diferenças qualitativas e quantitativas nas composições químicas de acordo com a estrutura e com a idade da planta, as quais podem alterar a atividade biológica desses óleos.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, R. P. **Identification of essential oil components by gás chromatography/mass spectrometry**. 4th ed. Illinois: Allured, 2007. 804 p.
- ADAMS, T. B.; TAYLOR, S. V. Safety evaluation of essential oils: a constituent-based approach. In: BASER, K.; HUSNU, C. N.; BUCHBAUER, G. (Ed.). **Handbook of essential oils: science, technology, and applications**. Boca Raton: CRC, 2010. p. 186-208.
- ANGIONI, A. et al. Chemical composition, seasonal variability, and antifungal activity of *Lavandula stoechas* L. ssp. *stoechas* essential oils from stem/leaves and flowers. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 54, n. 12, p. 4364-4370, May 2006.
- BAKKALI, F. et al. Biological effects of essential oils: a review. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 46, n. 2, p. 446-475, Feb. 2008.
- BASER, K.; HUSNU, C. N.; BUCHBAUER, G. (Ed.). **Handbook of essential oils: science, technology, and applications**. Boca Raton: CRC, 2010. 991 p.
- BOWERS, W. S. et al. Aphid alarm pheromone: isolation, identification, synthesis. **Science**, New York, v. 177, p. 1121-1122, Sept. 1972.
- CABALLERO, R. et al. Carbohydrate and protein fractions of fresh and dried common vetch at three maturity stages. **Agronomy Journal**, Madison, v. 93, n. 5, p. 1006-1013, Sept. 2001.
- FIGUEIREDO, A. C. et al. Physiological aspects of essential oil production. In: FRANZ, C. H.; MATHE, A.; BUCHBAUER, G. (Ed.). **Essential oils: basic and applied research**. Carol Stream: Allured, 1996. p. 339-341.

FRANZ, C.; NOVAK, J. Sources of essential oils. In: BASER, K.; HUSNU, C. N.; BUCHBAUER, G. (Ed.). **Handbook of essential oils: science, technology, and applications**. Boca Raton: CRC, 2010. p. 39-82.

GIL, A.; GHERSA, C. M.; LEICACH, S. Essential oil yield and composition of *Tagetes minuta* accessions from Argentina. **Biochemical Systematics and Ecology**, Oxford, v. 28, n. 3, p. 261-274, Mar. 2000.

JOHNSON, C. B. et al. Seasonal, populational and ontogenic variation in the volatile oil content and composition of individuals of *Origanum vulgare* subsp. *hirtum*, assessed by GC headspace analysis and by SPME sampling of individual oil glands. **Phytochemical Analysis**, Chichester, v. 15, n. 5, p. 286-292, Sept. 2004.

MARQUES, M. M. M. et al. Larvicidal activity of *Tagetes erecta* against *Aedes aegypti*. **Journal of the American Mosquito Control Association**, Fresno, v. 27, n. 2, p. 156-158, June 2011.

MASOTTI, V. et al. Seasonal and phenological variations of the essential oil from the narrow endemic species *Artemisia molinieri* and its biological activities. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 51, n. 24, p. 7115-7121, Oct. 2003.

PÉREZ, G. R.; HERNÁNDEZ, L. H.; HERNÁNDEZ, G. S. Antioxidant activity of *Tagetes erecta* essential oil. **Journal of the Chilean Chemical Society**, Concepción, v. 51, n. 2, p. 883-886, June 2006.

PREGNOLATTO, W.; PREGNOLATTO, N. P. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985. 533 p.

RESTELLO, R. M.; MENEGATT, C.; MOSSI, A. J. Efeito do óleo essencial de *Tagetes patula* L. (Asteraceae) sobre *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera, Curculionidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 53, n. 2, p. 304-307, jun. 2009.

SAGAR, D. V. et al. Composition of essential oils of *Tagetes patula* L. growing in Northern India. **Journal of Essential Oil Research**, Carol Stream, v. 17, n. 4, p. 446-448, Nov. 2005.

SALAMON, I. Effect of the internal and external factors on yield and qualitative-quantitative characteristics of chamomile essential oil. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON CHAMOMILE RESEARCH, DEVELOPMENT AND PRODUCTION, 1., 2006, Presove. **Proceedings...** Presove: ISHS, 2006. p. 45-65.

SARTÓRIO, M. L. et al. **Cultivo orgânico de plantas medicinais**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2000. 258 p.

SINGH, G. et al. Studies on essential oils: part 35: chemical and biocidal investigations on *Tagetes erecta* leaf volatile oil. **Flavour and Fragrance Journal**, Chichester, v. 18, n. 1, p. 62-65, Jan./Feb. 2003.

SPITZER, C. M. O.; SIMÕES, V. Oleos voláteis. In: SIMÕES, C. M. O. (Ed.). **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 467-495.

SRIVASTAVA, A. K.; SRIVASTAVA, S. K.; SYAMSUNDAR, K. V. Bud and leaf essential oil composition of *Syzygium aromaticum* from India and Madagascar. **Flavour and Fragrance Journal**, Chichester, v. 20, n. 1, p. 51-53, Jan./Feb. 2005.

VERDI, L. G.; BRIGHENTE, I. M. C.; PIZZOLATTI, M. G. Gênero *Baccharis* (Asteraceae): aspectos químicos, econômicos e biológicos. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 85-94, jan./fev. 2005.

VET, L. E. M. et al. The effect of complete versus incomplete information on odour discrimination in a parasitic wasp. **Animal Behaviour**, Amsterdam, v. 55, n. 5, p. 1271-1279, May 1998.

WORKU, T.; BERTOLDI, M. Essential oils at essential oils at different development stages of Ethiopian *Tagetes minuta* L. In: FRANZ, C. H.; MATHE, A.; BUCHBAUER, G. (Ed.). **Essential oils: basic and applied research**. Carol Stream: Allured, 1996. p. 339-341.

CAPÍTULO 4

Atratividade de óleos voláteis de *Tagetes erecta* a inimigos naturais de insetos-praga

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi investigar a atratividade de óleos voláteis de *T. erecta* provenientes de diferentes estruturas e diferentes estágios de desenvolvimento a inimigos naturais de pragas. Para isso foi utilizado um olfatômetro de tubo de vidro em “Y” contendo como estímulo óleos voláteis de *T. erecta* extraídos de folhas e flores coletadas em diferentes épocas de desenvolvimento da planta, 60, 90 e 120 dias após germinação, totalizando seis tratamentos. Os inimigos naturais utilizados foram os parasitoides *Aphidius colemani*, *Aphelinus abdominalis* e *Encarsia formosa*, e os predadores *Orius laevigatus*, *Adalia bipunctata* e *Chrysoperla carnea*. As fêmeas dos parasitoides de afídeos *A. colemani* e *A. abdominalis* foram atraídas pelos óleos voláteis das flores de *T. erecta*. As fêmeas do parasitoide de mosca-branca *E. formosa* responderam aos estímulos das flores de 90 e 120 dias. O antocorídeo *O. laevigatus* respondeu positivamente aos óleos voláteis das flores de *T. erecta*. O coccinelídeo *A. bipunctata* foi atraído pelos óleos voláteis das folhas de 120 dias e das flores das três épocas testadas. O crisopídeo *C. carnea* não respondeu aos óleos voláteis de *T. erecta*. Esse conhecimento pode ser usado para alterar o comportamento de inimigos naturais, manipulando sua distribuição e abundância na paisagem agrícola, o que, conseqüentemente, potencializa o controle biológico de pragas.

Palavras-chave: Relação inseto-planta. Compostos orgânicos. Olfatômetro. Parasitoides. Predadores.

ABSTRACT

This chapter aimed to study *T. erecta* chemical attractiveness to representative natural enemies. For this, volatile oils extracted from different structures of *T. erecta* (flowers and leaves) and different development stages (60, 90 and 120 days after emergence) were placed in a Y-tube olfactometer. The natural enemies used in the bioassays were *Aphidius colemani*, *Aphelinus abdominalis*, *Encarsia formosa*, *Orius laevigatus*, *Adalia bipunctata* and *Chrysoperla carnea*. Females from the aphid parasitoids *A. colemani* and *A. abdominalis* were attracted by the volatile oils from flowers. The whitefly parasitoid *E. formosa* positively responded to oils of flowers with 90 and 120 days. The ladybug *A. bipunctata* was attracted by oils from leaves with 120 days and all flower. The green lacewing *C. carnea* did not respond to any treatment. Therefore, *T. erecta* can be used to manipulate in-field distribution and abundance of natural enemies enhancing biological control of pests.

Keywords: Insect plant relationships. Organic compounds. Olfactometer. Parasitoids. Predators.

1 INTRODUÇÃO

O agroecossistema é considerado um ambiente pouco adequado aos inimigos naturais devido a frequentes modificações e perturbações advindas das atividades agrícolas (LANDIS; MARINO, 1999; LETOURNEAU, 1998). Isso dificulta, atrasa ou impede a entrada e conservação desses indivíduos na paisagem agrícola, permitindo o aumento populacional de insetos fitófagos, o que muitas vezes implica em dano econômico ao produtor (KAPLAN, 2012; LANDIS; WRATTEN; GURR, 2000).

A manipulação do ambiente e a introdução de recursos florais constituem uma eficiente estratégia para a conservação da fauna de inimigos naturais, uma vez que devolve ao ambiente oferta de alimento (pólen, néctar), presas/hospedeiros alternativos e refúgio (LANDIS; WRATTEN; GURR, 2000).

Modelos matemáticos simulando cenários de manipulação do ambiente agrícola comprovam a teoria de que populações de pragas podem ser controladas com essas medidas (KEAN et al., 2003). Em experimentos de campo, a atração espacial de inimigos naturais e o consequente decréscimo linear na densidade de pragas foi observado por Haro (2011) e Silveira et al. (2009) utilizando como recurso floral a planta ornamental *Tagetes erecta* (Asteraceae).

Todavia, enfatizar a provisão de recursos como único responsável pela atração de entomófagos pode ser considerado uma abordagem superficial desse fenômeno, uma vez que inúmeros fatores agem no processo (KAPLAN, 2012). Dentre estes se destaca a atração química exercida pelas plantas por meio de seus voláteis, os quais são eficazes ferramentas no recrutamento, direcionamento e atração de inimigos naturais em agroecossistemas (HARE, 2011; MUMM; DICKE, 2010; TURLINGS; WÄCKERS, 2004).

Trabalhos como os de Haro (2011) e Silveira et al. (2009) devem ser melhor investigados, no que diz respeito a uma possível atividade química das

plantas de *T. erecta*., uma vez que o entendimento dos fatores que levam à formação do agroecossistema é essencial para o manejo sustentável das pragas na agricultura, principalmente na sua forma orgânica (ZEHNDER et al., 2007).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi investigar a atratividade de óleos voláteis de *T. erecta* provenientes das folhas e flores em diferentes estágios de desenvolvimento a inimigos naturais de pragas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os óleos voláteis de *T. erecta* foram previamente extraídos e identificados seguindo metodologia relatada no capítulo 3, advindos de material vegetal proveniente de três diferentes épocas de desenvolvimento da planta e em diferentes estruturas, folhas e flores, compondo os seguintes tratamentos:

Folhas 60 - colhidas 60 dias após a germinação.

Folhas 90 - colhidas 90 dias após a germinação.

Folhas 120 - colhidas 120 dias após a germinação.

Flores 60 - colhidas 60 dias após a germinação.

Flores 90 - colhidas 90 dias após a germinação.

Flores 120 - colhidas 120 dias após a germinação.

2.1 Montagem do olfatômetro

Os testes de atratividade dos óleos voláteis de *T. erecta* a diferentes inimigos naturais foram realizados na *Lancaster University*, Reino Unido, utilizado-se um olfatômetro de tubo de vidro em “Y” confeccionado pela empresa *Soham Scientific* (Reino Unido) (Figura 1).

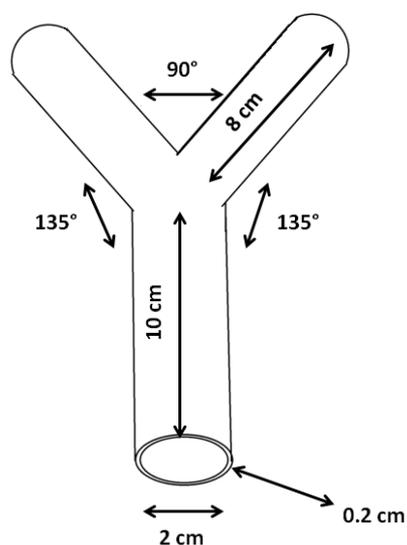


Figura 1 Tubo de vidro em “Y” utilizado nos testes de atratividade. *Lancaster*, Reino Unido. 2013

Esse tubo foi conectado a um compressor que forneceu ar constantemente ao sistema, o qual era forçado a passar por um filtro de carvão ativado, um filtro com água e um medidor de fluxo para garantir que exatamente 400 mL/min de ar filtrado e umidificado fossem entregues em cada braço do olfatômetro. Todas as conexões foram feitas utilizando tubos de Teflon (PTFE). Para o teste dos tratamentos foram instaladas, anteriormente aos braços do tubo em “Y”, câmaras acrílicas cilíndricas de 2 cm de diâmetro e 5 cm de comprimento, as quais eram de fácil remoção, visando à fácil troca entre os tratamentos (Figura 2).

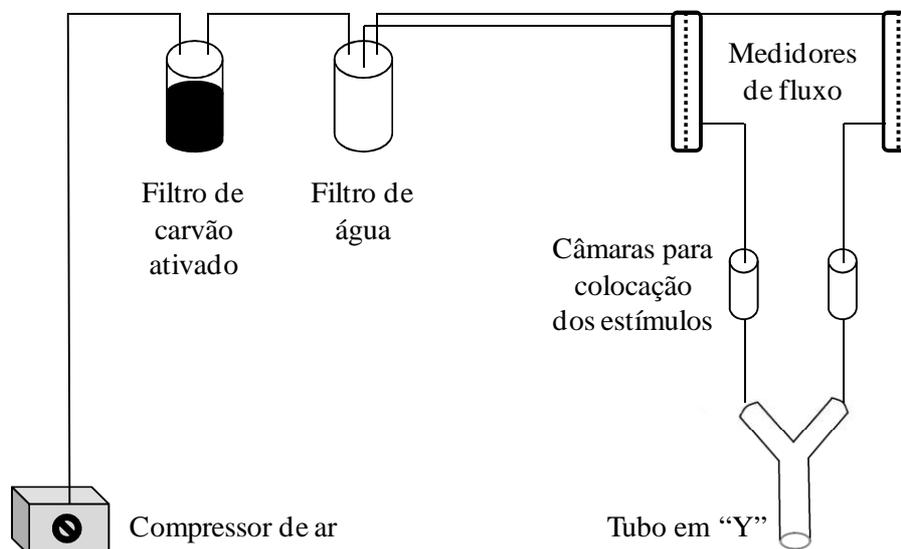


Figura 2 Desenho esquemático do sistema do olfatômetro de tubo em “Y” utilizado nos experimentos. Lancaster, Reino Unido. 2013

O sistema foi instalado em uma sala de paredes brancas, sem janelas, sob iluminação artificial, com temperatura controlada mantida a 20°C.

2.2 Obtenção dos inimigos naturais

Os inimigos naturais utilizados e suas respectivas fontes foram:

Aphidius colemani Viereck, 1912 (Hymenoptera: Braconidae) – foram utilizadas fêmeas adquiridas da empresa Syngenta, Reino Unido (produto comercial *Aphiline C*®).

Aphelinus abdominalis (Dalman, 1820) (Hymenoptera: Aphelinidae) – foram utilizadas fêmeas adquiridas da empresa Koppert, Holanda (produto comercial *Aphilin*®).

Encarsia formosa Gahan, 1924 (Hymenoptera: Aphelinidae) – foram utilizadas fêmeas adquiridas da empresa Koppert, Holanda (produto comercial *En-Strip*®).

Chrysoperla carnea Stephens, 1836 (Neuroptera: Chrysopidae) – foram utilizadas larvas de segundo ínstar adquiridas da empresa Syngenta, Reino Unido (produto comercial *Chrysoline C*®).

Orius laevigatus (Fieber, 1860) (Hemiptera: Anthocoridae) – foram utilizados adultos adquiridos da empresa Syngenta, Reino Unido (produto comercial *Oriline L*®).

Adalia bipunctata (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Coccinellidae) – foram utilizadas larvas de segundo ínstar adquiridas da empresa Syngenta, Reino Unido (produto comercial *Adalline*®).

2.3 Bioensaio

Os óleos voláteis de *T. erecta* foram diluídos em óleo mineral em diferentes concentrações e pré-testados. A solução contendo 1% de óleos voláteis foi escolhida para configurar os tratamentos. Para o controle foi utilizado apenas o óleo mineral puro. No momento do bioensaio tanto o controle quanto os tratamentos foram aplicados na proporção de 1 µL em papel filtro com 1 cm², sendo imediatamente alocados nas câmaras de estímulos.

Os inimigos naturais selecionados foram introduzidos individualmente na base do tubo em “Y”. Foi caracterizada como escolha a passagem do inseto por uma linha imaginária localizada na parte mediana de cada um dos braços do tubo e sua permanência além dessa linha por mais de 30 segundos. Foram avaliados 50 insetos por tratamento, sendo que cada indivíduo foi testado apenas uma vez. O tempo máximo de observação foi de cinco minutos, sendo o resultado descartado após esse período.

A cada cinco indivíduos testados o tubo, conexões e câmaras para estímulos, foram lavados em água a 50°C utilizando sabão neutro e etanol.

No momento da retomada do bioensaio o sistema era então rotacionado horizontalmente em 180°, sendo preparado com novas fontes de estímulo. Os tratamentos a serem utilizados foram sorteados a cada lavagem do sistema para assegurar a aleatoriedade dos testes.

2.4 Análises estatísticas

A frequência relativa das respostas binomiais foi analisada por meio do teste Qui-quadrado com auxílio do *software* R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Resposta olfativa de *A. colemani*

O parasitoide de afídeos *A. colemani* foi atraído pelos óleos voláteis das flores de *T. erecta* advindos dos três estágios de desenvolvimento (Figura 3). A maior porcentagem de escolha foi obtida com flores de 90 dias, com 88% de preferência, seguida por flores de 120 e 60, com 78% e 66%, respectivamente.

Por outro lado, óleos voláteis extraídos das folhas não foram atrativos a esses indivíduos em nenhuma das idades.

A resposta olfativa de parasitoides de afídeos da família Braconidae a compostos voláteis como relatado no presente trabalho tem sido amplamente relatada na literatura (CARVER; FRANZMANN, 2001; GUERRIERI et al., 2002; JANG et al., 2000). Essa capacidade olfativa é usualmente utilizada por *A. colemani* que apresenta maior taxa de voos orientados por sinais químicos do que outros braconídeos (LO PINTO et al., 2004).

Dentro do mesmo gênero, indivíduos de *Aphidius ervi* Haliday (Hymenoptera: Braconidae) respondem olfativamente aos compostos linalool, (E)- β -ocimene e (E)- β -farnecene (DU et al., 1998), os quais foram identificados nos óleos voláteis de *T. erecta*, tanto em flores quanto em folhas (Tabela 2, Capítulo 3).

A diferença na composição dos óleos voláteis de folhas e flores de *T. erecta* (Tabela 2, Capítulo 3), possivelmente foi responsável pela escolha ou não dos estímulos. Segundo Vet et al. (1998) diferenças qualitativas na composição de uma fonte de estímulo são mais importantes para o reconhecimento e resposta de parasitoides do que diferenças quantitativas.

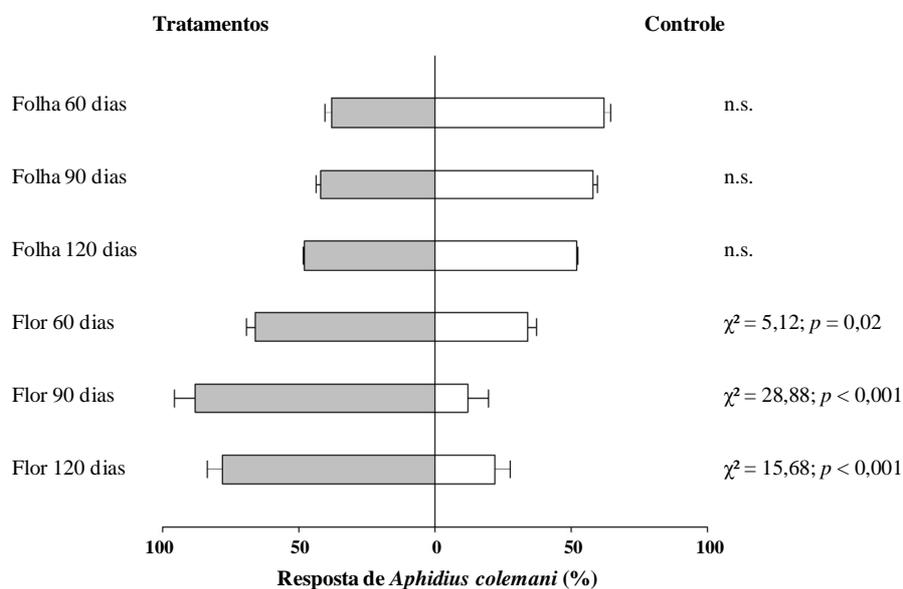


Figura 3 Respostas olfativas de *A. colemani* aos óleos voláteis de *T. erecta* extraídos de diferentes estruturas e fases de desenvolvimento da planta. Lancaster, Reino Unido. 2013

Sendo assim, o fato de tanto folhas quanto flores possuírem compostos exclusivo (6 e 2, respectivamente) possivelmente interferiu na percepção dos indivíduos de *A. colemani* no momento da tomada da decisão.

3.2 Resposta olfativa de *A. abdominalis*

Da mesma forma que *A. colemani*, o parasitoide de afídeos *A. abdominalis* apresentou preferência pelos óleos voláteis extraídos das flores de *T. erecta*, independentemente de seu estágio de desenvolvimento (Figura 4). Os compostos oriundos das folhas não apresentaram atratividade significativa a esses indivíduos.

Os voláteis extraídos de flores de plantas com 120 dias de idade apresentaram a maior preferência perfazendo 84% das escolhas, seguido das flores de 90 e das flores de 60 dias, com 80% e 70% escolhas, respectivamente.

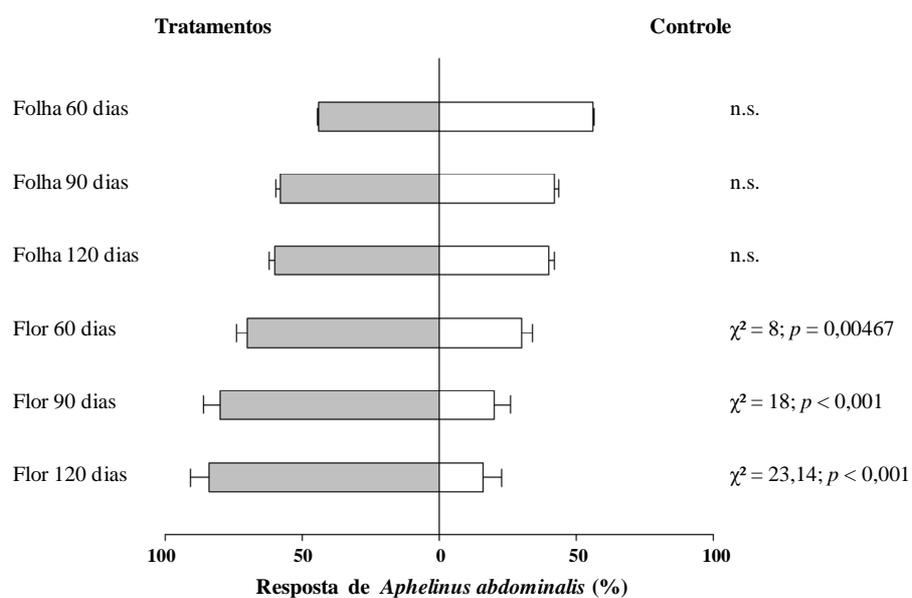


Figura 4 Respostas olfativas de *A.abdominalis* aos óleos voláteis de *T. erecta* extraídos de diferentes estruturas e fases de desenvolvimento da planta. Lancaster, Reino Unido. 2013

Em estudos prévios utilizando olfatômetro em “Y”, Mölck, Pinn e Wyss (2000) relataram que fêmeas de *A. abdominalis* respondem olfativamente a compostos voláteis emitidos por vegetais ou pelo complexo planta-hospedeiro, mas não pelo hospedeiro apenas.

Fêmeas dessa espécie apresentam também capacidade de aprendizagem olfativa, sendo capazes de reconhecer e preferir os voláteis do complexo planta-hospedeiro onde fizeram sua primeira oviposição (MÖLCK; WYSS, 2003). Esse fato está possivelmente ligado ao estímulo de recompensa, não sendo necessariamente uma premissa para o processo de escolha (GODFRAY, 1994).

Esse fato foi comprovado no presente estudo, onde as fêmeas responderam aos compostos voláteis de *T. erecta* mesmo sem aprendizagem. Isso corrobora a teoria de que a capacidade olfativa é primeiramente associada ao material genético do inseto, podendo ser influenciada pelo ambiente (WANG; GU; DORN, 2003).

3.3 Resposta olfativa de *E. formosa*

As fêmeas de *E. formosa* apresentaram preferência pelos óleos voláteis extraídos das flores de *T. erecta* extraídos aos 90 e 120 dias (Figura 5). Os compostos oriundos das folhas e das flores de 60 dias não apresentaram atratividade significativa a esses indivíduos.

Os voláteis extraídos de flores de 90 dias de idade apresentaram a maior preferência perfazendo 74% das escolhas, seguido das flores de 120 com 66%.

A comprovação da capacidade de orientação olfativa de fêmeas de *E. formosa* corrobora com Birkett et al. (2003) os quais relataram respostas positivas desses indivíduos aos compostos sintéticos (Z)-3-hexen-1-ol, 4,8-dimethyl-1,3,7-nonatriene e 3-octanone em túnel de vento.

Esses resultados contrariam experimentos anteriores, os quais afirmavam que a busca, voo e forrageio desse parasitoide ocorre de maneira totalmente aleatória, não sendo este capaz de reconhecer a estrutura vegetal na qual efetua seu pouso (LENTEREN; ROERMUND; SÜTTERLIN, 1996; ROERMUND; LENTEREN, 1995; SÜTTERLIN; LENTEREN, 2000).

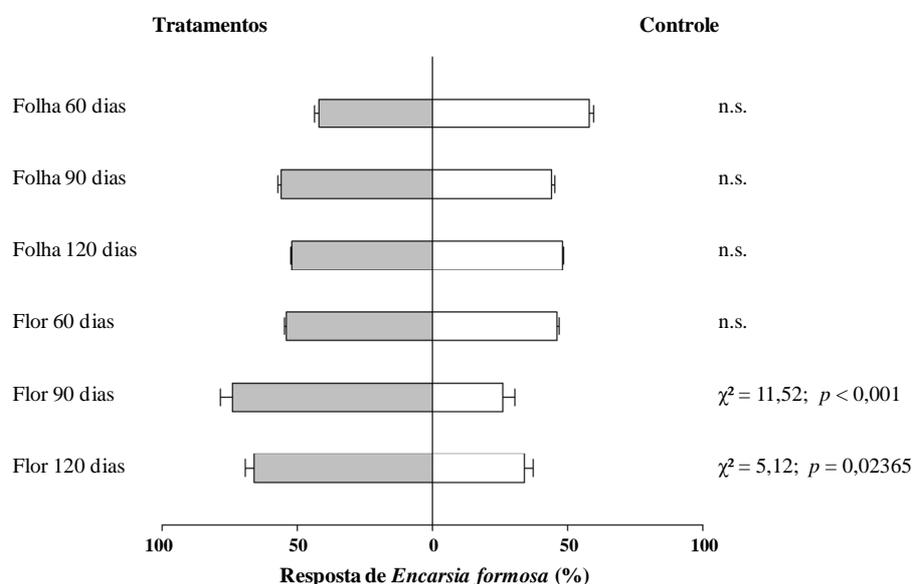


Figura 5 Respostas olfativas de *E. formosa* aos óleos voláteis de *T. erecta* extraídos de diferentes estruturas e fases de desenvolvimento da planta. Lancaster, Reino Unido. 2013

As diferentes composições dos óleos voláteis de *T. erecta* possivelmente foram responsáveis pela resposta positiva de *E. formosa* a apenas dois tratamentos. A atratividade das flores de 90 e 120 dias a esses parasitoides coincidiu com as maiores porcentagens de eugenol nesses tratamentos. Himenópteros da tribo Euglossini (Apidae) são efetivamente atraídos por este fenilpropeno (FERREIRA et al., 2011). Apesar das respostas positivas detectadas no presente trabalho, os semioquímicos que direcionam a tomada de decisão desse parasitoide ainda são pouco estudados, dificultando a análise aprofundada dessas interações (BIRKETT et al., 2003).

3.4 Resposta olfativa de *O. laevigatus*

O predador *O. laevigatus* respondeu positivamente aos óleos voláteis das flores de *T. erecta* advindos das três diferentes épocas de desenvolvimento (Figura 6). A maior porcentagem de escolha foi obtida no tratamento com flores de 120 dias, com 82% de preferência, seguida por flores de 90 e 60, com 80% e 64%, respectivamente. Os óleos voláteis extraídos das folhas não foram atrativos a esses indivíduos em nenhuma das idades.

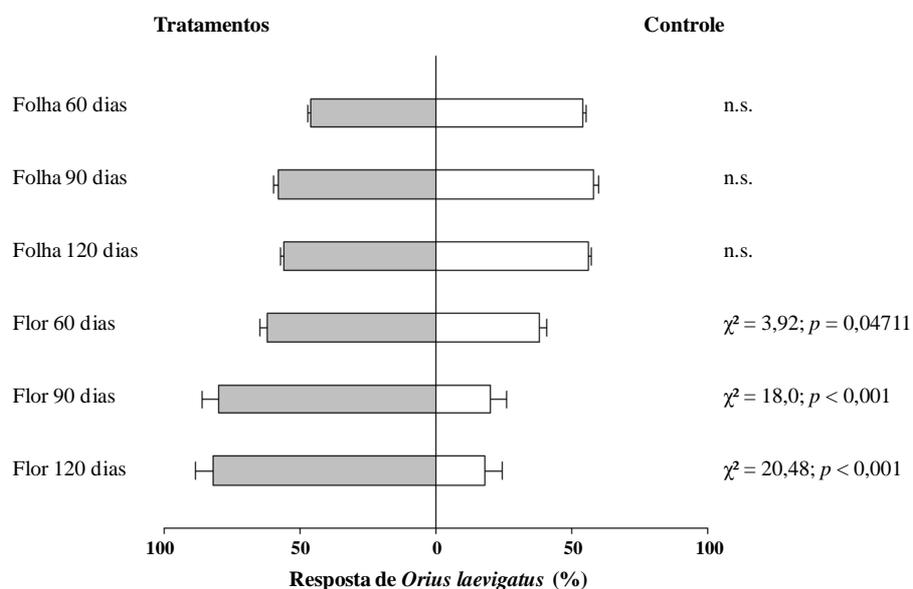


Figura 6 Respostas olfativas de *O. laevigatus* aos óleos voláteis de *T. erecta* extraídos de diferentes estruturas e fases de desenvolvimento da planta. Lancaster, Reino Unido. 2013

A capacidade olfativa de *O. laevigatus* como relatada no presente trabalho também é descrita por Venzon, Janssen e Sabelis (1999) que relatam significativa preferência desse inimigo natural por plantas infestadas por *F. occidentalis* quando comparado a plantas sem tripes.

A resposta positiva de *O. laevigatus* aos óleos voláteis das flores de cravo amarelo demonstram que essa espécie possivelmente é capaz de reconhecer e direcionar seu forrageamento, baseando-se exclusivamente na espécie vegetal. Em experimentos de laboratório, utilizando olfatômetro em “Y”, Mochizuki e Yano (2006) relataram que *Orius sauteri* (Poppius, 1909) (Hemiptera: Anthocoridae) respondem a estímulos olfativos de plantas intactas e sem infestação de tripes, demonstrando grande capacidade de escolha e interpretação de sinais químicos vegetais.

Segundo Bennison et al. (2002) indivíduos de *O. laevigatus* foram significativamente atraídos pelo sesquiterpeno (E)- β -Farnecene ((E)-7,11-dimethyl-3-methylene-1,6,10-dodecatriene) em testes com olfatômetro. Esse composto está presente na composição de todos os tratamentos de óleos voláteis de *T. erecta* testados no presente estudo. Entretanto, esse composto ocorreu em maior quantidade nas flores, o que possivelmente explica a resposta positiva desses indivíduos.

Essa atratividade a (E)- β -Farnecene corrobora a teoria de que a capacidade olfativa é intrínseca ao material genético do inseto, uma vez que esse composto é atrativo a *F. occidentalis*, uma de suas principais presas (BENNISON et al., 2002; WANG; GU; DORN, 2003).

3.5 Resposta olfativa de *A. bipunctata*

As larvas da joaninha *A. bipunctata* responderam positivamente aos óleos voláteis das flores de *T. erecta* advindos das três diferentes épocas de desenvolvimento e às folhas de 120 dias de idade (Figura 7). A maior porcentagem de escolha foi obtida no tratamento com flores de 90 dias, com 80% de preferência, seguida por flores de 120, 60 e folhas de 120 dias, com

74%, 68% e 64% respectivamente. Os óleos voláteis extraídos das folhas de 60 e 90 dias não foram atrativos a esses indivíduos.

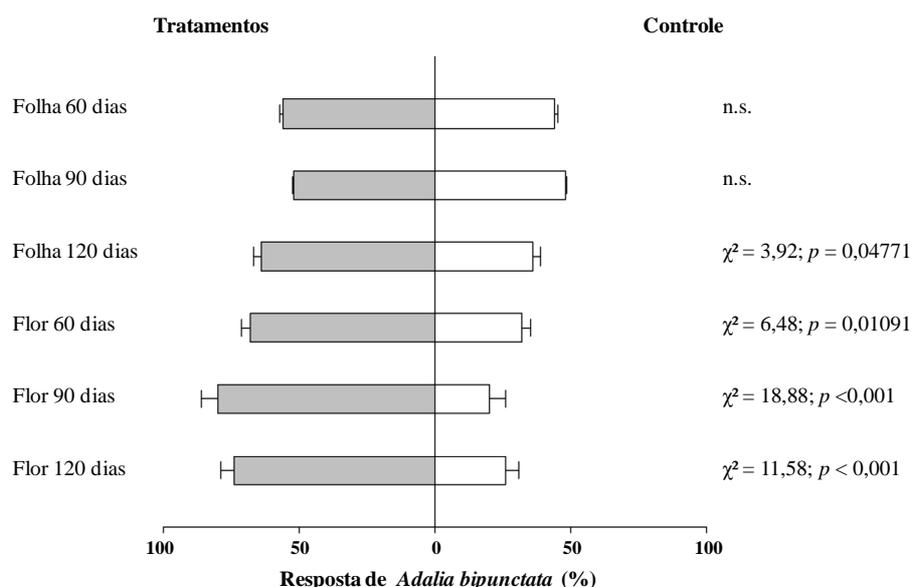


Figura 7 Respostas olfativas de *A. bipunctata* aos óleos voláteis de *T. erecta* extraídos de diferentes estruturas e fases de desenvolvimento da planta. Lancaster, Reino Unido. 2013

Assim como o antocorídeo *O. laevigatus*, as larvas de *A. bipunctata* possivelmente foram atraídas pela presença do composto (E)- β -Farnecene, uma vez que responderam positivamente aos tratamentos onde o mesmo se encontrava em maior quantidade (Tabela 2, Capítulo 3). Esse mesmo composto é utilizado por afídeos como feromônio de alarme contra predadores (BOWERS et al., 1972). A percepção deste estímulo acarreta em *A. bipunctata* um maior caminhamento e tempo de busca de larvas de 1º instar (HEMPTINNE et al., 2000), atração de larvas de 2º instar e de adultos (FRANCIS; LOGNAY; HAUBRUGE, 2004).

Essa capacidade de identificar e se orientar pelo composto (E)- β -Farnecene é também documentada para outras espécies de coccinelídeos como *Hippodamia convergens* Guérin-Meneville e *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae) e em predadores de outras ordens, como o sírfideo *Episyrphus balteatus* DeGeer (Diptera: Syrphidae) (ACAR et al., 2001; AL ABASSI et al., 2000; FRANCIS et al., 2005).

Provavelmente a resposta desses coccinelídeos aos óleos voláteis de *T. erecta* não esteja ligada apenas à presença de um composto, mas a um conjunto deles, necessitando de estudos mais aprofundados.

3.6 Resposta olfativa de *C. carnea*

As larvas de segundo instar do predador *C. carnea* não responderam significativamente a nenhum dos tratamentos (Figura 8). Essa resposta nula corrobora com Reddy, Holopainen e Guerrero (2001) os quais relataram que *C. carnea* foi o único inimigo natural a não responder ao estímulo de quatro diferentes voláteis associados à *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Yponomeutidae). Por outro lado, fêmeas adultas desse inimigo natural parecem preferir plantas infestadas no momento da oviposição (REDDY; TABONE; SMITH, 2004).

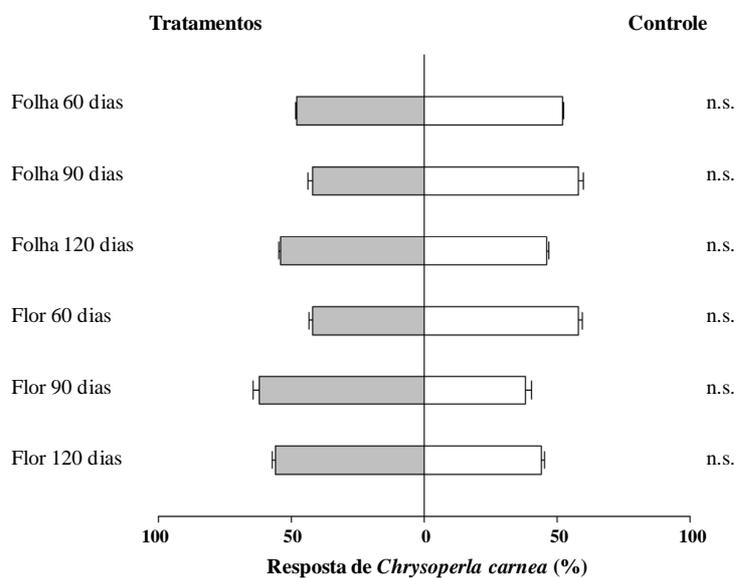


Figura 8 Respostas olfativas de *C. carnea* aos óleos voláteis de *T. erecta* extraídos de diferentes estruturas e fases de desenvolvimento da planta. Lancaster, Reino Unido. 2013

A ausência de resposta olfativa desses indivíduos também é relatada para outras espécies como *Chrysopa cognata* (McLachlan, 1867) (Neuroptera: Chrysopidae) o qual não responde a estímulos advindos do feromônio de alarme de afídeos, sua principal presa (BOO et al., 1998).

4 CONCLUSÕES

Os parasitoides *A. colemani*, *A. abdominalis* e *E. formosa* e os predadores *A. bipunctata* e *O. laevigatus* responderam positivamente aos óleos voláteis extraídos das flores de *T. erecta*. O que explica parcialmente a atratividade dessa planta durante seu florescimento em experimentos de campo. Esse conhecimento pode ser usado para manipular o comportamento de inimigos naturais, manipulando sua distribuição e abundância na paisagem agrícola, o que, conseqüentemente, potencializa o controle biológico de pragas.

REFERÊNCIAS

- ACAR, E. B. et al. Olfactory behavior of convergent lady beetles (Coleoptera: Coccinellidae) to alarm pheromone of green peach aphid (Hemiptera: Aphididae). **The Canadian Entomologist**, Ottawa, v. 133, n. 3, p. 389-397, June 2001.
- AL ABASSI, S. et al. Response of the seven-spot ladybird to an aphid alarm pheromone and an alarm pheromone inhibitor is mediated by paired olfactory cells. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 26, n. 7, p. 1765-1771, July 2000.
- BENNISON, J. et al. Towards the development of a push-pull strategy for improving biological control of western flower thrips on chrysanthemum. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THYSANOPTERA, 7., 2002, Reggio. **Proceedings...** Reggio: IST, 2002. p. 2-7.
- BIRKETT, M. A. et al. Volatiles from whitefly-infested plants elicit a host-locating response in the parasitoid, *Encarsia formosa*. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 29, n. 7, p. 1589-1600, July 2003.
- BOO, K. S. et al. Response of the lacewing *Chrysopa cognata* to pheromones of its aphid prey. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 24, n. 4, p. 631-643, Apr. 1998.
- BOWERS, W. S. et al. Aphid alarm pheromone: isolation, identification, synthesis. **Science**, New York, v. 177, p. 1121-1122, Sept. 1972.
- CARVER, M.; FRANZMANN, B. *Lysiphlebus* Förster (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) in Australia. **Australian Journal of Entomology**, Melbourne, v. 40, n. 2, p. 198-201, Apr. 2001.
- DU, Y. et al. Identification of semiochemicals released during aphid feeding that attract parasitoid *Aphidius ervi*. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 24, n. 8, p. 1355-1368, Aug. 1998.

FERREIRA, M. G. et al. Fauna and stratification of male orchid bees (Hymenoptera: Apidae) and their preference for odor baits in a forest fragment. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 40, n. 6, p. 639-646, Nov./Dec. 2011.

FRANCIS, F. et al. Role of (E)-beta-farnesene in systematic aphid prey location by *Episyrphus balteatus* larvae (Diptera: Syrphidae). **European Journal of Entomology**, Branisovska, v. 102, n. 3, p. 431-432, 2005.

FRANCIS, F.; LOGNAY, G.; HAUBRUGE, E. Olfactory responses to aphid and host plant volatile releases: (E)- β -farnesene an effective kairomone for the predator *Adalia bipunctata*. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 30, n. 4, p. 741-755, May 2004.

GODFRAY, H. C. J. **Parasitoids: behavioral and evolutionary ecology**. Princeton: Princeton University, 1994. 520 p.

GUERRIERI, E. et al. Plant-to-plant communication mediating in-flight orientation of *Aphidius ervi*. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 28, n. 9, p. 1703-1715, Sept. 2002.

HARE, J. D. Ecological role of volatiles produced by plants in response to damage by herbivorous insects. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 56, p. 161-180, Jan. 2011.

HARO, M. M. **Controle biológico conservativo de pragas em cultivo protegido de tomate orgânico**. 2011. 88 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

HEMPTINNE, J. L. et al. Social feeding in ladybird beetles: adaptive significance and mechanism. **Chemoecology**, Basel, v. 10, n. 3, p. 149-152, Aug. 2000.

JANG, E. B. et al. Flight tunnel responses of *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) to olfactory and visual stimuli. **Journal of Insect Behavior**, New York, v. 13, n. 4, p. 525-538, July 2000.

KAPLAN, I. Attracting carnivorous arthropods with plant volatiles: the future of biocontrol or playing with fire? **Biological Control**, Orlando, v. 60, n. 2, p. 77-89, Feb. 2012.

KEAN, J. et al. The population consequences of natural enemy enhancement, and implications for conservation biological control. **Ecology Letters**, Oxford, v. 6, n. 7, p. 604-612, July 2003.

LANDIS, D. A.; MARINO, P. C. Landscape structure and extra-field processes: impact on management of pests and beneficials. In: _____. **Handbook of pest management**. New York: CRC, 1999. p. 79-104.

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. 45, n. 1, p. 175-201, Jan. 2000.

LENTEREN, J. C. van; ROERMUND, H. J. W. van; SÜTTERLIN, S. Biological control of greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) with the parasitoid *Encarsia formosa*: how does it work? **Biological Control**, Orlando, v. 6, n. 1, p. 1-10, Feb. 1996.

LETOURNEAU, D. K. Conservation biology: lessons for conserving natural enemies. In: _____. **Conservation biological control**. San Diego: Academic, 1998. p. 9-38.

LO PINTO, M. et al. Olfactory response of two aphid parasitoids, *Lysiphlebus testaceipes* and *Aphidius colemani*, to aphid infested plants from a distance. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 110, n. 2, p. 159-164, Jan. 2004.

MOCHIZUKI, M.; YANO, E. Olfactory response of the anthocorid predatory bug *Orius sauteri* to thrips-infested eggplants. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 123, n. 1, p. 57-62, Feb. 2007.

MÖLCK, G.; PINN, H.; WYSS, U. Manipulation of plant odour preference by learning in the aphid parasitoid *Aphelinus abdominalis* (Hymenoptera: Aphelinidae). **European Journal of Entomology**, Branisovska, v. 97, n. 4, p. 533-538, Sept. 2000.

MÖLCK, G.; WYSS, U. Effect of aphid-infested plants on the host location and learning behaviour of the parasitoid *Aphelinus abdominalis*. **Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences**, Berlin, v. 68, n. 4, p. 167-170, Sept. 2003.

MUMM, R.; DICKE, M. Variation in natural plant products and the attraction of bodyguards involved in indirect plant defense. **Canadian Journal of Zoology**, Ottawa, v. 88, n. 7, p. 628-667, July 2010.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna, 2011. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 23 dez. 2011.

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, Jan. 2002.

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, n. 2, p. 270-277, Feb. 2004.

ROERMUND, H. J. W. van; LENTEREN, J. C. van. Foraging behaviour of the whitefly parasitoid *Encarsia formosa* on tomato leaflets. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 76, n. 3, p. 313-324, Sept. 1995.

SILVEIRA, L. C. P. et al. Marigold (*Tagetes erecta* L.) as an attractive crop to natural enemies in onion fields. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 66, n. 6, p. 780-787, dez. 2009.

SÜTTERLIN, S.; LENTEREN, J. C. van. Pre-and post landing response of the parasitoid *Encarsia formosa* to whitefly hosts on *Gerbera jamesonii*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 96, n. 3, p. 299-307, Sept. 2000.

TURLINGS, T. C. J.; WÄCKERS, F. Recruitment of predators and parasitoids by herbivore-injured plants. In: CARDÉ, R. T.; MILLAR, J. G. (Ed.). **Advances in insect chemical ecology**. Cambridge: Cambridge University, 2004. p. 21-75.

VENZON, M.; JANSSEN, A.; SABELIS, M. W. Attraction of a generalist predator towards herbivore infested plants. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 93, n. 3, p. 303-312, Dec. 1999.

VET, L. E. M. et al. The effect of complete versus incomplete information on odour discrimination in a parasitic wasp. **Animal Behaviour**, Amsterdam, v. 55, n. 5, p. 1271-1279, May 1998.

WANG, Q.; GU, H.; DORN, S. Selection on olfactory response to semiochemicals from a plant-host complex in a parasitic wasp. **Heredity**, Cary, v. 91, n. 4, p. 430-435, Oct. 2003.

ZEHNDER, G. et al. Arthropod pest management in organic crops. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 52, p. 57-80, Jan. 2007.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O manejo do agroecossistema é essencial para o controle biológico conservativo, uma vez que a paisagem agrícola é naturalmente desprovida de recursos e condições para o estabelecimento e permanência de inimigos naturais. A diversificação desse ambiente tem se mostrado uma importante ferramenta para que as exigências biológicas mínimas dos insetos entomófagos sejam atendidas.

Como visto no presente estudo, a introdução de recursos florais como *T. erecta* altera significativamente a atração e a permanência dos inimigos naturais em campos produtivos, fato que, conseqüentemente, impacta na composição e complexidade da rede trófica desse ecossistema, potencializando os serviços oferecidos pelo mesmo.

Além de atrair diferentes populações de insetos devido à provisão de alimentos alternativos, os recursos florais podem também manipular o ambiente através da liberação de semioquímicos, os quais favorecem a entrada de diversas espécies de parasitoides e predadores no sistema agrícola.

Porém, os mecanismos envolvidos nessas relações ecológicas ainda são pouco elucidados, necessitando de estudos mais aprofundados, os quais devem quantificar a influência de cada fator e/ou a complementaridade entre eles, nos processos de formação da rede trófica em ambientes agrícolas, principalmente os orgânicos.

Esforços de pesquisa devem ser direcionados para se obter as informações necessárias sobre o funcionamento das relações tritróficas existentes em agroecossistemas. Isso possibilitará melhorias no planejamento, construção e manutenção de ambientes agrícolas e o melhor entendimento de suas relações.