

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

EFEITO DA BORDADURA NA OCORRÊNCIA DE PULGÕES (HEMIPTERA:
APHIDIDAE) E NO RECRUTAMENTO DE INIMIGOS NATURAIS EM CULTIVO
ORGÂNICO DE TABACO (*Nicotiana tabacum* L.)

Joana Tartari Klein
Bióloga/UNISC
Me. em Biologia Animal/UFRGS

Tese apresentada como um dos requisitos
à obtenção do Grau de Doutor em Fitotecnia
Área de concentração Fitotecnia / Ênfase Entomologia

Porto Alegre (RS), Brasil
Janeiro de 2016

CIP - Catalogação na Publicação

Klein, Joana Tartari

Efeito da bordadura na ocorrência de pulgões (Hemiptera: Aphididae) e no recrutamento de inimigos naturais em cultivo orgânico de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) / Joana Tartari Klein. -- 2016.
83 f.

Orientadora: Luiza Rodrigues Redaelli.
Coorientadora: Andreas Kohler.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2016.

1. controle biológico conservativo. 2. manipulação de habitat. 3. *Myzus persicae*. I. Redaelli, Luiza Rodrigues, orient. II. Kohler, Andreas, coorient. III. Título.

JOANA TARTARI KLEIN
Bióloga - UNISC
Mestre em Biologia Animal - UFRGS

TESE

Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

DOUTOR EM FITOTECNIA

Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 28.01.2016
Pela Banca Examinadora

Homologado em: 12.07.2016
Por

LUIZA RODRIGUES REDAELLI
Orientadora - PPG Fitotecnia

SIMONE MUNDSTOCK JAHNKE
Coordenadora do Programa de
Pós-Graduação em Fitotecnia

ANDREAS KOHLER
Coorientador - UNISC

JOSUÉ SANT'ANA
PPG Fitotecnia/UFRGS

ROSANA MATOS DE MORAIS
FEPAGRO - Santa Maria/RS

MARCUS VINICIUS SAMPAIO
Universidade Federal de
Uberlândia

PEDRO ALBERTO SELBACH
Diretor da Faculdade
de Agronomia

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Darci e Jocely Klein pelo apoio, amor e carinho incondicionais. À minha irmã Virgínia pela cumplicidade. A vocês três, por acreditarem no meu potencial e incentivarem meus estudos, torcerem por mim e vibrarem por mais esta etapa concluída.

À minha orientadora, Dra. Luiza Rodrigues Redaelli por confiar na minha capacidade e aceitar me orientar também no doutorado. Pela dedicação, incentivo e passagem de conhecimento durante esses seis anos de convivência.

Ao meu coorientador Dr. Andreas Kohler pela orientação e por me apresentar ao mundo dos insetos.

À Dra. Simone Mundstock Jahnke pelos ensinamentos, críticas, paciência e atenção dedicada ao nosso trabalho.

À Dra. Hannah Burrack por me receber em seu laboratório e pela orientação durante os nove meses de doutorado sanduíche na North Carolina State University (NCSU).

Aos especialistas Dr^a. Mirian Nunes Morales (UFLA), Dr. Marcus Vinicius Sampaio (UFU), Dr. Matthew Bertone (NCSU), Biól. Cleder Pezzini (UFRGS) e Dr. Carlos Roberto Sousa e Silva (UFSCAR) pela determinação das espécies de Syrphidae, *Aphidius platensis*, *Aphidius colemani*, demais parasitoides (Hymenoptera) e *Myzus persicae*, respectivamente.

À Japan Tobacco International (JTI), na pessoa do senhor Mauro Greco, por disponibilizar área experimental de tabaco orgânico para o desenvolvimento deste estudo e por intermediar o meu primeiro contato com a NCSU.

Ao Dr. Josué Sant'Ana pelo convívio, bom humor, sinceridade e ensinamento.

Ao senhor Franque Specht pelo fornecimento dos dados meteorológicos referentes aos dois primeiros anos do estudo.

Aos colegas da NCSU Aurora Toennisson e Stephen Lambert pelo auxílio nas saídas de campo, tabulação dos dados, troca de conhecimentos e estudos com tabaco.

Aos amigos que fiz na minha trajetória no Laboratório de Biologia Ecologia e Controle Biológico de Insetos pelo convívio diário, risadas e parceria de RU, principalmente à Gisele Silva pela amizade, força e parceria para tudo; à Rita Machado pelo carinho e auxílio nos processos seletivos do MCCD e PDSE; e à Gabriela Chesim pela companhia sempre divertida durante as longas horas de triagem.

Ao pessoal do NCSU Specialty Crop IPM Laboratory pelo carinho e simpatia com que me receberam em Raleigh.

Ao Dr. Stephen Wratten por abrir as portas do Bio-Protection Research Centre durante minha visita através do programa de missão científica de curta duração.

Ao Programa de Pós Graduação em Fitotecnia pela indicação e auxílio concedido para participar do Programa de Missão Científica de Curta Duração (MCCD).

Ao Conselho de Aprimoramento Profissional em Ensino Superior (CAPES) pela bolsa de doutorado sanduiche no exterior (PDSE).

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de estudos.

Aos motoristas da garagem da UFRGS por me acompanharem nas atividades de campo com boa vontade e simpatia.

Ao Douglas Pedrini pelo apoio, força, carinho e companheirismo. Obrigada por tentar entender a minha loucura. És muito especial!

A todos que de alguma forma contribuíram para com a realização deste trabalho, muito obrigada!

EFEITO DA BORDADURA NA OCORRÊNCIA DE PULGÕES (HEMIPTERA: APHIDIDAE) E NO RECRUTAMENTO DE INIMIGOS NATURAIS EM CULTIVO ORGÂNICO DE TABACO (*Nicotiana tabacum* L.)¹

Autora: Joana Tartari Klein
Orientadora: Luiza Rodrigues Redaelli
Coorientador: Andreas Kohler

RESUMO

Os pulgões são uma das principais pragas para a fumicultura mundial, especialmente em sistemas orgânicos de produção uma vez que as tecnologias disponíveis e os inseticidas registrados para controle são escassos. Nesse sentido, os objetivos deste trabalho foram: comparar o efeito das flores na ocorrência de pulgões em áreas com e sem faixas de flores em cultivo orgânico de tabaco; registrar predadores e parasitoides na lavoura; inventariar os sirfídeos que utilizam as flores como recurso alimentar. O estudo foi realizado em três safras, as duas primeiras (2012/2013 e 2013/2014) em lavoura experimental de tabaco orgânico em Santa Cruz do Sul, RS, Brasil, e a safra 2015, em quatro propriedades localizadas em diferentes municípios na Carolina do Norte, EUA. Na primeira safra as faixas de flores consistiram em uma mistura de três espécies vegetais: *Fagopyrum esculentum* Moench (Polygonaceae), *Raphanus sativus* L. e *Brassica napus* L. (Brassicaceae) semeadas concomitantemente ao transplante das mudas para o campo; a área controle foi mantida sem vegetação na bordadura. Em intervalos semanais, ao longo do ciclo da cultura, pulgões, e inimigos naturais foram quantificados. Sirfídeos pousados sobre as flores da bordadura foram amostrados. Na segunda safra, as faixas de flores foram semeadas em duas ocasiões e as áreas amostrais distavam 225 m entre si. Na safra de 2015, foram avaliadas três áreas amostrais em cada propriedade, distantes pelo menos 300 m entre si, com os seguintes tratamentos na bordadura: *F. esculentum*, *Helianthus annuus* L. (Asteraceae) e área com vegetação espontânea. Semanalmente foram realizadas, em cada tratamento, amostragem visual e através da utilização de cartões adesivos amarelos. Na safra 2012/2013, quatro espécies de Syrphidae afidófagas foram registradas nas faixas de flores sendo as mais abundantes, *Allograpta exotica* (Wiedemann) e *Allograpta hastata* Fluke, também presentes na lavoura predando pulgões. A quantidade de pulgões e sirfídeos entre áreas com bordadura e sem não diferiu. Na safra 2013/2014, a abundância de pulgões foi significativamente menor na área com flores. Na safra 2015, a abundância de insetos benéficos foi maior próxima às faixas de flores. As flores constituem uma ferramenta promissora para atração de inimigos naturais de pulgões em tabaco, merecendo ser estudada nos mais diversos campos de conhecimento.

¹Tese de Doutorado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (83f.) Janeiro, 2016

EFFECT OF BORDER ON THE OCCURRENCE OF APHIDS (HEMIPTERA: APHIDIDAE) AND RECRUITMENT OF NATURAL ENEMIES IN ORGANIC TOBACCO GROWING FIELD (*Nicotiana tabacum* L.)¹

Author: Joana Tartari Klein
Adviser: Luiza Rodrigues Redaelli
Co-adviser: Andreas Kohler

ABSTRACT

Aphids are a major pest in tobacco production worldwide, especially in organic systems where the technologies available to control insects and registered insecticides are scarce. In this sense, the objectives of this study were to compare the effect of flower on the occurrence of aphids in area with and without flowers strips in organic tobacco; to register predators and parasitoids in the field; to identify the syrphid flies that use the flowers as a food resource. The experiment was conducted in three seasons, the first two (2012/2013 and 2013/2014) in organic tobacco experimental field in Santa Cruz do Sul, RS, Brazil, and the 2015 field season in four properties located in different counties in North Carolina, USA. In the first field season flowers strips with a mixture of three plant species: *Fagopyrum esculentum* Moench (Polygonaceae), *Raphanus sativus* L. and *Brassica napus* L. (Brassicaceae) were sown the same time as tobacco transplant to the field; the control area was kept without vegetation on the border. Weekly, aphids and natural enemies were quantified. Adult hoverflies perched on the planting flowers were sampled. In the second season, the flower strips were sown in two different occasions and the areas were 225 m apart from each other. In the 2015 field season, three areas were evaluated in each farm, distant at least 300 m from one another, with the following treatments on the border: *F. esculentum*, *Helianthus annuus* L. (Asteraceae) and area with natural field border. In a weekly basis and in each treatment, we performed visually samples and used yellow sticky cards. In the 2012/2013 field season, four species of aphidophagous Syrphidae, were recorded in the flowers strips. *Allograpta exotica* (Wiedemann) and *Allograpta hastata* Fluke, were the most abundant and also registered in the crop preying on aphids. The amount of aphids and syrphid between areas with and without flower plantings did not differ. In the 2013/2014 field season, the abundance of aphids was significantly lower in the area with flowers. In the 2015 field season, the abundance of beneficial insects was higher near the flowers strips. Non-crop flowering plants represent a promising approach to to attract natural enemies of aphids in tobacco and deserve to be studied in all different fields of knowledge.

¹Doctoral thesis in Plant Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (83p.) January, 2016

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Cultura do tabaco	1
1.2 Pragas do tabaco	2
1.3 Inimigos naturais de pulgões	5
1.4 Controle biológico	9
1.4.1 Controle biológico conservativo com faixas de flores.....	10
1.5 Referências bibliográficas.....	14
2 Artigo 1 Manipulação de habitat no controle de <i>Myzus persicae</i> (Hemiptera, Aphididae) em tabaco orgânico no sul do Brasil.....	21
Abstract.....	22
Resumo	23
Introdução	24
Material e Métodos	25
Resultados.....	28
Discussão	30
Agradecimentos	34
Referências.....	35
3 Artigo 2 Aphidophagous hoverflies (Diptera) associated with flower strips in organic tobacco in Southern Brazil	41
Abstract.....	42
Resumo	43
Acknowledgments	48
References.....	48
4 Artigo 3 Effects of flower strips on the biological control of <i>Myzus persicae</i> (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) on organic tobacco (<i>Nicotiana tabacum</i> L.) in North Carolina, USA	50
Abstract.....	51

	Página
Introduction.....	52
Material and methods.....	54
Results.....	56
Discussion.....	62
Acknowledgments	65
References.....	65
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
6 ANEXOS	72

RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
Artigo 1	
2.1. Valores dos coeficientes de correlação de Spearman entre os números médios de <i>Myzus persicae</i> e de sirfídeos afidófagos com os fatores abióticos, nas áreas com faixa de flores (Área 1) e sem (Área 2) em tabaco (<i>Nicotiana tabacum</i>) orgânico. Santa Cruz do Sul, RS, de novembro de 2012 a janeiro de 2013.....	41
2.2. Valores dos coeficientes de correlação de Spearman entre os números médios de <i>Myzus persicae</i> e de sirfídeos afidófagos e os fatores abióticos, nas áreas com faixa de flores (Área 1) e sem (Área 2) em tabaco (<i>Nicotiana tabacum</i>) orgânico. Santa Cruz do Sul, RS, de outubro a dezembro 2013.....	41
Artigo 3	
4.1. Mean number of winged aphid per treatment and distance from the edge of the field, sampled with yellow sticky traps, from May until September 2015 in organic tobacco, North Carolina, USA.....	59
4.2. Mean number of predators per treatment and distance from the edge of the field, sampled with yellow sticky traps, from May until September 2015 in organic tobacco, North Carolina, USA.....	62

RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
Artigo 1	
2.1. Número médio semanal de <i>Myzus persicae</i> (Hemiptera, Aphididae) registrados, nas duas áreas de tabaco (<i>Nicotiana tabacum</i>) orgânico, por ocasião de amostragem nos diferentes estágios de desenvolvimento da cultura (vi, vegetativo inicial; r, reprodutivo; vf, vegetativo final); (A) valores médios acumulados de temperatura, (B) e médias de precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar (C) dos sete dias anteriores a cada ocasião de amostragem. Santa Cruz do Sul, RS, de novembro de 2012 a janeiro de 2013.....	39
2.2. Número médio semanal de <i>Myzus persicae</i> (Hemiptera, Aphididae) registrados, nas duas áreas de tabaco (<i>Nicotiana tabacum</i>) orgânico, por ocasião de amostragem nos diferentes estágios de desenvolvimento da cultura (vi, vegetativo inicial; r, reprodutivo; vf, vegetativo final); (A) valores médios acumulados de temperatura, (B) e médias de precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar (C) dos sete dias anteriores a cada ocasião de amostragem. Santa Cruz do Sul, RS, outubro de 2013 a dezembro de 2013.....	40
Artigo 3	
4.1. Experimental area layout with scouting points (□□□) and yellow sticky card traps location in organic tobacco growing field (★), North Carolina, USA.....	56
4.2. Mean number of winged aphid per treatment across all four farms, sampled with yellow sticky traps, along organic tobacco (<i>Nicotiana tabacum</i>) development (bt, before topping; t, topping; pt, post topping). North Carolina, USA, from May to September 2015.....	58

	Página
4.3. Mean number of parasitoid per treatment across all four farms, sampled with yellow sticky traps, along organic tobacco (<i>Nicotiana tabacum</i>) development (bt, before topping; t, topping; pt, post topping). North Carolina, USA, from May to September 2015.....	60
4.4. Total number of predators per family across all four farms and treatments registered in organic tobacco from May to September 2015, North Carolina, USA.....	61
4.5. Mean number of predators per treatment across all four farms, sampled with yellow sticky traps, along organic tobacco (<i>Nicotiana tabacum</i>) development (bt, before topping; t, topping; pt, post topping). North Carolina, USA, from May to September 2015.....	62

1 INTRODUÇÃO

1.1 Cultura do tabaco

Existem muitas espécies de tabaco, todas nativas das Américas. *Nicotiana tabacum* L. (Solanaceae) é a mais amplamente cultivada, com todas as folhas sendo usadas, principalmente, na produção comercial de cigarros e charutos (Kuepper & Thomas, 2008). O Brasil é o segundo maior produtor mundial de tabaco, exportando na safra 2013/14, 476 mil toneladas em folhas, talos, cigarros, cigarrilhas e charutos, o que representou U\$2.500.000.000,00 do PIB em 2014 (BRASIL, 2015).

Cultivado principalmente nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Correa, 2003), a cultura apresenta grande importância econômica devido ao elevado valor comercial e à capacidade de empregar grande número de pessoas, tanto no cultivo como na industrialização (Specht *et al.*, 2006). O ciclo completo, do plantio ao beneficiamento, envolve 2.143.080 pessoas, gerando 29 mil empregos diretos nas empresas e 674.080 na lavoura, além de 1.440.000 indiretos, de acordo com a Associação dos Fumicultores do Brasil (AFUBRA, 2015).

A maior área plantada com tabaco no Brasil está no Rio Grande do Sul, onde os municípios de Santa Cruz do Sul e Venâncio Aires concentram o maior número de empresas, constituindo maior complexo de processamento de tabaco do mundo (SINDITABACO, 2015).

A planta *N. tabacum* tem altura variando de 0,90 a 1,5 m, dependendo da variedade. As folhas são elípticas ou oblanceoladas; as flores encontram-se agrupadas ao final dos ramos, possuindo um cálice cilíndrico e esverdeado ou avermelhado na parte superior e os frutos têm formas diferentes e apresentam sementes globulares (Landoni, 2012).

A produção do tabaco pode ser dividida em algumas etapas-chave; (1) produção de mudas (semeadura), (2) transplante, (3) crescimento em campo e (4) colheita; além dos processos de cura e posterior comercialização (Kuepper & Thomas, 2008).

O tabaco é semeado em bandejas em câmaras frias, no chamado sistema float, e transplantado à lavoura quando as plantas atingem aproximadamente 13 a 18 cm de altura (Kuepper & Thomas, 2008). As mudas são dispostas no campo em linhas, distantes de 1 a 1,5 m e o espaçamento entre plantas é de 0,45 a 0,90 m (Kuepper & Thomas, 2008). As raízes são sensíveis às condições de aeração do solo, obtendo melhor desenvolvimento em solos com boa drenagem (Pearce *et al.*, 2009).

A manutenção da produtividade das lavouras está, também, relacionada à rotação de culturas. O cultivo contínuo de tabaco pode resultar em perdas de matéria orgânica do solo, enfraquecimento da estrutura deste e erosão severa, todos levando a um declínio na produtividade ao longo do tempo. A alternância de culturas na produção de tabaco no Brasil inclui o plantio de aveia preta e milho nas entressafras (Pearce *et al.*, 2009).

A fertilização suplementar com adubos comerciais é comum em lavouras manejadas convencionalmente. O pH do solo deve ser mantido ligeiramente ácido (5,5 a 6,5) com um nível de cálcio cinco vezes maior que o de magnésio (Kuepper & Thomas, 2008).

Quando as plantas estão na metade do ciclo de desenvolvimento, os botões florais começam a aparecer, sendo removidos para impedir a formação de sementes, forçando as plantas a alocarem recursos para a produção de folhas. O resultado são folhas mais largas,

espessas e escuras que maturam mais uniformemente e contém maior teor de nicotina (Kuepper & Thomas, 2008).

A crescente demanda mundial por tabaco com comprovado selo de responsabilidade ambiental e social, certificado internacionalmente como *orgânico*, exige a adequação da produção segundo os preceitos e regulamentações da agricultura orgânica, que limitam e/ou excluem a utilização de produtos de origem sintética ao longo da cadeia produtiva (Dorfey, 2011).

1.2 Pragas do tabaco

Desde a produção das mudas até a colheita, patógenos e insetos causam perdas significativas na produção, no rendimento e na qualidade do tabaco (Seebold *et al.*, 2013). Em relação aos insetos, a cultura é atacada por um grupo restrito de pragas no Brasil, que inclui a lagarta-rosca, *Agrotis ipsilon* (Hufnagel) (Lepidoptera, Noctuidae), a broca-do-fumo, *Faustinus cubae* (Boheman) (Coleoptera, Curculionidae), a larva-aramé, *Conoderus* spp., (Coleoptera, Elateridae), a pulga-do-fumo, *Epitrix* spp., (Coleoptera, Chrysomelidae) e o pulgão verde, *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera, Aphididae) (Guedes & Costa, 2006). Além das três últimas espécies supracitadas, Burrack (2015) relata *Heliothis virescens* (Fabricius) (Lepidoptera, Noctuidae) e o marandová-do-fumo, *Manduca* spp. (Lepidoptera, Sphingidae), como principais insetos causadores de danos na fumicultura mundial.

A maioria dessas pragas reduz a produtividade diretamente através do uso da planta para sua alimentação, ou ainda, no caso dos afídeos, causam injúrias como a redução do vigor e do crescimento da planta (Pineda, 2008). As infestações podem começar antes mesmo do transplante das mudas para o campo, assim que afídeos alados se estabelecem em uma folha e dão origem as primeiras ninfas (Seebold *et al.*, 2013).

Myzus persicae, conhecido comumente como pulgão verde, é considerado a principal praga em cultivo de tabaco na América do Norte (Davis & Nielsen, 1999). São insetos de corpo pequeno (em torno de 2,5 mm de comprimento), piriforme e mole. Possuem aparelho bucal do tipo sugador, antenas filiformes e dois processos abdominais alongados, denominados sifúnculos ou cornículos. Adultos e ninfas apresentam coloração que varia de verde claro a vermelho ou castanho avermelhado. As formas aladas possuem cabeça e tórax mais escuros, manchas escuras no abdome e sifúnculos escuros. Ocorrem em colônias na face inferior das folhas e brotos (Van Emden *et al.*, 1969).

De acordo com Davis & Nielsen (1999), em quase todas as regiões produtoras de tabaco, *M. persicae* não apresenta reprodução sexuada, já que machos não se encontram presentes, enquanto em áreas mais frias pode ocorrer tanto reprodução sexuada quanto assexuada.

São altamente prolíficos e, em nosso meio, se reproduzem por partenogênese telítoca (Salvadori & Salles, 2002). Esse tipo peculiar de reprodução, aliado ao curto ciclo de desenvolvimento, de 7 a 10 dias, é a razão para o aumento exponencial das populações de pulgão na cultura.

Fêmeas aladas são formadas quando o hospedeiro encontra-se altamente infestado ou quando acontece uma alteração na qualidade nutricional do tabaco, sendo capazes de migrar para uma nova planta (Davis & Nielsen, 1999).

Os pulgões sugam a seiva e os nutrientes da planta o que reduz o vigor e o crescimento. Pulgões são também importantes vetores de vírus causadores de doenças em muitas partes do mundo (Seebold *et al.*, 2013). Altas densidades populacionais com expressivas infecções virais causam redução na qualidade e produtividade do tabaco (Burrack, 2015).

Em relação ao nível de dano para *M. persicae* na cultura do fumo, dados só são disponíveis para a Carolina do Norte, Estados Unidos da América (EUA) e variam conforme o estágio de desenvolvimento da cultura e se doenças virais são ou não consideradas endêmicas (Davis & Nielsen, 1999). Segundo a mesma fonte, o nível de dano é caracterizado quando 10% ou mais das plantas apresentam pelo menos 50 pulgões em uma folha da metade apical até a capação e 20% após, sendo mais baixo em regiões onde a transmissão de viroses por *M. persicae* é comprovada. A quantidade de plantas vistoriadas varia de acordo com o tamanho das propriedades. No Zimbábue, existe uma legislação que determina a prática do período de vazio sanitário (quando tabaco não deve ser cultivado) para minimizar a transmissão do vírus através dos pulgões de uma estação para a outra, proibindo ainda o transplante de mudas em períodos de altas densidades populacionais (Davis & Nielsen, 1999).

No Brasil, há registro de três princípios ativos para controle de *M. persicae* no cultivo de fumo (AGROFIT, 2015), dois deles, imidacloprido e carbofurano, de ação neurotóxica e por isso, tóxicos ao ser humano e com risco de contaminação no ambiente. Apenas um princípio ativo, a azadiractina é registrado para uso no cultivo orgânico de fumo (BRASIL, 2014). Para *Myzus nicotianae* (Blackman, 1987), espécie considerada sinonímia de *M. persicae* (Eastop & Blackman, 2005), cinco ingredientes ativos, tiametoxam, pimetrozina, beta-ciflutrina, clotianidina e imidacloprido são registrados (AGROFIT, 2015).

1.3 Inimigos naturais de pulgões

Dentre os inimigos naturais de pulgões estão incluídos predadores, patógenos e parasitoides (Bugg *et al.*, 2008), destacando-se microhimenópteros parasitoides, pertencentes a Braconidae, predadores, a Coccinellidae, Syrphidae e Chrysopidae, além de fungos entomógenos da ordem Entomophthorales (Hagen & van den Bosch, 1968).

No Rio Grande do Sul e em cultivo de tabaco, as espécies de parasitoides associadas a *M. persicae* são: *Aphidius colemani* Viereck. (Hymenoptera: Braconidae) e *Praon volucre* (Haliday) (Hymenoptera: Braconidae) (Silva *et al.*, 2012). Cabe ressaltar o inventário realizado por Dorfey (2011) em lavouras mantidas no sistema convencional e orgânico no município de Santa Cruz do Sul, onde foram identificadas 32 famílias de himenópteros parasitoides através de coletas indiretas com armadilhas Malaise.

Joaninhas (Coleoptera: Coccinellidae) são importantes predadores e têm recebido atenção como agentes de controle biológico devido a algumas características, como a habilidade de alimentação sobre uma ampla gama de presas, alta voracidade e rápida resposta numérica (Dixon, 2000; Cabral *et al.*, 2009). Cabral *et al.* (2006) demonstraram, de um ponto de vista ecofisiológico, que *M. persicae* representa uma presa essencial para o desenvolvimento e reprodução do predador *Coccinella undecimpunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae).

A ocorrência de sirfídeos (Diptera: Syrphidae) afidófagos já foi registrada nas culturas de citros, couve, pepino, trigo e batata em Minas Gerais (Aquad & Trevizani, 2005) e melancia no Rio Grande do Sul (Sturza *et al.*, 2011). As espécies afidófagas mais comuns em agroecossistemas brasileiros são *Allograpta neotropica* (Curran) e *Pseudodorus clavatus* (Fabricius) (Aquad *et al.*, 2002), esta última, registrada predando pulgões em culturas como algodoeiro, batata, cana, couve, milho e citros (Costa *et al.*, 2006). O único trabalho com sirfídeos afidófagos publicado para a cultura do tabaco foi desenvolvido por Krsteska (2008) na Macedônia, o qual constatou a ocorrência de 10 espécies durante três anos de amostragem.

Os adultos de moscas-das-flores, como o próprio nome popular sugere, frequentemente visitam flores e o formato de seus aparelhos bucais permite inferir que algumas espécies se alimentam exclusivamente de néctar, enquanto outras também utilizam pólen (Gilbert & Owen, 1990). O grau de especialização alimentar varia de acordo com os

tipos de flores visitadas. O acesso aos recursos florais e a coloração clara das flores são fatores que facilitam a atração dos sirfídeos (Branquart & Hemptinne, 2000). No Rio Grande do Sul, Morales & Kohler (2008) verificaram preferência dos adultos por flores das famílias Apiaceae e Asteraceae, em mata nativa. Adultos de moscas-das-flores requerem *honeydew* ou néctar e pólen para garantir a reprodução, enquanto as larvas predam usualmente afídeos para completar seu desenvolvimento (Schneider, 1969).

Um inimigo natural considerado um agente eficiente de controle biológico é caracterizado por apresentar alto grau de especificidade, curto período de desenvolvimento em relação à presa e alto potencial reprodutivo (Snyder *et al.*, 2004). Em contraste, predadores dificilmente possuem tais preceitos. Artrópodes predadores frequentemente apresentam hábitos alimentares generalistas e gerações longas comparadas a do herbívoro (Snyder & Ives, 2001).

Apesar dessas limitações, predadores generalistas têm sido registrados como agentes eficientes de controle de herbívoros em algumas culturas, como no estudo de Snyder *et al.* (2008), no qual foi comparada a eficiência do controle de *M. persicae* e *Brevicoryne brassicae* (L.) unicamente por parasitoides, por predadores e por ambos. Segundo os autores, os parasitoides foram capazes de suprimir os pulgões, mas o efeito aconteceu tardiamente, de modo que as populações atingiram altas densidades antes do início do declínio. A guilda de predadores generalistas demonstrou um efeito imediato na dinâmica das populações de pulgão, mas somente reduziu a taxa de aumento populacional. Devido ao fato de especialistas e generalistas contribuírem de forma aditiva no controle de pulgões ao longo do tempo, os autores concluíram que o efeito combinado de predadores e parasitoides foi maior do que os efeitos que cada um alcançaria separadamente.

O provimento de recursos para múltiplos inimigos naturais pode ser considerado benéfico. Mesmo que as interações entre múltiplos inimigos naturais nem sempre sejam

positivas. Quando a diversidade de inimigos naturais aumenta, a competição intraguilda pode acarretar em efeitos antagonistas (George *et al.*, 2013).

Inimigos naturais fazem uso de diferentes mecanismos e estratégias para localizar o hospedeiro. De maneira geral, as plantas possuem uma ampla gama de mecanismos constitutivos e induzidos de defesa contra herbivoria. Dentre eles a produção e liberação de voláteis em resposta a alimentação e oviposição do inseto; tais voláteis são utilizados como pistas pelos inimigos naturais para localizar o hospedeiro/presa (Dicke, 2009).

A seleção do hospedeiro pela fêmea do parasitoide (Hymenoptera) envolve uma série de passos, desde a localização das plantas onde seus hospedeiros normalmente ocorrem até a sua aceitação e regulação de sua fisiologia pela larva do parasitoide (Vinson & Iwantsch 1980). São vários os estímulos utilizados pelo parasitoide nesse processo, de natureza química ou física. A aceitação do hospedeiro pela fêmea depende do seu reconhecimento como provável hospedeiro, de sua suscetibilidade e de sua qualidade, o que define se esse tem características fisiológicas e nutricionais mínimas para o desenvolvimento das formas jovens do parasitoide (Mackauer *et al.* 1996).

O sucesso reprodutivo dos parasitoides de pulgões depende de uma ampla variedade de fatores de mortalidade bióticos e abióticos durante o ciclo de vida. Enquanto forrageiam, os adultos estão suscetíveis a baixas temperaturas, vento e chuva. Ainda, os parasitoides são atacados por predadores polípagos que usualmente fazem uso de pulgões como presa principal. De forma similar, as larvas dos parasitoides enquanto se desenvolvem no hospedeiro podem ser consumidas por predadores (Meyhofer & Hindayana, 2000) ou atacados por hiperparasitoides (Sullivan, 1987).

Coccinelídeos são atraídos pelo feromônio de alarme de pulgões (Verheggen *et al.*, 2007). Inclusive, tal composto já foi sintetizado e é comercializado visando sua utilização na atratividade de adultos para colonizar culturas infestadas.

As larvas de algumas espécies de sirfídeos afidófagos somente percebem os pulgões através de contato direto ou certa proximidade do herbívoro (Bargen *et al.*, 1998). As larvas de primeiro ínstar pouco se deslocam durante o forrageio, e dessa forma a seleção do sítio de oviposição, próximo as colônias de pulgões, é essencial para assegurar a sobrevivência e desenvolvimento da prole. A localização das colônias pela fêmea e o estímulo para a postura derivam dos próprios pulgões através de pistas visuais e/ou olfativas, presentes também no honeydew (Scholz & Poehling, 2000).

Outros parâmetros que influenciam o comportamento de oviposição de sirfídeos são a presença do herbívoro, voláteis liberados pela planta infestada (sinomônio), tamanho e densidade das colônias (*honeydew* e feromônio de alarme – cairomônio), presença de coespecíficos detectado através de pistas químicas derivadas dos ovos de larvas ou rastro de larvas (Almohamad *et al.*, 2010; Amiri-Jami & Sadeghi-Namaghi, 2014). Todos estes aspectos constituem-se em adaptações comportamentais que permitem otimizar os sítios de oviposição e maximizar a aptidão da prole.

1.4 Controle biológico

O conceito de praga é uma definição antropocêntrica, já que implica em prejuízos para o ser humano. Em um ecossistema natural, sem intervenção humana, fitófagos e seus inimigos naturais formam uma rede alimentar na qual as duas partes estão em equilíbrio. Em ecossistemas modificados pelo homem, como são os agrícolas, os inimigos naturais também estão presentes, e, em determinadas situações, mantém as populações de insetos pragas controladas (van Lenteren *et al.*, 2006).

O controle biológico foi originalmente definido como a ação de parasitas, predadores, ou agentes patogênicos na manutenção das populações de outros organismos em menor

quantidade do que ocorreriam naturalmente (DeBach, 1964). Muitas vezes, entretanto, esta ferramenta foi depreciada no controle de pragas em ambientes agrícolas (Pineda, 2008).

Alguns tipos de inimigos naturais residem no campo e já estão presentes quando ocorre a colonização pela praga, enquanto outros podem se dispersar e povoar rapidamente a cultura depois do estabelecimento das mesmas (Nentwig, 1998). Para os autores, a dispersão dos insetos benéficos para os ambientes agrícolas pode ocorrer a partir do seu habitat em ambiente florestal, linhas de cobertura, vegetação herbácea ou agroecossistemas adjacentes, antes ou após hibernação, pelo vento, ou ainda, durante a estação de crescimento da cultura.

A introdução de inimigos naturais exóticos ou controle biológico clássico é outro método utilizado para conter ou reduzir danos de pragas (Parra *et al.*, 2002). Esta forma de controle biológico obteve inúmeros sucessos, como o programa de controle biológico dos pulgões do trigo (Salvadori & Salles, 2002).

Outra maneira de incrementar a quantidade de parasitoides e predadores no ambiente se dá através do controle biológico aumentativo, onde os inimigos naturais são periodicamente introduzidos e liberados, após criação massal em laboratório. Internacionalmente, mais de 125 espécies de inimigos naturais estão disponíveis comercialmente para este tipo de controle (van Lenteren, 2000).

O controle biológico conservativo é outro método que procura fazer melhor uso dos insetos benéficos já existentes ao invés de introduzir espécies exóticas (Gurr *et al.*, 2007).

1.4.1 Controle biológico conservativo com faixas de flores

O controle biológico conservativo vem chamando a atenção de pesquisadores e produtores ao redor do mundo nas últimas décadas (Wratten *et al.*, 2003). Segundo os autores, envolve a manipulação do ambiente com o propósito de aumentar a fecundidade e longevidade dos inimigos naturais, alterando seu comportamento e fornecendo recurso e

abrigo. Essas estratégias incluem a manutenção de áreas de compensação ecológica, visando à diversificação de plantas dentro e/ou fora dos cultivos com intuito de incrementar a abundância de insetos benéficos (Rossing *et al.*, 2003). A preservação e a manutenção dos inimigos naturais são imprescindíveis para estabelecer o equilíbrio biológico e reduzir os custos de produção (Bueno, 2005).

Para Altieri (2012) os agricultores podem incrementar a biodiversidade de suas propriedades através de algumas medidas como; aumentar a diversidade de plantas por meio da rotação de culturas ou de policultivos com culturas comerciais e plantas de cobertura dentro de uma mesma área; manejar a vegetação do entorno das áreas cultivadas para atender às necessidades de organismos benéficos; fornecer recursos suplementares para os organismos benéficos tais como estruturas artificiais para nidificação, alimentação extra e presas alternativas; implantar corredores ecológicos que conduzam organismos benéficos das matas ou áreas de vegetação natural próximas para as áreas cultivadas; e, manter faixas de vegetação cujas flores atendam às exigências dos organismos benéficos.

Embora a ciência da manipulação de habitat tenha se tornado popular a partir de 1990 (Landis *et al.*, 2000), ela tem avançado durante a última década, com a engenharia ecológica tomando forma como uma disciplina separada e dedicada a sua promoção (Gurr *et al.*, 2004). Isso tem resultado em uma vasta gama de tecnologias promissoras, como os refúgios, bancos de besouros e as faixas de flores, algumas das quais aumentam as taxas de controle de pragas em sistemas específicos de produção (Wyckhuys *et al.*, 2013).

As faixas de plantas silvestres devem ser integradas à cultura de maneira prática para os produtores e distribuídas no espaço e no tempo para que favoreçam os inimigos naturais (Santos, 2006). Com base nesses preceitos, alguns estudos têm demonstrado como a adição de faixas de flores nas bordaduras ou dentro do cultivo aumenta as populações de inimigos naturais (Frank, 1999; Sutherland *et al.*, 2001; Pontin *et al.*, 2006). Nas bordaduras das áreas

de cultivo de cebola, em Santa Catarina, por exemplo, o plantio de espécies vegetais como *Raphanus sativus* L. var. *oleiferus* (Brassicaceae), como recurso para *Toxomerus* spp. (Diptera, Syrphidae), reduziu a incidência de tripes em plantas localizadas nas fileiras mais próximas à bordadura (Gonçalves & Souza-Silva, 2003). Em experimento conduzido em lavoura de alface na Califórnia, Hogg *et al.* (2011) observaram incremento significativo no número de ovos e conseqüentemente de larvas, do sirfídeo *Eupeodes fumipennis* (Thompson), nos tratamentos com oferta de *Lobularia maritima* (L.) (Brassicaceae), o que resultou em menor quantidade de pulgões. Para os autores, o efeito indireto de *L. maritima* sobre a população de pulgões foi mediado principalmente pelo componente reprodutivo dos inimigos naturais através do aumento da aptidão dos adultos.

A introdução de recursos florais é considerada um tipo de manejo bastante eficiente para aqueles insetos que se alimentam de pólen e néctar em algum estágio do desenvolvimento como sirfídeos, himenópteros parasitoides, coccinelídeos, crisopídeos ou antocorídeos (Landis *et al.*, 2000; Berndt & Wratten, 2005). Em casas de vegetação, os recursos florísticos aliados à utilização de plantas que funcionam como reservatório de pulgões, de espécies não pragas, (“insectary plants”) atuam diretamente na manutenção de sirfídeos e parasitoides ao longo do tempo (Pineda, 2008).

Tendo em vista que as espécies de pulgão são geralmente associadas a uma família de planta hospedeira e que a relação dos parasitoides com o hospedeiro pode ser ainda mais específica, as informações referentes a estas associações são de extrema importância na tomada de decisões frente à escolha das espécies vegetais mais adequadas para utilizar como reservatório de pulgões, por exemplo.

O parasitismo de *A. colemani* foi registrado nos afídeos, *Sitobion avenae* (Fabricius), *Rhopalosiphum padi* (L.) e *Schizaphis graminum* (Rondani), enquanto para *P. volucre* as espécies *S. avenae* e *Metopolophium dirhodum* (Walker) são referidas como principais

hospedeiras (Zanini *et al.*, 2006). Estas cinco espécies de pulgão são associadas a trigo, aveia e cevada (Gallo *et al.*, 2002), fazendo delas plantas hospedeiras de pulgões que não utilizam solanáceas como recurso alimentar, constituindo potenciais espécies para o provimento de hospedeiros alternativos para os parasitoides de *M. persicae* na cultura do tabaco.

Entre as famílias de plantas consideradas mais atrativas aos inimigos naturais, particularmente insetos predadores e parasitoides que se beneficiam ao se alimentar de pólen e/ou néctar, destacam-se espécies pertencentes à Apiaceae, Asteraceae, Brassicaceae, Fabaceae e Polygonaceae (Barbosa *et al.*, 2011). Starý *et al.* (2007) em trabalho que registrou as interações parasitoide-pulgão-plantas no Brasil, referiram 31 espécies de pulgão associadas à *A. colemani* em cerca de 50 plantas hospedeiras e 19 espécies associadas a *P. volucre* em aproximadamente 20 plantas. Os autores discorrem que a habilidade de muitas espécies de parasitoides em se desenvolver em diferentes hospedeiros contribuem para o seu estabelecimento nos mais diversos ambientes. Ainda, fatores como distinção do hospedeiro de origem, razão sexual, resposta funcional e numérica das espécies de inimigos naturais associadas ao herbívoro representam uma fonte importante de informação para futuros programas de controle biológico.

No que concerne ao controle biológico conservativo, a complexidade da paisagem se destaca como um dos principais fatores que influenciam a sua eficácia (Jonsson *et al.*, 2015). A paisagem com complexidade intermediária, caracterizada por manter um número significativo de espécies cujas populações são suscetíveis a distúrbios e a disponibilidade de recursos, seria mais eficiente do que aquela paisagem agrícola simplificada (com ambientes alternativos escassos), bem como aquela mais complexa. Ambientes com alta diversidade vegetal no entorno, ou mais complexas, atendem a uma maior quantidade de inimigos naturais fazendo com que a manipulação de habitat na lavoura não necessariamente contribua com a

otimização do controle de herbívoros e serviços ecossistêmicos associados (Tschardtke *et al.*, 2005).

Nesse contexto, os objetivos deste trabalho foram: comparar o efeito das flores na ocorrência de pulgões em áreas com e sem faixas de flores em cultivo orgânico de tabaco; registrar predadores e parasitoides na lavoura; inventariar os sirfídeos que utilizam as flores como recurso alimentar.

1.5 Referências bibliográficas

AFUBRA-Associação dos fumicultores do Brasil. [Informações obtidas no site]. [2015]. Disponível em: <<http://www.afubra.com.br>>. Acesso em: 12 de novembro de 2015.

AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitário**. Brasília: Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento, [2015]. Disponível em: <<http://www.agrofit.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 8 de dezembro de 2015.

ALMOHAMAD, R. et al. Assessment of oviposition quality by aphidophagous hoverflies: reaction to conspecific larvae. **Animal Behaviour**, London, v. 79, p. 589-594, 2010.

ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. São Paulo: Editora Expressão Popular, 2012. 400 p.

AMIRI-JAMI, A.R.; SADEGHI-NAMAGHI, H. Responses of *Episyrphus balteatus* DeGeer (Diptera: Syrphidae) in relation to prey density and predator size. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, Amsterdam, v. 17, p. 207-211, 2014.

AUAD, A.M. et al. Ocorrência e flutuação populacional de predadores e parasitoides de *Brachycaudus (Appelia) schwartzi* (Borner) (Homoptera: Aphididae), em pessegueiro, em Jacuí-MG. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v.26, p. 257-263, 1997.

AUAD, A.M.; FREITAS, S. DE; BARBOSA, L.R. Ocorrência de afídeos em alface (*Lactuca sativa* L.) em cultivo hidropônico. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.31, n.2, p. 335-339, 2002.

AUAD, A.M.; TREVIZANI, R. Ocorrência de sirfídeos afidófagos (Diptera, Syrphidae) em Lavras, MG. **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 49, n.3, p. 425-426, 2005.

BARBOSA, F.S. et al. Potencial das flores na otimização do controle biológico de pragas para uma agricultura sustentável. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 6, n. 2, p. 101-110, 2011.

- BARGEN, H.; SAUDHOF, K.; POEHLING, H.-M. Prey finding by larvae and adult females of *Episyrphus balteatus*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 87, p. 245-254, 1998.
- BERNDT, L.A.; WRATTEN, S.D. Effects os alyssum flowers on the longevity, fedundity, and sex ratio of the leafroller parasitoid *Dolichogenidea tasmanica*. **Biological Control**, Orlando, v. 32, p. 65-69, 2005.
- BRANQUART, E.; HEMPTINNE, J.L. Seletivity in the exploitation of floral resources by hoverflies (Diptera: Syrphinae). **Ecography**, Copenhagen, v. 23, p. 732-742, 2000.
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **[Informações obtidas no site]**. 2014. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 19 out. 2014.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **[Informações obtidas no site]**. 2015. Disponível em: <<http://www.desenvolvimento.gov.br/sitio/>>. Acesso em: 12 nov. 2015.
- BUENO, V.H.P. Controle biológico aumentativo com agentes entomófagos. In.: VENZON, M.; PAULA JÚNIOR, T.J. de; PALLINI, A. (Org.). **Controle alternativo de doenças e pragas**. Viçosa: EPAMIG, 2005. p. 23-42
- BUGG, R.L. et al. Flower flies (Syrphidae) and other biological control agents for aphids in vegetable crops. **ANR Publication**, East Lansing, n.8285, 25 p., 2008.
- BURRACK, H. Tobacco Insect Management. In.: FLUE-CURED Tobacco Guide. North Carolina: Cooperative Extension Service, 2015. p. 145-160
- CABRAL, S.G.M. et al. Suitability of *Aphis fabae*, *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae) and *Aleyrodes proletella* (Homoptera: Aleyrodidae) as prey for *Coccinella undecimpunctata* (Coleoptera: Coccinellidae). **Biological Control**, Orlando, v. 39, p. 434-440, 2006.
- CABRAL, S.; SOARES, A.O.; GARCIA, P. Predation by *Coccinella undecimpunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae) on *Myzus persicae* Sulzer (Homoptera: Aphididae): Effect of prey density. **Biological Control**, Orlando, v. 50, p. 25-29, 2009.
- CORREA, S. **Anuário brasileiro do fumo**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2003. 144p.
- COSTA, A.S. Moléstias de vírus do fumo no estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 4, n. 12, p. 709-738, 1944.
- COSTA, V.A.; BERTI FILHO, E.; SATO, M.E. Parasitoides e predadores no controle de pragas. In.: **CONTROLE Biológico de Pragas**. Piracicaba, 2006. 25-34p.
- DAVIS, D.L.; NIELSEN, M.T. Tobacco: Production, Chemistry and Technology. Oxford: Blackweel Science, 1999. p. 457

- DeBACH, P. **Biological control of insect pests and weeds**. New York: Reinhold Publishing, 1964.
- DICKE, M. Behavioural and community ecology of plants that cry for help. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v.32, p.654-665, 2009.
- DIXON, A.F.G. **Insect Predator-Prey Dynamics: Ladybirds Beetles and Biological Control**. Cambridge, MA, Cambridge University Press, 2000. p. 257
- DORFEY, C. **Himenópteros parasitoides associados a cultivos orgânico e convencional de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) em Santa Cruz do Sul, RS, Brasil**. 2011. 127 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil. 2011.
- EASTOP, V.F.; BLACKMAN, R.L. Some new synonyms in Aphididae (Hemiptera: Stenorrhyncha). **Zootaxa**, Auckland, v. 1089, p. 1-36, 2005.
- FRANK, T. Density of adult hoverflies (Diptera, Syrphidae) in sown weed strips and adjacent fields. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 123, p. 351-355, 1999.
- GALLO, D. et al. **Entomologia Agrícola**. 10.ed. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920p.
- GEORGE, D.R. et al. Dichotomy of male and female responses to hoverfly-driven cues and floral competition in the parasitoid wasp *Aphidius ervi* Haliday. **Biological Control**, Orlando, v. 63, n. 3, p. 539-547, 2013.
- GILBERT, F.; OWEN, J. Size, shape, competition and community structure in hoverflies (Diptera: Syrphidae). **Journal of Animal Ecology**, Oxford, v. 50, p. 21-39, 1990.
- GONÇALVES, P.A.S.; SOUZA-SILVA, C.R. Efeito de espécies vegetais em bordadura em cebola sobre a densidade populacional de tripses e sirfídeos predadores. **Horticultura Brasileira**, Campinas, v. 21, n. 4, p. 731-734, 2003.
- GUEDES, J.V.C; COSTA, I.F.D. **Pragas e doenças da cultura do fumo**. Santa Maria: Orium, 2006. 88 p.
- GURR, G.M. et al. Management of pests and diseases in New Zealand and Australian vineyards. In.: VINCENT, C.; GOETTEL, M.S.; LAZAROVITS, G. (Org.). **Biological Control: a global perspective**. Oxfordshire: CABI, 2007. p. 408-414
- GURR, G.M.; WRATTENS, S.D.; ALTIERI, M.A. **Ecological Engineering for Pest Management: Advances in Habitat Manipulation for Arthropods**. Collingwood, Australia: CSIRO Publishing, 2004.
- HAGEN, K.S.; VAN DEN BOSCH, R. Impact of pathogens, parasites and predators on aphids. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 13, p. 325-384, 1968.
- HOGG, B.N. et al. Floral resources enhance aphid suppression by a hoverfly. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 141, p. 138-144, 2011.

- JONSSON, M. et al. Experimental evidence that the effectiveness of conservation biological control depends on landscape complexity. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 52, p. 1274-1282, 2015.
- KRSTESKA, V. Population dynamics of aphidophagus hoverflies on tobacco plants. **Acta Entomologica Serbica**, Beograd, v. 13, n.1/2, p. 27-41, 2008.
- KUEPPER, G.; THOMAS, R. **Organic Tobacco Production**. 2008. (A publication of ATTRA – National Sustainable Agriculture Information Service). Disponível em: <<http://www.attra.ncat.Org/attar-pub/tobacco.html>>. Acesso em: 28 out. 2012.
- LANDIS, D.A.; WRATTEN, S.D.; GURR, G.M. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 45, p. 175-201, 2000.
- LANDONI, J. H. **Nicotiana tabacum L.** [2012]. Disponível em: <<http://www.inchem.org/documents/pims/plant/nicotab.htm>>. Acesso em: 29 out. 2012.
- MACKAUER, M.; MICHAUD, J.P.; VOLKL, W. Host choice by aphidiid parasitoid (Hymenoptera: Aphidiidae): host recognition, host quality, and host value. **Canadian Entomologist**, Ottawa, v. 6, p. 959-980, 1996.
- MEYHOFER, R.; HINDAYANA, D. Effects of intraguild predation on aphid parasitoid survival. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 97, p. 115-122, 2000.
- MORALES, M.N.; KOHLER, A. Comunidade de Syrphidae (Diptera): diversidade e preferências florais no Cinturão Verde (Santa Cruz do Sul, RS, Brasil). **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 52, n. 1, p. 41-49, 2008.
- NENTWIG, W. Weedy plant species and their beneficial arthropods: potential for manipulation of field crops. In.: PICKETT, C.H.; BUGG, R.L. (Org.) **Enhancing Biological Control: Habitat Management to Promote Natural Enemies of Agricultural Pests**. Berkeley: University of California Press, 1998. p. 49-67
- PARRA, J.R.P. et al. **Controle Biológico no Brasil Parasitoides e Predadores**. São Paulo: Manole. 2002. 635 p.
- PEARCE B.; DENTON, P.; SCHWAB, G. **Field Selection, Tillage, and Fertilization**. In: KENTUCKY & Tennessee Tobacco Production Guide 2009. [2013]. Disponível em: <<http://www.ca.uky.edu/agc/pubs/id/id160/id160.pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2013.
- PINEDA, A. **Los sirfidos (Diptera, Syrphidae) en el control integrado de plagas de pulgón em cultivos de pimiento de invernadero**. 2008. 163 p. Tese (Doutorado) - Centro Iberoamericano de La Biodiversidad (CIBIO), Universidad de Alicante, 2008.

- PONTIN, D.R. et al. Attractiveness of single and multiple species flower patches to beneficial insects in agroecosystems. **Annals of Applied Biology**, Warwickshire, v. 148, n. 1, p. 39-47, 2006.
- PREISSER, E.L.; BOLNICK, D.I.; BENARD, M.F. Scared to death? The effects of intimidation and consumption in predator-prey interaction. **Ecology**, New York, v.86, p. 501-509, 2005.
- ROSSING, W.A.H., POEHLING, H.M.; BURGIO, G. Study Group “Landscape Management for Functional Biodiversity”. **IOBC/wprs Bulletin**, [S.l.], v. 26, n. 4, 220 p., 2003. (Proceedings of the 1st Meeting at Bologna (Italy), May 11-14, 2003.)
- SALVADORI, J.R.; SALLES, L.A.B. Controle biológico dos pulgões do trigo. In.: **CONTROLE Biológico no Brasil Parasitoides e Predadores**. São Paulo: Manole, 2002. p. 54-63
- SANTOS, T.M. Manejo do habitat – uma tática de controle biológico conservativo. **Pesquisa & Tecnologia**, São Paulo, v. 3, n. 1, 6 p., 2006.
- SCHNEIDER, F. Bionomics and physiology of aphidophagous Syrphidae. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 14, p. 103-124, 1969.
- SCHOLZ, D.; POEHLING, H.-M. Oviposition site selection of *Episyrphus balteatus*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 94, p. 149-158, 2000.
- SEEBOLD. **Kentucky & Tennessee Tobacco Production Guide**. [2013]. Disponível em: <<http://www.ca.uky.edu/agc/pubs/id/id160/id160.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2013.
- SILVA, D.C.; PEZZINI, C.; KOHLER, A. Levantamento de himenópteros parasitoides associados a afídeos (Hemiptera, Stenorrhyncha) no plantio de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) no Rio Grande do Sul, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 24., 2012, Curitiba. **Anais**. Curitiba, PR, 2012.
- SINDITABACO. Sindicato Interestadual da Indústria do Tabaco. **[Informações disponíveis no site]**. [2013]. Disponível em: <<http://sinditabaco.com.br/>>. Acesso em: 18 jan. 2013.
- SNYDER, G.B.; FINKE, D.L.; SNYDER, W.E. Predator biodiversity strengthens aphid suppression across single- and multiple-species prey communities. **Biological Control**, Orlando, v. 44, p. 52-60, 2008.
- SNYDER, W.E. et al. Complementary biocontrol of aphids by the ladybird *Harmonia axyridis* and the parasitoid *Aphelinus asychis* on greenhouse roses. **Biological Control**, Orlando, v. 30, p. 229-235, 2004.
- SNYDER, W.E.; IVES, A.R. Generalist predators disrupt biological control by a specialist parasitoid. **Ecology**, New York, v. 82, p. 705-716, 2001.

- SOUZA CRUZ. [Informações obtidas no site]. [2014]. Disponível em <<http://souzacruz.com.br/>>. Acesso em: 27 ago. 2014.
- SPECHT, A. et al. Ocorrência de *Rachiplusia nu* (Guenée) (Lepidoptera: Noctuidae) em fumo (*Nicotiana tabacum* L.) no Rio Grande do Sul. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 35, n. 5, p. 705-706, 2006.
- STARÝ, P. *Aphidius colemani* Viereck: its taxonomy, distribution and host range (Hymenoptera, Aphidiidae). **Acta Entomologica Bohemoslovaca**, Praha, v. 72, p. 156-163, 1975.
- STARÝ, P.; SAMPAIO, M.V.; BUENO, V.H.P. Aphid parasitoids (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) and their associations related to biological control in Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 51, n. 1, p. 107-118, 2007.
- STURZA, V.S. et al. First record of larvae of *Allograpta exotica* Wiedemann (Diptera, Syrphidae) preying on *Aphis glossypii* Glover (Hemiptera, Aphididae) in watermelon in Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 55, n. 2, p. 272-274, 2011.
- SULLIVAN, D.J. Insect hyperparasitism. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v.32, p. 49-70, 1987.
- SUTHERLAND, J.P.; SULLIVAN, M.S.; POPPY, G.M. Distribution and abundance of aphidophagous hoverflies (Diptera: Syrphidae) in wildflower patches and field margin habitats. **Agricultural and Forest Entomology**, Oxford, v. 3, p. 57-64, 2001.
- TSCHARNTKE, T. et al. Landscape structure and biological control in agroecosystems, **Science**, Washington, v. 285, p. 893-895, 2005.
- VAN EMDEN, H.F. et al. The Ecology of *Myzus persicae*. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 14, p. 197-270, 1969
- VAN LENTEREN, J.C. Critérios de seleção de inimigos naturais a serem usados em programas de controle biológico. In: BUENO, V.H.P. **Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade**. Lavras: Editora UFLA, 2000. p. 1-19.
- VAN LENTEREN, J.C. et al. Assessing risks of releasing exotic biological control agents or arthropod pests. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 51, p. 609-634, 2006.
- VERHEGGEN, F.J. et al. Electrophysiological and behavioral responses of the multicolored asin lady beetle, *Harmonia axyridis* Pallas, to sesquiterpene semiochemicals. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 33, p. 2148-2155, 2007.
- VINSON, S.B.; IWANTSCH, G.F. Host suitability for insect parasitoids. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 25, p. 397-419, 1980.
- WRATTEN, S. et al. Conservation biological control of insect pests at the landscape scale. **IOBC/wprs Bulletin**, [S.l.], v. 26, n. 4, p. 215-220, 2003.

WYCKHUYS, K.A.G. et al. Current status and potential of conservation biological control for agriculture in the developing world. **Biological Control**, Orlando, v. 65, p. 152-167, 2013.

ZANINI, A. et al. Ecological aspects of *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Aphididae) on the *Sitobion avenae* (Fabricius) (Homoptera: Aphididae) population in wheat culture in Medianeira, PR. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 2, p. 185-198, 2006.

2 ARTIGO 1

Manipulação de habitat no controle de *Myzus persicae* (Hemiptera, Aphididae) em tabaco orgânico no sul do Brasil¹

¹ Artigo configurado segundo as normas da Iheringia Série Zoologia

1 Manipulação de habitat no controle de *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) em
2 tabaco orgânico no sul do Brasil

3

4 Joana T. Klein⁽¹⁾, Luiza R. Redaelli⁽¹⁾, Simone M. Jahnke⁽¹⁾, Andreas Köhler⁽²⁾

5 ⁽¹⁾ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Fitossanidade, Av.
6 Bento Gonçalves, 7712, 91540-000, Porto Alegre-RS, Brasil.
7 joanatariklein@yahoo.com.br, luredael@ufrgs.br, mundstock.jahnke@ufrgs.br

8 ⁽²⁾ Universidade de Santa Cruz do Sul, Departamento de Biologia e Farmácia, Av.
9 Independência, 2293, 96815-900, Santa Cruz do Sul-RS, Brasil. andreas@unisc.br

10

11

ABSTRACT

12 *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) is a major pest in tobacco production
13 worldwide, and a difficult species to control in organic farms. The study aimed to
14 compare the occurrence of aphids in tobacco growing fields in areas with and without
15 flower strips, and to register predators and parasitoids in the field. The experiment was
16 conducted in experimental organic tobacco area, during two field seasons, in Santa Cruz
17 do Sul, RS. The flower strips were a mixture of *Fagopyrum esculentum* Moench
18 (Polygonaceae), *Raphanus sativus* L. and *Brassica napus* L. (Brassicaceae), sown at the
19 same time as tobacco was transplanted to the field (2012/2013 season) and in two
20 different occasions in 2013/2014 field season. The control area was kept without
21 vegetation on the border. Data were collected weekly during the entire field season. In
22 the laboratory, aphids and natural enemies were quantified. In the 2012/2013 field
23 season, the mean number of aphids captured in the area with flower strips (104 ± 45
24 41.91 aphids/sample occasion) and without (137.54 ± 67.34) was similar ($p = 0.421$),
25 whereas in the 2013/2014 field season, the area with floral plantings (4.45 ± 1.03) was

26 lower than the area without border (57 ± 23.01) ($p = 0.047$), demonstrating the potential
27 of flower manipulation in biocontrol of *M. persicae* in tobacco. Six natural enemies
28 species were registered two Syrphidae, Coccinelidae (3) e Braconidae (1).

29 KEY WORDS: aphid; conservation biological control; flower strip.

30

31

RESUMO

32 *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) é uma das principais pragas para a
33 fumicultura mundial, e de difícil controle em cultivo orgânico. O estudo objetivou
34 comparar a ocorrência de pulgões em lavoura de tabaco com e sem faixa de flores, e
35 registrar predadores e parasitoides na lavoura. O experimento foi realizado em lavoura
36 experimental de tabaco orgânico, em duas safras, em Santa Cruz do Sul, RS. As faixas
37 de flores consistiram em uma mistura das espécies *Fagopyrum esculentum* Moench
38 (Polygonaceae), *Raphanus sativus* L. e *Brassica napus* L. (Brassicaceae), semeadas
39 concomitantemente ao transplante das mudas para o campo (safra 2012/2013) e em duas
40 ocasiões na safra 2013/2014. A área controle foi mantida sem a faixa de flores na borda.
41 As avaliações foram durante todo ciclo da cultura. Em laboratório, pulgões e inimigos
42 naturais foram quantificados. Na safra 2012/2013, o número médio de pulgões
43 capturados na área com faixa de flores ($104,45 \pm 41,91$ pulgões/ocasião) e sem ($137,54$
44 $\pm 67,34$) foi semelhante ($p = 0,421$), enquanto que na safra 2013/2014, na área com
45 faixas ($4,45 \pm 1,03$) este número foi menor que o da sem ($57 \pm 23,01$) ($p = 0,047$),
46 demonstrando o potencial da manipulação de flores no controle de *M. persicae* no
47 tabaco. Na segunda safra, seis espécies de inimigos naturais foram registradas, duas
48 pertencentes à Syrphidae, três a Coccinelidae e uma a Braconidae.

49 PALAVRAS-CHAVE: controle biológico conservativo; faixa de flores; pulgão.

50

INTRODUÇÃO

51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75

Myzus persicae (Sulzer, 1776) (Hemiptera, Aphididae) é uma das principais pragas da fumicultura mundial podendo, em densas infestações, causar perdas expressivas na produtividade e qualidade do tabaco. Os pulgões sugam a seiva, o que prejudica o crescimento e causa distorção da planta, além de serem importantes como vetores de viroses (DAVIS & NIELSEN, 1999), sendo a época de maior ocorrência desses insetos do início do desenvolvimento da cultura até o desponte. As práticas agrícolas adotadas para o controle de *M. persicae* dentro do sistema convencional de produção de tabaco com e sem o emprego do manejo integrado de pragas, baseiam-se na aplicação de inseticidas químicos (BURRACK, 2015).

O desenvolvimento de tecnologias e a adoção de estratégias de manejo que façam com que as populações de pulgões não causem danos às plantas são de extrema importância, especialmente em sistemas orgânicos de produção. Essa demanda tem resultado em uma vasta gama de tecnologias promissoras, como a implantação de refúgios, bancos de besouros e faixas de flores, algumas das quais aumentam as taxas de controle de pragas em sistemas específicos de produção (PINEDA, 2008, WYCKHUYS *et al.*, 2013). Este aumento dá-se por meio de um melhor uso de insetos benéficos já existentes no ambiente ao invés de introduzir espécies exóticas (GURR *et al.*, 2004) e sem comprometer o equilíbrio ecológico e serviços ecossistêmicos associados (DÍAZ *et al.*, 2012).

A introdução de recursos florais é considerada um tipo de manejo bastante eficiente para ampliar o sucesso daqueles insetos que se alimentam de pólen e néctar em algum estágio do desenvolvimento, como sirfídeos, himenópteros parasitoides, coccinelídeos ou crisopídeos (LANDIS *et al.*, 2000, BERNDT & WRATTEN, 2005). Contudo, como os efeitos observados de tais plantas num local nem sempre podem ser

76 generalizados para outras áreas geográficas ou para diferentes culturas agrícolas, torna-
77 se necessária a geração de conhecimento local para consolidar o manejo de pragas
78 através do uso de faixas de flores em cada agroecossistema específico. Neste contexto, o
79 presente estudo comparou o efeito das flores na ocorrência de pulgões em área com e
80 sem faixa de flores na bordadura de tabaco orgânico na região central do Rio Grande do
81 Sul, Brasil, registrando predadores e parasitoides na lavoura.

82 MATERIAL E MÉTODOS

83 **Área de estudo**

84 A área de estudo localiza-se no município de Santa Cruz do Sul, situado na
85 Encosta Inferior do Nordeste do estado do Rio Grande do Sul, entre as coordenadas
86 geográficas (29° 43' 03" S; 52° 25' 33" O), com altitude média de 122 m do nível do
87 mar. O clima é subtropical temperado, com temperaturas médias de 19 °C, máxima de
88 42 °C e mínima de 5 °C; precipitações ocorrem entre 100 e 126 dias ao ano, com 1.300 a
89 1.800 mm de chuvas e os ventos predominantes são do quadrante leste, com velocidade
90 média de 1,5 a 2,0 metros por segundo (IBGE, 2012).

91 O experimento foi realizado em duas safras 2012/2013 e 2013/2014, de cultivo
92 orgânico de *Nicotiana tabacum* L. (Solanaceae) da variedade PVH2254, instalado no
93 Centro de Agronomia, Desenvolvimento, Extensão e Treinamento (*Agronomy,*
94 *Development, Extension and Training Center* – ADET) da Japan Tobacco
95 International (JTI). A fertilização do solo foi feita com cama de aviário (18 ton/ha) e
96 cultivo de aveia na entressafra. O controle de ervas daninhas foi realizado através de
97 capina manual e após a capação das plantas de fumo, foi aplicado óleo mineral como
98 antibrotante.

99 **Safra 2012/2013** (agosto de 2012 a janeiro de 2013) - As amostragens foram
100 feitas, em duas áreas de 20 m x 30 m, distantes 105 m entre si, ambas situadas numa

101 lavoura de 45.000 m². Em uma delas (área com faixa de flores) foram cultivadas, nas
102 bordas do fumo, trigo sarraceno, *Fagopyrum esculentum* Moench (Polygonaceae),
103 canola, *Raphanus sativus* L. (Brassicaceae) e nabo forrageiro, *Brassica napus* L.
104 (Brassicaceae), misturadas e semeadas a lanço, em duas faixas de 5 m de largura e 30 m
105 de comprimento, uma em cada face da área, acompanhando o sentido dos camaleões. A
106 outra área, controle, foi mantida sem esta vegetação na borda do fumo. A semeadura das
107 faixas de flores foi feita na mesma semana do transplante das mudas de tabaco para o
108 campo. Foram utilizadas 150 g de sementes de cada uma das espécies, totalizando 450
109 g, em cada uma das bordas.

110 As coletas foram semanais, do transplante das mudas até a colheita. Para efeito
111 de amostragem cada área amostral foi subdividida em quatro subáreas (150 m²)
112 (pseudo-réplicas) com aproximadamente 240 plantas. A cada ocasião, três plantas de
113 fumo, de cada subárea, foram sorteadas e inspecionadas para registro em relação à
114 presença ou não de pulgões. Ocorrendo afídeos nas plantas, a folha com maior
115 abundância de indivíduos, preferencialmente da metade superior da planta, foi retirada,
116 acondicionada, individualmente em saco plástico colocado numa caixa de isopor e
117 transportada para o laboratório.

118 Em laboratório, com auxílio de microscópio estereoscópico, foram quantificados
119 os pulgões vivos (alados e não alados) e os ovos, larvas e pupas de sirfídeos; múmias
120 não foram encontradas. Estes últimos foram mantidos em câmara climatizada (25 ± 2
121 °C; 60 ± 10% UR; 16 h de fotofase), em placas de Petri (8,5 cm x 1,5 cm) ou potes
122 plásticos, de 500 mL, com tampa telada com uma porção foliar de *N. tabacum* (4 cm x 4
123 cm) e alimentados (com as ninfas de pulgão provenientes do campo) até a emergência.
124 Sirfídeos adultos foram conservados em frascos contendo álcool 70%. Foram
125 considerados três períodos no ciclo de desenvolvimento do tabaco: vegetativo inicial

126 (vi), do transplante das mudas para o campo até a planta atingir em torno de 20 folhas,
127 com duração aproximada de 60 dias; reprodutivo (r) a partir da emissão das
128 inflorescências até a decapagem da planta, com duração de cerca de 70 dias e o
129 vegetativo final (vf) da capação até o final da colheita.

130 *Safra 2013/2014* (agosto a dezembro de 2013) - A área experimental mantida
131 com faixas de flores foi estabelecida no mesmo local do ano anterior, enquanto a área
132 sem situou-se distante 225 m da primeira, entre estas o espaço entre elas foi mantido
133 com vegetação espontânea roçada. O tamanho das áreas e os períodos no ciclo de
134 desenvolvimento do tabaco foram os mesmos considerados no primeiro ano amostral. O
135 manejo do desponte do tabaco na área sem as faixas de flores, contudo, foi tardio,
136 realizado em meados de dezembro, além daquele feito no início do período reprodutivo
137 da cultura.

138 As faixas de flores, foram do mesmo tamanho que as do ano anterior e
139 constituídas com as mesmas espécies vegetais, entretanto, foram feitas duas
140 sementeiras, a primeira, concomitantemente ao transplante das mudas de tabaco (10 de
141 setembro) e a segunda em 6 de novembro, no início da fase reprodutiva. A quantidade
142 de sementes de cada espécie e o modo de sementeira foram os mesmos da safra anterior.

143 As áreas de tabaco foram subdivididas em quatro subáreas (pseudo-réplicas) e as
144 amostragens foram iguais à safra anterior, com o acréscimo de que, em todas as
145 ocasiões, as joaninhas (Coccinellidae) presentes nas folhas amostradas foram
146 capturadas.

147 Nas faixas de flores, foram realizadas observações ao longo de toda safra para
148 verificar a ocorrência de imaturos de sirfídeos e pulgões nas três espécies vegetais. As
149 duas faixas de flores foram divididas em quatro parcelas (7,5 x 5 m) (pseudo-réplicas) e,
150 em cada uma delas, seis plantas, duas de cada espécie, foram sorteadas e inspecionadas.

151 A triagem dos dados foi realizada da mesma forma do ano anterior.

152 **Identificação e análise dos dados**

153 O material amostrado foi encaminhado a especialistas para determinação das
154 espécies, com exceção das joaninhas, que foram identificadas com base nas chaves
155 propostas por ARIOLI (1983).

156 Os valores de temperatura, umidade relativa e precipitação pluviométrica ao
157 longo das duas safras, foram obtidos pela estação meteorológica instalada na ADET.

158 Os dados das duas safras foram analisados da mesma forma. O número médio de
159 pulgões, ovos, larvas, pupas de sirfídeos e múmias (na safra 2013/2014) calculados,
160 foram testados quanto à normalidade e comparados entre os tratamentos pelo teste de
161 Mann-Whitney. A influência dos fatores meteorológicos sobre os inimigos naturais e o
162 número de pulgões foi avaliada por meio de correlação de Spearman. Para a análise dos
163 dados foi utilizado o programa estatístico Biostat 5.0 (AYRES *et al.*, 2007). O nível de
164 significância adotado foi de 5%.

165 **RESULTADOS**

166 **Safra 2012/2013** – Apenas a espécie *M. persicae* foi registrada. Considerando
167 ninfas e adultos alados ou não, não houve diferença significativa entre o número médio
168 de pulgões capturados na área com faixas de flores ($104,45 \pm 41,91$ pulgões/ocasião) e
169 sem ($137,54 \pm 67,34$) ($U = 57,5$; $p = 0,421$). O primeiro registro de pulgões, em ambas
170 as áreas, ocorreu em início de novembro, atingindo pico populacional na semana
171 seguinte (Fig. 1A). Nesse período, o tabaco estava iniciando o estágio reprodutivo e, em
172 6 de dezembro, as plantas foram decapadas. Nas faixas de flores, a floração da canola,
173 nabo-forrageiro e do trigo sarraceno teve início em 1º de novembro e terminou em 13 de
174 dezembro.

175 **Figura 1.**

176 Foi constatada correlação negativa e significativa entre o número médio de
177 pulgões e de sirfídeos, exceto *M. persicae* na área sem flores, com as médias de
178 temperatura mínima, precipitação pluviométrica e umidade relativa nas duas áreas (Tab.
179 I; Figs 1B e C).

180 Tabela I.

181 Não foi observada diferença significativa das médias de imaturos (ovos, larvas e
182 pupas) de Syrphidae entre as áreas com e sem bordadura ($U = 844$; $p = 0,747$). Dos 257
183 ovos, 474 larvas e 44 pupas de Syrphidae amostrados nas folhas de tabaco, 115
184 emergiram e nove pupas estavam parasitadas por Diplazontinae (Hymenoptera:
185 Ichneumonidae). Todos os imaturos coletados pertenciam ao gênero *Allograpta*,
186 representado neste estudo por duas espécies, *Allograpta exotica* (Wiedemann, 1830) e
187 *Allograpta hastata* Fluke, 1942, a primeira constituiu 80,86% do total de dípteros
188 emergidos. Registra-se pela primeira vez ambas as espécies em lavoura de tabaco
189 orgânico no Brasil associadas à predação de *M. persicae*.

190 **Safra 2013/2014** - A colonização da cultura por *M. persicae* teve início em final
191 de outubro estendendo-se até final de dezembro de 2013. O número médio de pulgões
192 na área com faixas de flores ($4,45 \pm 1,03$) foi significativamente menor que o da sem
193 ($57 \pm 23,01$) ($U = 35$; $p = 0,047$). A abundância de *M. persicae* variou ao longo do
194 tempo na área sem faixa (Fig. 2A), enquanto na área com as faixas de flores não foram
195 identificados picos populacionais.

196 Figura 2.

197 Houve correlação significativa e positiva entre as temperaturas mínima, média e
198 máxima e o número médio de pulgões (Tab. II; Figs. 2 B e C). Para imaturos de
199 sirfídeos, não foi constatada correlação entre a abundância e os fatores meteorológicos.
200 Dos 81 ovos, 73 larvas e 17 pupas que foram amostrados, 37 sirfídeos emergiram e três

201 pupas estavam parasitadas por insetos pertencentes a mesma subfamília dos encontrados
202 na safra anterior. Foi constatada abundância significativamente maior de ovos na área
203 de tabaco com faixa de flores ($U = 727,5$; $p = 0,0447$). As espécies encontradas foram
204 as mesmas da safra anterior, *A. exotica* e *A. hastata*, sendo que a primeira constituiu
205 83,78% do total de dípteros emergidos. Somente foi possível determinar as espécies de
206 *Allograpta* após a emergência.

207 Coccinelídeos adultos predando pulgões na área com faixas de flores foram
208 observados de 6 de novembro até o final de dezembro, sendo coletados 23 espécimes,
209 distribuídos em três espécies: *Eriopsis connexa* (Germar, 1824) (13 espécimes),
210 *Cycloneda sanguinea* (L., 1763) (4) e *Hippodamia convergens* (Guerin-Meneville,
211 1842) (6). Na área sem faixa, foi encontrado somente um indivíduo de *E. connexa* ao
212 longo da safra 2013.

213 Tabela II.

214 Nesse segundo ano de estudo, foram encontrados 274 pulgões mumificados,
215 somente nas três primeiras semanas de amostragem na área com faixas de flores. Na
216 área sem faixa, não foram observadas múmias. Um total de 250 parasitoides da espécie
217 *Aphidius platensis* Brethes, 1913 (Hymenoptera, Aphidiidae) emergiu. Das outras 24
218 múmias os espécimes emergidos pertencem à Figitidae com três indivíduos,
219 Megaspilidae (quatro) e Encyrtidae (17), todos hiperparasitoides.

220 Não foram encontrados pulgões e imaturos de sirfídeos nas faixas de flores.

221 DISCUSSÃO

222 O primeiro pico populacional de *M. persicae* ao longo das duas safras antecedeu
223 o período reprodutivo da cultura, o que pode estar relacionado à concentração de
224 nutrientes da planta no ápice, onde a inflorescência se desenvolve, favorecendo o
225 desenvolvimento das colônias de pulgões (HODKINSON & HUGHES, 1982),

226 principalmente relacionado ao menor teor de nicotina na região apical da planta.
227 Difundida mundialmente no cultivo de tabaco para produção de folhas, a decapagem,
228 desponte ou capação de flores consiste na remoção da parte superior da planta, e ocorre,
229 em média 70 dias após o transplante das mudas para o campo. Esse processo visa evitar
230 que os nutrientes absorvidos e sintetizados pela planta sejam utilizados para formação
231 de flores e produção de sementes, mas sim pelas folhas, fazendo com que estas se
232 desenvolvam mais, com maior peso e qualidade (SOUZA CRUZ, 2014). De acordo com
233 COLLINS & HAWKS (1993), a decapagem estimula a síntese de carboidratos nas folhas e
234 coincide com o período de maior concentração de nicotina nas plantas. Dessa forma, a
235 decapagem e o posterior controle de rebrotes, contribuem para a redução da abundância
236 de *M. persicae*. Com o passar do tempo, as folhas se tornam rígidas, o que também
237 limita a ocorrência de fitossuccívoros, uma vez que estes não conseguem inserir o
238 aparelho bucal na epiderme e acessar o floema (STRONG *et al.*, 1984).

239 A correlação registrada entre a temperatura ambiente e a densidade populacional
240 dos afídeos na safra 2012/2013 era esperada, visto que, de maneira geral, a temperatura
241 é considerada a principal variável que atua sobre a dinâmica populacional de pulgões
242 (TANG *et al.*, 1999). Para *M. persicae*, CIVIDANES & SOUZA (2003) já evidenciaram que
243 as temperaturas de 23 e 25 °C proporcionaram as melhores condições térmicas para o
244 crescimento populacional da espécie. Nessas temperaturas, os autores observaram o
245 maior valor da capacidade inata de aumentar em número, menor valor da duração média
246 da geração e menor tempo necessário para a população duplicar em número de
247 indivíduos. Da mesma forma, constataram 100% de mortalidade de ninfas, quando
248 mantidas a 30 °C, o que sugere que esta espécie de pulgão está adaptada a condições
249 climáticas em que predominam temperaturas amenas. Assim, no presente estudo, o
250 aumento populacional pode também estar relacionado à temperatura média favorável

251 para a proliferação desses insetos. A correlação negativa da precipitação pluviométrica
252 e da umidade relativa com os pulgões e os imaturos de sirfídeos sugere que quanto mais
253 chove menos pulgões permanecem nas folhas (HUGHES, 1963), e sem recurso, ocorre o
254 mesmo com as larvas de sirfídeos. CIVIDANES (2002) observou correlação negativa
255 entre umidade relativa e pluviosidade, fatores que foram considerados relevantes na
256 mortalidade de *Brevycorine brassicae* (L.) associado á couve.

257 Embora a resposta dos sirfídeos às condições ambientais não tenha sido
258 semelhante nas duas safras, sabe-se que os organismos associados aos pulgões também
259 podem reagir às mudanças na temperatura, resultando em alterações na dinâmica dessas
260 comunidades. Por outro lado, os predadores respondem a densidade de suas presas
261 (SMITS *et al.*, 2012). Observando-se a variação no número de pulgões e de sirfídeos
262 (pupas, larvas e ovos) ao longo das ocasiões de amostragem, percebe-se que a
263 quantidade de imaturos do predador acompanhou a do fitossuccívoro em ambas as áreas
264 experimentais e nas duas safras. Interessante ressaltar que os imaturos de sirfídeos
265 encontrados na lavoura ao longo das duas safras (*A. exotica* e *A. hastata*), foram
266 também as espécies mais abundantes coletadas nas faixas de flores, em levantamento
267 conduzido durante o primeiro ano de estudo (REDAELLI *et al.*, 2015), sugerindo que as
268 flores forneceram recurso para os adultos, possivelmente atuando no tempo de retenção
269 dessas espécies benéficas na área, e permitindo sua dispersão para dentro do cultivo em
270 área próxima ao recurso. Semelhante a este trabalho, AUAD *et al.* (1997) constataram
271 em cultura de pessegueiro, que a população de sirfídeos no campo acompanhou à
272 presença de afídeos, o que também foi observado por HOGG *et al.* (2011) em cultivo de
273 alface na Califórnia.

274 No primeiro ano de amostragem, não foi possível observar a contribuição das
275 faixas de flores, para a redução populacional de *M. persicae*, mesmo tendo sido

276 registrados sirfídeos. O fato das duas áreas amostrais estarem inseridas numa mesma
277 lavoura no primeiro ano experimental, onde o espaço entre as ambas era constituído por
278 tabaco, provavelmente favoreceu a contínua recolonização das mesmas com pulgões,
279 não permitindo a observação de diferença na abundância destes entre as áreas.

280 A quantidade de pulgões foi menor de modo geral na safra 2013/2014, o que
281 pode estar relacionado às temperaturas mais baixas registradas neste período
282 comparadas a primeira safra. O segundo pico populacional observado em dezembro, na
283 área sem faixas de flores, está possivelmente relacionado ao manejo tardio do segundo
284 desponte, permitindo o crescimento daquelas colônias previamente estabelecidas nas
285 plantas.

286 As condições ambientais menos favoráveis à proliferação de *M. presicae*, aliada
287 às alterações metodológicas adotadas (dupla semeadura e isolamento das áreas
288 amostrais), contribuíram com uma maior abundância de inimigos naturais na área com
289 faixas de flores, no segundo ano de estudo, sugerindo que as flores podem beneficiar
290 parasitoides e predadores sem aumentar o percentual de infestação da praga.

291 Áreas distantes e não inseridas em um contínuo de tabaco, dificultam a
292 colonização periódica dos pulgões na lavoura, fazendo com que a concentração de
293 sirfídeos, com mais capacidade de dispersão que suas presas, seja maior onde o recurso
294 para os adultos é mais abundante. A manutenção das flores próximas ao cultivo faz com
295 que estes predadores sejam atraídos e não abandonem a área em busca de outros
296 recursos alimentares (REBEK *et al.*, 2005).

297 A presença de flores possivelmente foi responsável pela ocorrência de joaninhas
298 e parasitoides, diferente do observado na área sem as faixas. Coccinellidae, de modo
299 geral, utiliza pólen e néctar para manutenção metabólica e desenvolvimento gamético,
300 fazendo das flores um recurso complementar na ausência ou escassez de presas (LIXA *et*

301 *al.*, 2010). As três espécies coletadas neste trabalho já foram registradas se alimentando
302 de flores de espécies como coentro, *Coriandrum sativum* L., endro, *Anethum graveolens*
303 L., erva-doce, *Pimpinella anisum* L. (Apiaceae) (LIXA *et al.*, 2010, TOGNI *et al.*, 2010),
304 entretanto, ainda não existem relatos de alimentação nas flores de canola, trigo
305 sarraceno e nabo forrageiro.

306 Os parasitoides adultos por sua vez, fazem uso de néctar como fonte de
307 carboidratos (WÄCKERS *et al.*, 1996) e ocasionalmente de pólen (JERVIS *et al.*, 1992,
308 LANDIS *et al.*, 2000). A maior abundância de múmias foi registrada em 30 de outubro
309 com aproximadamente 36% destas hiperparasitadas. A baixa incidência de *A. platensis*
310 ao longo das ocasiões de amostragem pode estar associada à ação dos hiperparasitoides,
311 ou dos próprios predadores, que muitas vezes não detectam e reconhecem marcas
312 deixadas pela fêmea do parasitoide, ou alterações na morfologia e fisiologia do pulgão
313 provocada pelo desenvolvimento do parasitoide imaturo, como já registrado em
314 joaninhas (IŞIKBER & COPLAND, 2002) e sirfídeos (ALMOHAMAD *et al.*, 2008), entre
315 outros agentes responsáveis pela mortalidade.

316 AGRADECIMENTOS

317 À Japan Tobacco International (JTI), por disponibilizar área experimental de
318 tabaco orgânico para o desenvolvimento deste estudo, ao CNPq pela concessão de bolsa
319 de estudos aos três primeiros autores e aos especialistas Dr^a. Mirian Nunes Morales
320 (UFLA), Dr. Marcus Vinicius Sampaio (UFU), Biól. Cleder Pezzini (UFRGS) e Dr.
321 Carlos Roberto Sousa e Silva (UFSCAR) pela determinação das espécies de Syrphidae,
322 *Aphidius platensis*, demais parasitoides (Hymenoptera) e *Myzus persicae*,
323 respectivamente.

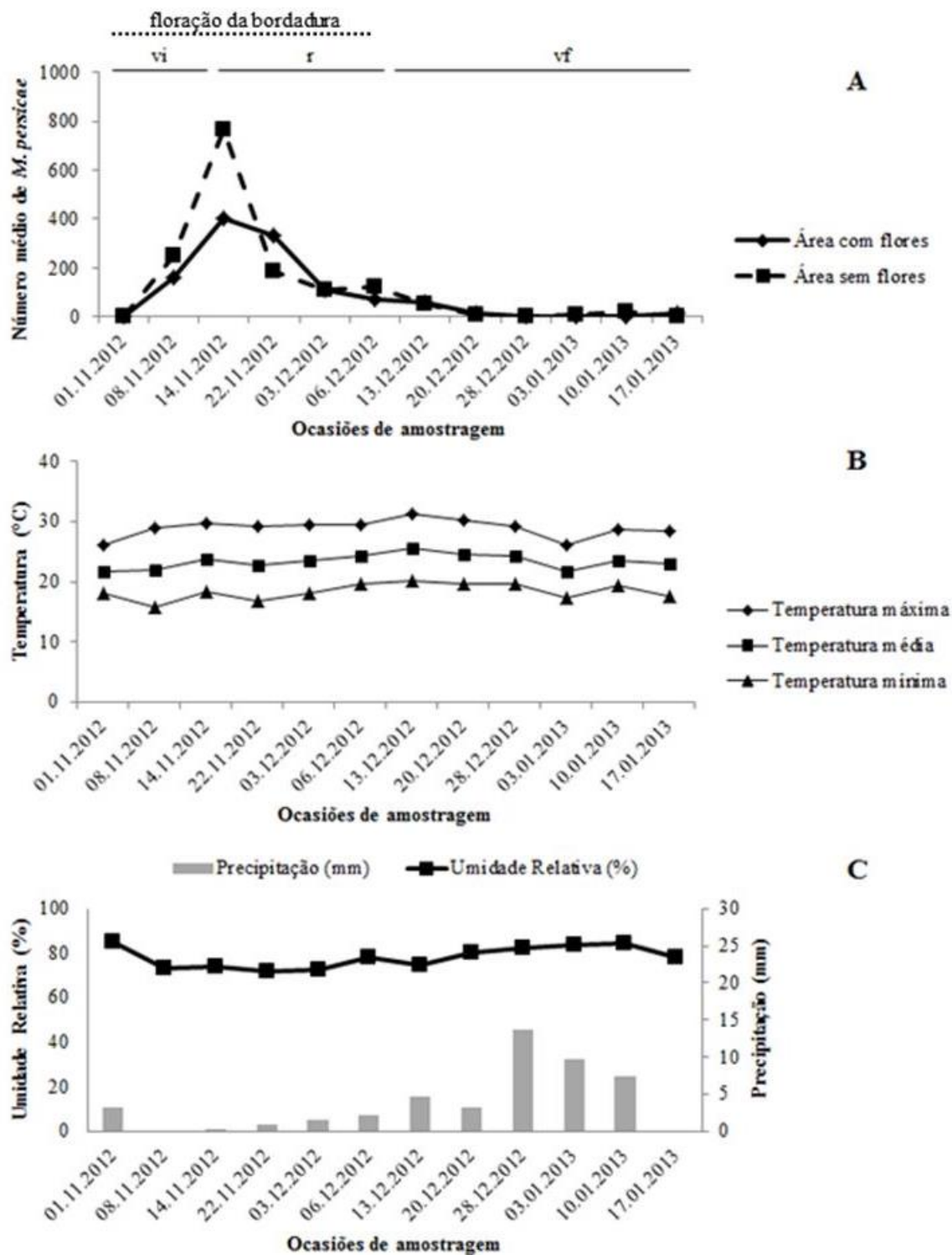
REFERÊNCIAS

324

- 325 ALMOHAMAD, R.; VERHEGGEN, F.J.; FRANCIS, F.; HANCE, T. & HAUBRUGE, E. 2008
326 Discrimination of parasitized aphids by a hoverfly predator: effects on larval
327 performance, foraging, and oviposition behavior, *Entomologia Experimentalis et*
328 *Applicata*. 128: 73-80.
- 329 ARIOLI, M.C.S. Coccinellini no Rio Grande do Sul, Brasil (Coleoptera, Coccinellidae).
330 1983. 179p. Dissertação (Mestrado em Zoologia), Pontifícia Universidade Católica do
331 Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, 2006.
- 332 AUAD, A.M.; BUENO, V.H.P.; KATO, C.M. & GAMARRA, D.C. 1997. Ocorrência e
333 flutuação populacional de predadores e parasitoides de *Brachycaudus (Appelia)*
334 *schwartzi* (Borner) (Homoptera: Aphididae), em pessegueiro, em Jacuí-MG. *Anais da*
335 *Sociedade Entomológica do Brasil*. 26: 257-26.
- 336 AYRES, M.; AYRES, M.J.R.; AYRES, D.L. & SANTOS, A.S. 2007. BioEstat 5.0. Aplicações
337 Estatísticas nas Áreas da Ciências Biológicas e Médicas. Sociedade Civil
338 Mamirauá/MCT, Belém, PA, Brasil.
- 339 BERNDT, L.A. & WRATTEN, S.D. 2005. Effects of alyssum flowers on the longevity,
340 fecundity, and sex ratio of the leafroller parasitoid *Dolichogenidea tasmanica*.
341 *Biological Control*. 32: 65-69.
- 342 BURRACK, H. Tobacco Insect Management. *In.*: Flue-Cured Tobacco Guide. North
343 Carolina Cooperative Extension Service, p. 145-160, 2015.
- 344 CIVIDANES, F.J. 2002. Impacto de inimigos naturais e de fatores meteorológicos sobre
345 uma população de *Brevycorine brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae) em couve.
346 *Neotropical Entomology*. 31(2): 249-255.
- 347 CIVIDANES, F.J. & SOUZA, V.P. 2003. Exigências térmicas e tabelas de vida de
348 fertilidade de *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) em laboratório.
349 *Neotropical Entomology*. 32(3): 413-419.
- 350 COLLINS, W.K. & HAWKS, S.N.JR. 1993. Principles of flue-cured tobacco production.
351 North Carolina State University, Raleigh, USA, 301p.
- 352 DAVIS, D.L. & NIELSEN, M.T. 1999. Tobacco: Production, Chemistry and Technology.
353 Blackweel Science, 457p.
- 354 DÍAZ, M.F.; RAMÍREZ, A. & POVEDA, K. 2012. Efficiency of different egg parasitoids
355 and increased floral diversity for the biological control of noctuid pests. *Biological*
356 *Control*. 60: 182-191.

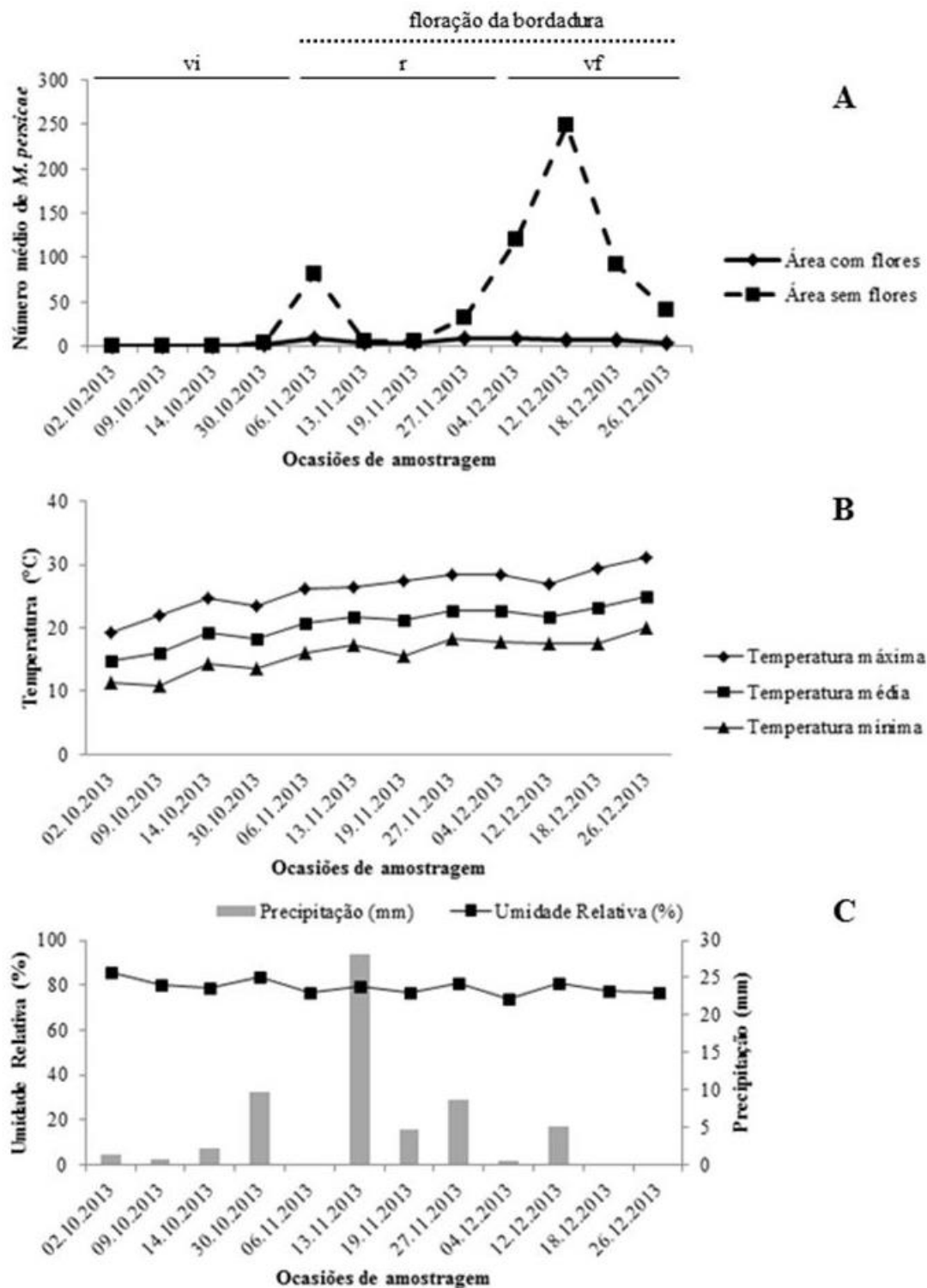
- 357 GURR, G.M.; WRATTENS, S.D. & ALTIERI, M.A. 2004. Ecological Engineering for Pest
358 Management: Advances in Habitat Manipulation for Arthropods. CSIRO Publishing,
359 Collingwood, Australia.
- 360 HOGG, B.N.; NELSON, E.H.; MILLS, N.J. & DAANE, K.M. 2011. Floral resources enhance
361 aphid suppression by a hoverfly. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 141: 138-
362 144.
- 363 HODKINSON, I.D. & HUGHES, M.K. *Insect Herbivory*, Chapman & Hall, New York, 77p.
364 1982.
- 365 HUGHES, R.D. 1963. Population dynamics of the cabbage aphid, *Brevycorine brassicae*
366 (L.). *Journal of Animal Ecology*. 32: 393-424.
- 367 IBGE 2012. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <
368 <http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 28 de outubro de 2012.
- 369 IŞIKBER, A.A. & COPLAND, M.J.W. 2002. Effects of various aphid foods on *Cycloneda*
370 *sanguinea*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 102: 93-97.
- 371 JERVIS, M.A.; KIDD, N. & WALTON, M. 1992. A review of methods for determining
372 dietary range in adult parasitoids. *Entomophaga*. 37: 565–574.
- 373 LANDIS, D.A.; WRATTEN, S.D. & GURR, G.M. 2000. Habitat management to conserve
374 natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual Review of Entomology*. 45:
375 175-201.
- 376 LIXA, A.T.; CAMPOS, J.M.; RESENDE, A.L.S.; SILVA, J.C. & ALMEIDA, M.M.T.B.;
377 AGUIAR-MENEZES, E.L. 2010. Diversidade de Coccinellidae (Coleoptera) em plantas
378 aromáticas (Apiaceae) como sítios de sobrevivência e reprodução em sistema
379 agroecológico. *Neotropical Entomology*. 39(3): 354-359.
- 380 PINEDA, A. 2008. Los sirfidos (Diptera, Syrphidae) en el control integrado de plagas de
381 pulgón em cultivos de pimiento de invernadero. Tese (Doutorado em Biología). Centro
382 Iberoamericano de La Biodiversidad (CIBIO), Universidad de Alicante, Valência,
383 Espanha, 163p.
- 384 REBEK, E.J.; SADOFF, C.S. & HANKS, L.M. 2005. Manipulating the abundance of natural
385 enemies in ornamental landscapes with floral resources plants. *Biological Control*. 33:
386 203-216.
- 387 REDAELLI, L.R.; KLEIN, J.T.; JAHNKE, S.M. & KOHLER, A. 2015. Controle biológico
388 conservativo com faixas de flores em tabaco orgânico (*Nicotiana tabacum* L.):
389 levantamento de sirfídeos afidófagos e registro de interação tritrófica. Anais do 14
390 Simpósio de Controle Biológico, Teresópolis, RJ.

- 391 SMITS, N.; DUPRAZ, C. & DUFOUR, L. 2012. Unexpected lack of influence of tree rows
392 on the dynamics of wheat aphids and their natural enemies in a temperate agroforestry
393 system, *Agroforest Syst.* 85: 153-164.
- 394 SOUZA CRUZ 2014. Disponível em <<http://souzacruz.com.br/>>. Acesso em 27 de agosto
395 de 2014.
- 396 STRONG, D.R.; LAWTON, J.H. & SOUTHWOOD, R. 1984. *Insects on Plants*, Blackwell
397 Science, London, 312p.
- 398 TANG, Y.Q.; LAPOINTE, S.L.; BROWN, L.G. & HUNTER, W.B. 1999. Effects of host plant
399 and temperature on the biology of *Toxoptera citricida* (Homoptera: Aphididae).
400 *Environmental Entomology.* 28: 895-900.
- 401 TOGNI, P.H.B.; CAVALCANTE, K.R.; LANGER, L.F.; GRAVINA, C.S.; MEDEIROS, M.A.;
402 PIRES, C.S.S.; FONTES, E.M.G. & SUJII, E.R. 2010. Conservação de inimigos naturais
403 (Insecta) em tomateiro orgânico. *Arquivos do Instituto Biológico.* 77(4): 669-676.
- 404 WÄCKERS, F.L.; BJORSEN, A. & DORN, S. 1996. A comparison of flowering herbs with
405 respect to their nectar accessibility for the parasitoid *Pimpla turionellae*. *Proceedings of*
406 *Experimental Applied Entomology.* 7: 177–182.
- 407 WYCKHUYS, K.A.G.; LU, Y.; MORALES, H.; VAZQUEZ, L.L.; LEGASPI, J.C.; ELIOPOULOS,
408 P.A. & HERNANDEZ, L.M. 2013. Current status and potential of conservation biological
409 control for agriculture in the developing world. *Biological Control.* 65: 152-1673.
410
411



412

413 Fig. 1. Número médio semanal de *Myzus persicae* registrados, nas duas áreas de
 414 tabaco orgânico, por ocasião de amostragem nos diferentes estágios de
 415 desenvolvimento da cultura (vi, vegetativo inicial; r, reprodutivo; vf,
 416 vegetativo final); (A) valores médios acumulados de temperatura, (B) e
 417 médias de precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar (C) dos sete
 418 dias anteriores a cada ocasião de amostragem. Santa Cruz do Sul, RS, de
 419 novembro de 2012 a janeiro de 2013.



420

421 Fig. 2. Número médio semanal de *Myzus persicae* registrados, nas duas áreas de tabaco
 422 orgânico, por ocasião de amostragem nos diferentes estágios de desenvolvimento
 423 da cultura (vi, vegetativo inicial; r, reprodutivo; vf, vegetativo final); (A), valores
 424 médios acumulados de temperatura, (B) e médias de precipitação pluviométrica e
 425 umidade relativa do ar (C) dos sete dias anteriores a cada ocasião de
 426 amostragem. Santa Cruz do Sul, RS, de outubro a dezembro de 2013.

427

428 Tabela I. Valores dos coeficientes de correlação de Spearman entre os números médios
 429 de *Myzus persicae* e de sirfídeos afidófagos com os fatores abióticos, nas
 430 áreas com faixa de flores (Área 1) e sem (Área 2) em tabaco orgânico. Santa
 431 Cruz do Sul, RS, de novembro de 2012 a janeiro de 2013.
 432

Fatores	Áreas			
	1		2	
	<i>M. persicae</i>	Sirfídeos	<i>M. persicae</i>	Sirfídeos
Temperaturas (°C)				
média	-0,1183	-0,1504	-0,0511	-0,2372
máxima	0,282	0,2725	0,2339	0,1142
mínima	-0,3682*	-0,7968*	-0,2372	-0,4939*
Precipitação (mm)	-0,7282*	-0,6691*	-0,5416*	-0,6747*
Umidade Relativa (%)	-0,8326*	-0,7317*	-0,6844*	-0,7895*

433 *Significante a 5%

434

435

436 Tabela II. Valores dos coeficientes de correlação de Spearman entre os números médios de
 437 *Myzus persicae* e de sirfídeos afidófagos e os fatores abióticos, nas áreas com faixa
 438 de flores (Área 1) e sem (Área 2) em tabaco orgânico. Santa Cruz do Sul, RS, de
 439 outubro a dezembro 2013.
 440

Fatores	Áreas			
	1		2	
	<i>M. persicae</i>	Sirfídeos	<i>M. persicae</i>	Sirfídeos
Temperaturas (°C)				
média	0,5526*	0,2438	0,6083*	0,136
máxima	0,5552*	0,247	0,5844*	0,1568
mínima	0,5655*	0,2938	0,5922*	0,2
Precipitação (mm)	-0,1134	-0,1168	-0,2412	-0,1514
Umidade Relativa (%)	-0,2937	-0,203	-0,3013*	-0,064

441 *Significante a 5%

3 ARTIGO 2

Aphidophagous hoverflies (Diptera) associated with flower strips in organic tobacco in Southern Brazil²

² Nota científica configurada segundo as normas da revista Pesquisa Agropecuária Brasileira

26 **Sirfídeos afidófagos (Diptera) associados a faixas de flores em tabaco orgânico no**
27 **sul do Brasil**

28 **Resumo**

29 O presente estudo objetivou identificar a fauna de sirfídeos, especialmente as
30 espécies afidófagas, associadas a faixas de flores no entorno de tabaco orgânico, bem
31 como investigar seu período diário de atividade. As faixas de flores continham uma
32 mistura de *Fagopyrum esculentum*, *Raphanus sativus* e *Brassica napus* cultivadas nas
33 bordaduras de lavoura de tabaco orgânico. Quatro espécies de sirfídeos afidófagos
34 foram coletadas, *Allograpta exotica*, *Allograpta hastata*, *Pseudodorus clavatus* e
35 *Toxomerus dispar* (Diptera: Syrphidae). A maior abundância de sirfídeos foi no turno da
36 manhã. Larvas de *A. exotica* e *A. hastata* foram encontradas na lavoura tabaco.

37

38 **Termos para indexação:** controle biológico conservativo, manipulação de habitat,
39 *Nicotiana tabacum*, sirfídeos.

40

41 Studies conducted in different crop fields during the last decades demonstrated
42 the potential of habitat diversification to enhance abundance and diversity of natural
43 enemies of insect pests (Jonsson et al., 2008), like aphids (Alhmedi et al., 2007). The
44 management of vegetation around or within the crop, through the implementation of
45 refuges and/or flower strips can increase the development of sustainable agricultural
46 systems, with low use of pesticides and energetically efficient (Landis et al., 2000).
47 Flowers provide alternative food source for predators and parasitoids and can thus
48 optimize the biological control by the combined effects of increased survival, longevity,
49 fertility, immigration and retention time of these organisms in agroecosystems (Landis
50 et al., 2000, Laubertie et al., 2012).

51 Despite the socio-economic importance of tobacco to the state of Rio Grande do
52 Sul and Brazil and the increasing world interest in certified organic tobacco, the
53 integrated pest management (IPM) in this crop is still recent. The few studies related to
54 IPM are about biodiversity aspects of parasitoids wasps associated with tobacco
55 growing field, such as an inventory of Hymenoptera families conducted by Dorfey et al.
56 (2011). However, studies regarding the natural biological control of aphid populations
57 by parasitoids and especially predators, like ladybugs and hoverflies larvae, are still
58 incipient. This paper listed the syrphid fauna associated with flower strips grown on the
59 edges of organic tobacco field in Santa Cruz do Sul, RS, Brazil, as well as registered
60 their occurrence along day time.

61 The experimental area was installed in the Agronomy, Development,
62 Extension and Training Center (ADET) of Japan Tobacco International (JTI) in
63 Santa Cruz do Sul, RS, the coordinates 29°43'59" S, 52°24'52" W, average elevation of
64 122 meters above sea level. The climate is subtropical, with average temperatures of 19
65 °C, maximum 42 °C and a minimum of 5 °C; rainfall occurring between 100 and 126
66 days a year, with 1300-1800 mm of annual rainfall, and the prevailing winds are from
67 the east quadrant, with an average speed 1.5 to 2.0 meters per second (IBGE, 2012).

68 The experiment was conducted from August 2012 to January 2013, in an area of
69 20 m x 30 m, set in experimental organic tobacco field of 45,000 m², variety PVH2254.
70 Soil fertilization was made with poultry manure (18 tons/ha) and oat cultivation
71 between harvest from one year to another. Weed control was performed by hand.
72 Additionally, after topping, mineral oil was applied for sucker control. On the edges of
73 growing tobacco plants, three mixed seed species were sown, being thrown by hand into
74 two strips of 5 m wide and 30 m long, one on each side of the area, following the
75 direction of the rows. The species of the flower strips were *Fagopyrum esculentum*

76 Moench (Polygonaceae), *Raphanus sativus* Linnaeus (Brassicaceae) and *Brassica napus*
77 Linnaeus (Brassicaceae). We used a total of 450 g of moisture seed (150 g seeds of each
78 species) in each of the edges. The sowing of the flower strips was made in the same
79 week tobacco was transplanted to the field.

80 Syrphidae collection in the flower strips was performed by direct samples of
81 adults, with entomological net (30 cm diameter), in three sampling occasions during the
82 field season: 11/08/2012, 11/22/2012 and 12/06/2012. Inspections were made hourly
83 from 9 am until 4 pm, during which the two flower strips were examined for a period of
84 ten minutes each. Only insects resting on the flowers were captured. Vouchers
85 specimens were deposited in the collection at the Department of Entomology,
86 Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, Brazil.

87 Considering all three species of flowers, we sampled 323 specimens of
88 Syrphidae, belonging to two subfamilies, distributed in six genera and ten species.
89 Syrphinae was the most abundant subfamily represented by *Allograpta exotica*
90 (Wiedemann, 1830) (73.68%), *Allograpta hastata* Fluke, 1942 (17.95%), *Pseudodorus*
91 *clavatus* (Fabricius, 1794) (0.92%) and *Toxomerus dispar* (Fabricius, 1794) (0.3%), all
92 of them with predaceous larvae. Eristalinae, with non-predaceous larvae, was
93 represented by the following species: *Eristalis tenax* (Linnaeus, 1758) (2.16%), *Palpada*
94 *agrorum* (Fabricius, 1787) (1.23%), *Palpada distinguenda* (Wiedemann, 1830)
95 (1.54%), *Palpada precipua* (Williston, 1888) (0.3%), *Palpada pusilla* (Macquart, 1842)
96 (0.3%) and *Syrirta flaviventris* Macquart, 1842 (1.54%).

97 We did not observe immature syrphids and aphids on the flower strips.
98 *Allograpta* Osten Sacken, 1875, was the most representative genus in the flower strips
99 with over 70% of individuals sampled at all occasions. *Allograpta exotica* and *A.*
100 *hastata*, the most abundant species on the flower strips, were the only two species we

101 found larvae in tobacco growing plants. Few studies make inference to *A. hastata*, while
102 *A. exotica* has been observed associated with *Aphis gossypi* Glover, 1877, *Myzus*
103 *persicae* (Sulzer, 1776) and *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus, 1758) in different
104 cultures (Auad & Trevizani, 2005) and reported preying on *A. gossypi* in watermelon in
105 RS (Sturza et al., 2011). In tobacco, *A. exotica* was recorded preying on *Bemisia tabaci*
106 Gennadius, 1889 (Hemiptera: Aleyrodidae) in Brasilia, DF (Oliveira et al., 2003). In
107 Macedonia, Krsteska (2008) reported the occurrence of the following adult hoverflies in
108 tobacco crop: *Sphaerophoria scripta* (Linnaeus, 1758), *Sphaerophoria rueppellii*
109 (Wiedemann, 1830) *Scaeva pyrastris* (Linnaeus, 1758), *Episyrphus balteatus* De Geer,
110 1776, *Eupeodes corollae* (Fabricius, 1794), *Syrphus ribesii* (Linnaeus, 1758), *Paragus*
111 *quadrifasciatus* Meigen, 1822, *Paragus testaceus* Meigen, 1822, *Paragus tibialis*
112 (Fallén, 1817), *Melanostoma mellinum* (Linnaeus, 1758), which were not found in this
113 study indicating geographical differences in the species associated with tobacco.
114 Although with few individuals sampled in this study, *P. clavatus* was already recorded
115 by Auad & Trevisani (2005) in citrus crop, cabbage, cucumber, wheat and potato in
116 Lavras, MG, Brazil. Finally, species of *Toxomerus* were reported associated to
117 *Raphanus sativus* Linnaeus var. *oleiferus* Metzg and *F. esculentum* flower strips around
118 onion fields in the state of Santa Catarina, BR (Gonçalves & Souza-Silva, 2003). The
119 lack of information about *T. dispar* could be explained by a genus reference of the
120 specimens in most papers and not necessarily to a restricted biogeographical distribution
121 or occasional occurrence.

122 The greatest amount of syrphid flies was collected at 9 am with 59 individuals,
123 followed by 10 am and 12 am, both with 52 specimens. Comparing shifts, the mean
124 number of hoverflies captured during the morning (25.62 ± 1.748) was statistically
125 higher from that of the afternoon (14.75 ± 2.696) ($F = 11.4508$; $p = 0.0148$), which

126 could be explained by the variation on the concentration of nectar secretion along the
127 day. Buckwheat nectary, for example, reduces its sugar concentration from 34% in early
128 morning to less than 10% (Cawoy et al., 2009). Using the average of the temperatures
129 recorded between the intervals at each sampling hour in each of the three sampling
130 occasions, a negative correlation was observed between the temperature and the mean
131 number of hoverflies ($r = - 0.7683$; $p = 0.0259$). The smaller number of syrphid
132 collected at the times when the temperature was higher can be explained because some
133 pollinators insect temporarily cease foraging during periods of high temperatures, when
134 solar radiation is more intense, others avoid direct exposure flying closer to the ground
135 (Kevan & Baker, 1998).

136 Considering that during the evaluated period all three species were in bloom, the
137 abundance of Syrphinae between flower species was similar ($H = 0.6142$; $p = 0.7356$),
138 except for *A. hastata* which were collected more often in flowers of *F. esculentum*
139 (1.2083 ± 0.3127) and *R. sativus* (1.1250 ± 0.4827) than *B. napus* (0.0833 ± 0.0833) (H
140 $= 12.2999$; $p = 0.0021$).

141 The use of flower strips in agricultural systems is a promising tool to
142 conservation biological control of aphids. The knowledge of natural enemies species
143 associated to aphids in tobacco growing fields may provide a basis for future studies
144 aiming to enhance the action of these insects over pest populations. Aspects related to
145 hoverflies behavior, such as the preference for flower species, scattering into the crop,
146 oviposition preferences, daily activity period and even the relationship between other
147 organisms that occupy the same niche are essential to understand these interactions and
148 to make, in the future, conservation biological control a successful approach on IPM in
149 this system.

150

Acknowledgments

151
152 To Japan Tobacco International for providing the experimental area. To
153 Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) for granting
154 fellowship to the authors. To Dr. Mirian Morales for identification of syrphid flies.

155

References

- 156
157 ALHMEDI, A.; HAUBRUGE, E.; BODSON, B.; FRANCIS, F. Aphidophagous guilds
158 on nettle (*Urtica dioica*) strips close to field of green pea, rape and wheat. **Insect**
159 **Science**, v. 14, p. 419-424, 2007.
- 160 AUAD, A. M.; TREVIZANI, R. Ocorrência de sirfídeos afidófagos (Diptera,
161 Syrphidae) em Lavras, MG. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 49, p. 425-426,
162 2005.
- 163 CAWOY, V.; LEDENT, J. F.; KINET, J. M.; JACQUEMART, A. L. Floral Biology of
164 Common Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench). **The European Journal of**
165 **Plant Science and Biotechnology** 3. Special Issue 1. 9p. Global Science Books, 2009.
- 166 DORFEY, C.; SCHOENINGER, K.; KÖHLER, A. Levantamento das famílias de
167 himenópteros parasitoides associados ao cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) em
168 Santa Cruz do Sul e Lagoão, Rio Grande do Sul, Brasil. **Arquivos do Instituto**
169 **Biológico**, v. 78, n. 3, p. 449-451, 2011.
- 170 GONÇALVES, P.A.S.; SOUZA-SILVA, C.R. Efeito de espécies vegetais em bordadura
171 em cebola sobre a densidade populacional de tripes e sirfídeos predadores.
172 **Horticultura Brasileira**, v. 21, p. 731-734, 2003.
- 173 IBGE. 2012. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Available from:
174 <http://www.ibge.gov.br> (accessed 28 October 2012).

- 175 JONSSON, M.; WRATTEN, S. D.; LANDIS, D. A.; GURR, G. M. Recent advances in
176 conservation biological control of arthropods by arthropods. **Biological Control**, v. 45,
177 p. 172-175, 2008.
- 178 KEVAN, P.G.; BAKER, H.G. Insects on Flowers. In.: HUFFAKER, C.B.;
179 GUTIERREZ, A.P. **Ecological Entomology**. John Wiley & Sons, Inc., New York,
180 1998. p. 553-578.
- 181 KRSTESKA, V. Population dynamics of aphidophagus hoverflies on tobacco plants.
182 **Acta Entomologica Serbica**, v. 13, p. 27-41, 2008.
- 183 LANDIS, D. A.; WRATTEN, S. D.; GURR, G. M. Habitat management to conserve
184 natural enemies of arthropod pests in agriculture. **Annual Review of Entomology**, v.
185 45, p. 175–201, 2000.
- 186 LAUBERTIE, E. A.; WRATTEN, S. D.; HEMPTINNE, JEAN-LOUIS. The
187 contribution of potential beneficial insectary plant species to adult hoverfly (Diptera:
188 Syrphidae) fitness. **Biological Control**, v. 61, p. 1-6, 2012.
- 189 OLIVEIRA, M. R. V.; AMANCIO, E.; LAUMANN, R. A.; GOMES, L. O. Natural
190 enemies of *Bemisia tabaci* (Gennadius) B biotype and *Trialeurodes vaporariorum*
191 (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae) in Brasilia, Brazil. **Neotropical Entomology**, v.
192 32, p. 151-154, 2003.
- 193 STURZA, V. S.; DORFEY, C.; PONCIO, S.; DEQUECH, S. T. B.; BOLZAN, A. First
194 record of larvae of *Allograpta exotica* Wiedemann (Diptera, Syrphidae) preying on
195 *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera, Aphididae) in watermelon in Brazil. **Revista**
196 **Brasileira de Entomologia**, v. 55, p. 272-274, 2011.

4 ARTIGO 3

**Effects of flower strips on the biological control of *Myzus persicae* (Sulzer)
(Hemiptera: Aphididae) on organic tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) in North
Carolina, USA³**

³ Artigo configurado segundo as normas da Crop Protection

26 **Highlights**

27 > An edge of the field effect on beneficial insects was observed.

28 > Predator and parasitoid abundance was higher near the flowering plants

29 > There was no difference between treatments on aphid and natural enemies
30 populations.

31

32 **1 Introduction**

33 The global demand for certified organic tobacco (*Nicotiana tabacum* L.)
34 encourages the development of new strategies of integrated pest management (IPM) that
35 enable agricultural sustainability, minimize environmental impact, provide safe
36 conditions for the producers and lower production costs. North Carolina is the largest
37 flue-cured producing state in the USA (Brown and Snell, 2015). Organic tobacco is
38 worth approximately twice as much as compared to conventionally grown tobacco, but
39 it is also more challenging. In particular, aphid control is harder because there are few
40 organic insecticides registered. Studies evaluating the parasitism rates and seasonal
41 abundance of tobacco aphids natural enemies, in field conditions, were mostly
42 developed in Europe so far (Kavallieratos et al., 2004, 2005), while research regarding
43 biological control aspects of the species that use tobacco as a host in the USA are most
44 focused on caterpillar parasitism (Vinson and Barras, 1970; Barbosa et al., 1991;
45 Beckage and Kanost, 1993; Alleyne and Beckage 1997).

46 Aphids occur worldwide in a wide range of hosts, including some important
47 crops such as tobacco. *Myzus persicae* (Sulzer, 1778) (Hemiptera, Aphididae), known
48 as the green peach aphid or the peach-potato aphid, is considered a major pest in
49 tobacco growing fields in North America (Davis and Nielsen, 1999). Aphids suck sap
50 from the plant, which stunts growth and causes distortion. Heavy aphid infestations and

51 virus infections cause reductions in both yield, due to leaf feeding, and quality, due to
52 sooty mold growth on honey dew deposits of tobacco. Aphids are also important vectors
53 of virus diseases of tobacco in many parts of the world (Burrack, 2015).

54 Recent research has demonstrated the potential of habitat diversification in
55 reducing aphids density (White et al., 1995; Frank, 1999; Van Rijn et al., 2013). This
56 reduction can be attributed to the abundance and richness of predators and parasitoids
57 (Rossing et al., 2003; Heimpel and Jervis, 2005; Winkler et al., 2006; Altieri, 2012).
58 These studies highlight the role of flowers in increasing natural biological control of
59 insects as one of the factors that could favor the development of sustainable agricultural
60 systems. This suggests that biological control could be optimized through the combined
61 effects of increased survival, longevity, fertility, immigration and retention time of
62 natural enemies (Hickmann and Wratten, 1996, Sandhu et al., 2010; Wackers and Van
63 Rijn, 2012).

64 Floral strips have been tested to increase biological control of agricultural pests
65 in different crops and regions all over the world (Nentwig, 1998; Landis et al., 2000;
66 Luck et al., 2003; Wratten et al., 2003; Gurr et al., 2004, 2007; Berndt and Wratten,
67 2005; Barbosa et al., 2011), but have not been employed in tobacco fields. The effects
68 of floral strips cannot always be generalized to other countries or crops. Therefore data
69 from a wide number of crops and locals is necessary to develop more general models of
70 conservation biological control.

71 In order to improve local production practices, and better inform conservation
72 biocontrol practices at large scale, we designed a study to evaluate the effect of three
73 field border plantings on aphid density and beneficial insect abundance across different
74 organic tobacco farms in North Carolina, USA. The main objectives were to: (i)
75 compare the abundance of *M. persicae* and natural enemies in areas with sunflower,

76 *Helianthus annuus* L. (Asteraceae), and buckwheat strips, *Fagopyrum esculentum*
77 Moench (Polygonaceae), and areas with natural field borders, and (ii) quantify aphid
78 and beneficial arthropods along transacts to establish migration and dispersal inside the
79 crop.

80

81 **2 Material and methods**

82 The experiment was conducted during the 2015 tobacco field season, from April
83 until September at four certified organic farms located in Guilford, Moore, Lee and
84 Nash counties, North Carolina, USA. Two of the farms were in their first year organic
85 management on converted pasture land and the other two were under organic
86 management for several years.

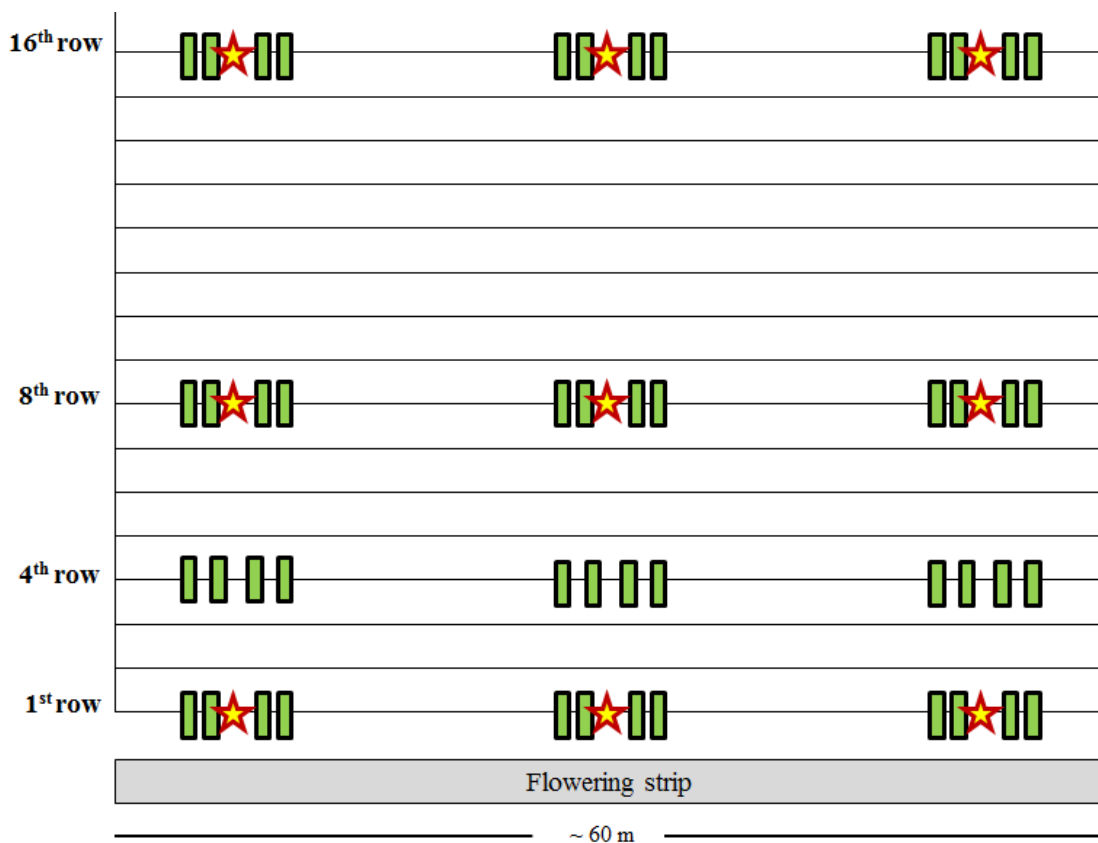
87 All fields in the study were planted with variety NC 196. Topography, soil type,
88 and intensity of weed management practices varied between farms. Sucker-control
89 intensity also varied, with growers applying between two and seven applications of
90 organically approved sucker control chemicals (Green Tac, 1.5gal/acre, Coastal
91 AgroBusiness or O-Tac 2gal/acre, Fair Products, Inc.) between mid-July and the end of
92 harvest. Organically approved pesticide (Dipel DF, 1lb/acre, Valent) applications varied
93 between two to four across all farms.

94 Three treatments were established in each site: sunflower, buckwheat, and
95 natural field border (control), distant at least 300 m from each other. Floral strips were
96 60 m x 1 m and directly adjacent to fields. All experimental areas were approximately
97 1.200 m² (60 m x 20 m) with a total of 480 tobacco plants each. Sunflower strips were
98 planted using a tractor-pulled or hand-pushed single-row planter two weeks prior to
99 tobacco transplant, with a total of 200 plants in a row; buckwheat strips were broadcast
100 by hand (~180g of seeds) within one week after transplant and reseeded during the

101 middle of the season. We considered three periods of tobacco development: before
 102 topping (bf), represented by vegetative growth from transplant until bottom, topping (t),
 103 reproductive period, and post topping (pt), after tobacco blooming period until harvest.

104 Data were collected weekly from May until September, starting the week after
 105 transplant. The number plants with established aphid populations (>10 aphids per plant)
 106 and natural enemies were recorded.

107 We established three transects, approximately 20 m apart with four scouting
 108 stops each, 1, 4, 8, and 16 rows into the field; in addition, yellow sticky cards (9 x 11"
 109 unfolded with a 7 x 9" sticky grid, Pherocon AM Trap) were placed in the 1st, 8th and
 110 16th rows of each transect (Figure 1). The average distance between rows is 0.9 m. Each
 111 scouting point was represented by four plants in a row.



112

113 Figure 1: Experimental area layout with scouting points (■ ■ ■ ■) and yellow sticky card
 114 traps location in organic tobacco growing field (★), North Carolina, USA.

115

116 At the time of collection, the traps were covered with plastic wrap and brought
117 to the lab. To avoid trap damage, sticky cards located on the 1st row were transferred to
118 the flower strip when growers informed us they would mechanically manage the area.
119 Mummies, larvae and pupae of syrphid flies of each plant were collected and reared to
120 adulthood in a laboratory growth chamber at 25 ± 2 °C, RH 60%, and 16 h photo phase
121 until adult emergence. After emergence, insects were kept in alcohol 70%.

122 We analyzed total predator counts because numbers for individual families or
123 morpho-species were generally low. We observed member of the following groups:
124 Coleoptera Coccinellidae; Diptera, Asilidae and Syrphidae; Hemiptera, Anthocoridae,
125 Berytidae, Geocoridae and Reduviidae; Neuroptera, Chrysopidae and spiders (Aranae).

126 To investigate the effect of treatment, distance from the flowering plants, weeks
127 after transplant during the field season (time), and all interactions on aphid, parasitoids
128 and predators abundance, we used repeated measures ANOVA, significant at 0.05
129 (PROC MIXED, SAS version 9.3; SAS Institute). Treatment, distance and time were
130 considered fixed effects, while location and transacts were treated as random effects, for
131 both scouting and yellow sticky traps analyses. If needed, data were log transformed to
132 meet assumption of normality.

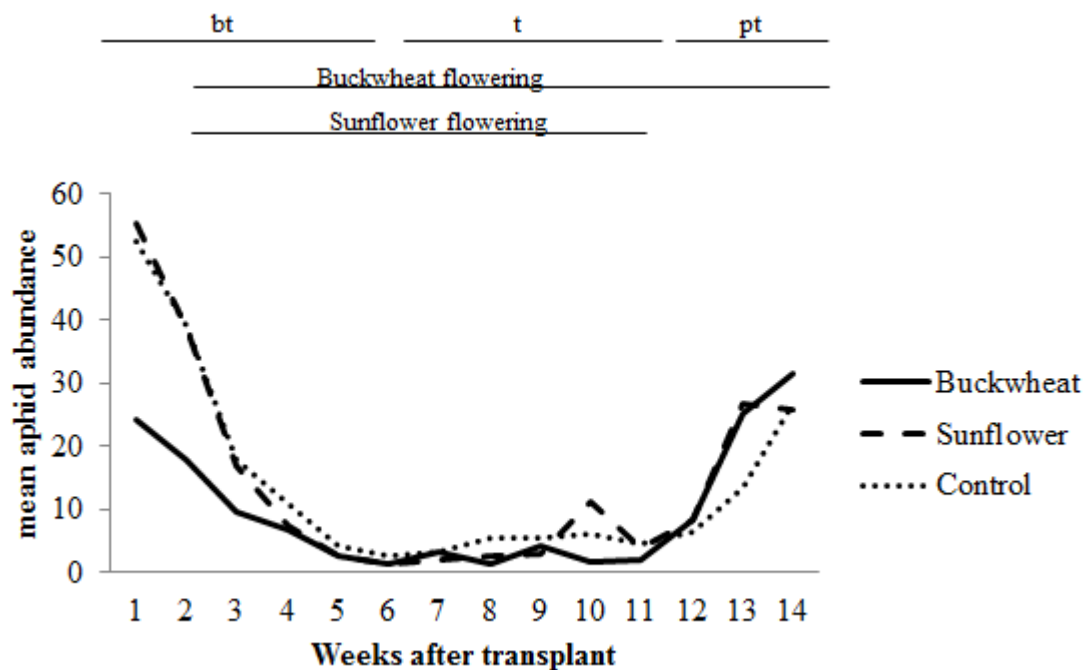
133

134 **3 Results**

135 Each farm was taken as a replicate, since there was no location effect ($P =$
136 0.0727). During all sampling occasions, the proportion of *M. persicae* infested plants
137 was lower than 10% in all sites, the economic threshold for treatment (Burrack, 2015).
138 There was a significant effect of treatment and distance on aphid infestation, with higher
139 number of infested plants observed in control areas (0.145 ± 0.0291), as compared to
140 those planted near buckwheat (0.058 ± 0.0164), while neither treatment differed from

141 sunflowers (0.1307 ± 0.0233) (treatment effect; $F_{2,358} = 6.50$, $P = 0.0016$). There were
 142 also fewer aphids eight rows into the field (distance effect; $F_{3,707} = 5.09$, $P = 0.0017$).
 143 The effect of time ($F_{13,707} = 1.54$, $P = 0.1879$) and all two-way interactions did not
 144 significantly affect aphid infestation (treatment x time; $F_{26,707} = 0.68$, $P = 0.71$;
 145 treatment x distance; $F_{6,707} = 0.74$, $P = 0.7141$; time x distance; $F_{39,707} = 1.69$, $P =$
 146 0.1204).

147 A total of 1,575 winged aphids were captured on sticky traps and the number
 148 captured varied over time (time; $F_{13,1437} = 105.14$, $P < 0.0001$, Figure 2). Comparing
 149 treatments throughout the season, the mean number of winged aphids on the first two
 150 weeks was significantly lower on buckwheat than on control and sunflower (treatment x
 151 time interaction; $F_{26,1437} = 2.63$, $P < 0.0001$).



152 Figure 2: Mean number of winged aphid per treatment across all four farms, sampled
 153 with yellow sticky traps, along organic tobacco (*Nicotiana tabacum*) development (bt,
 154 before topping; t, topping; pt, post topping). North Carolina, USA, from May to
 155 September 2015.

157

158 There was also a significant interaction effect between treatment and distance
 159 from field border into tobacco crop on winged aphids caught on sticky traps (treatment
 160 x distance; $F_{6,1437} = 1.75$, $P = 0.0112$, Table 1). A lower number of winged aphids were
 161 captured next to the field border in buckwheat and sunflower treatments, while more
 162 aphids were captured on the edge of control sites.

163 Table 1. Mean number of winged aphid per treatment and distance from the edge of the
 164 field, sampled with yellow sticky traps, from May until September 2015 in organic
 165 tobacco, North Carolina, USA.

	1st row	8th row	16th row
Buckwheat	1,75b	1,39b	1,69a
Sunflower	1,95b	1,96a	1,86a
Control	2,41a	1,9a	1,86a

166 *Means followed by the same letter in the column are not
 167 significantly different from each other via Tukey's HSD $\alpha = 0.05$.

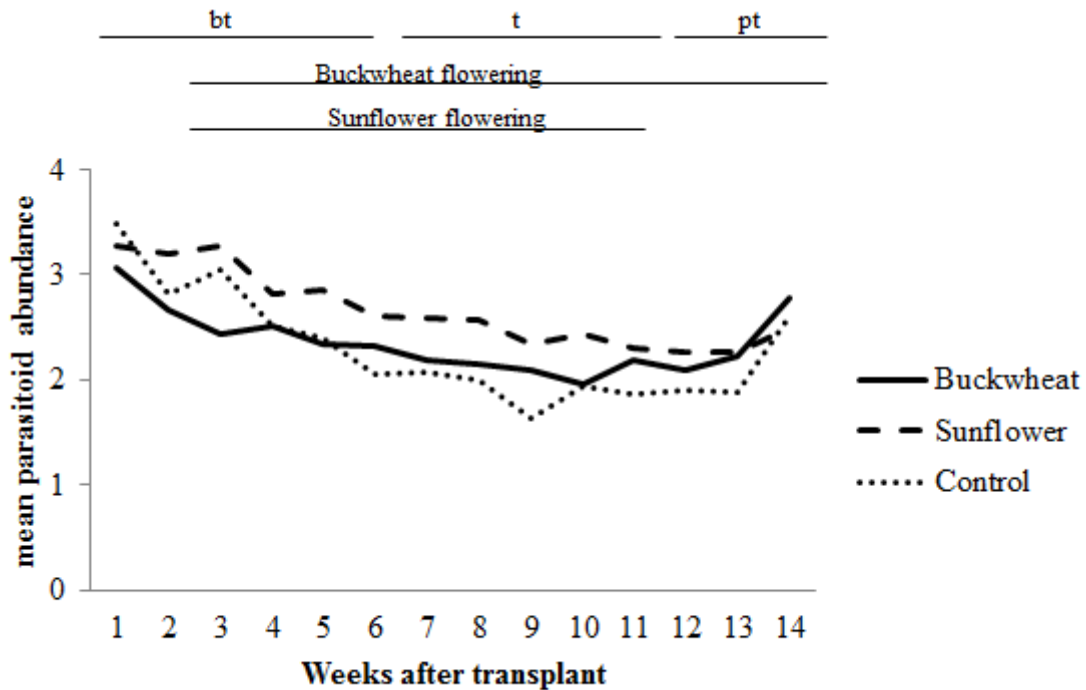
168

169 A total of 27 aphid mummies were collected, three on buckwheat plots and 24 in
 170 sunflowers. No mummies were found on control plots. All emerged parasitoids were
 171 *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Braconidae).

172 We registered all parasitoids captured on sticky traps, including *M. persicae*
 173 associated species such as *A. colemani* and *Aphelinus* spp. (Hymenoptera: Aphelinidae).
 174 The mean number of total parasitoids was higher across all treatments on the edge of the
 175 field (time x distance; $F_{26,1429} = 4.02$, $P < 0.0001$), but there was no significant
 176 interaction between treatment and distance ($F_{6,1429} = 1.25$, $P = 0.2881$).

177 Throughout the field season, more parasitoids were captured in sunflower than
 178 in control treatments (time x treatment interaction; $F_{26,1429} = 3.65$, $P < 0.0001$, Figure 3).

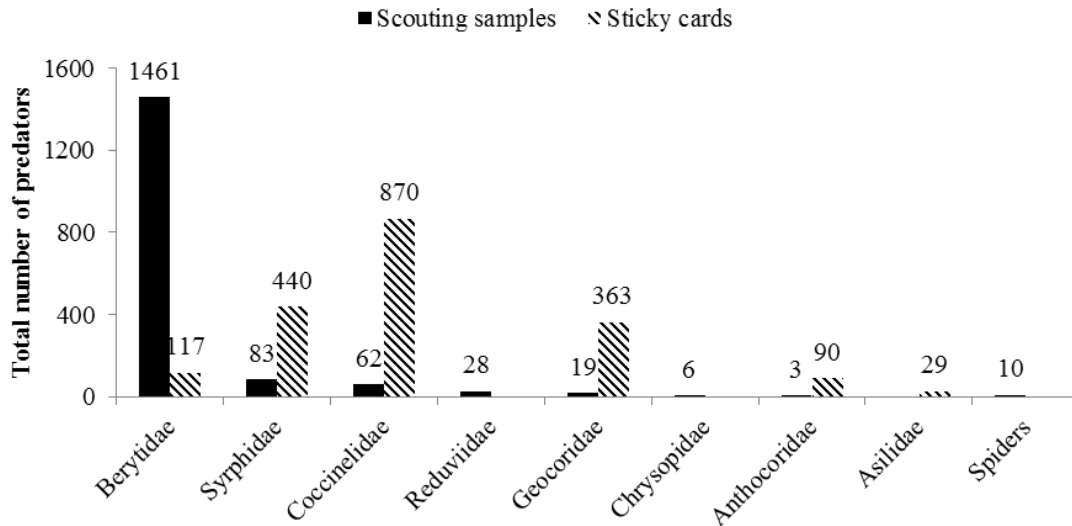
179



180
 181 Figure 3: Mean number of parasitoid per treatment across all four farms, sampled with
 182 yellow sticky traps, along organic tobacco (*Nicotiana tabacum*) development (bt, before
 183 topping; t, topping; pt, post topping). North Carolina, USA, from May to September
 184 2015.

185

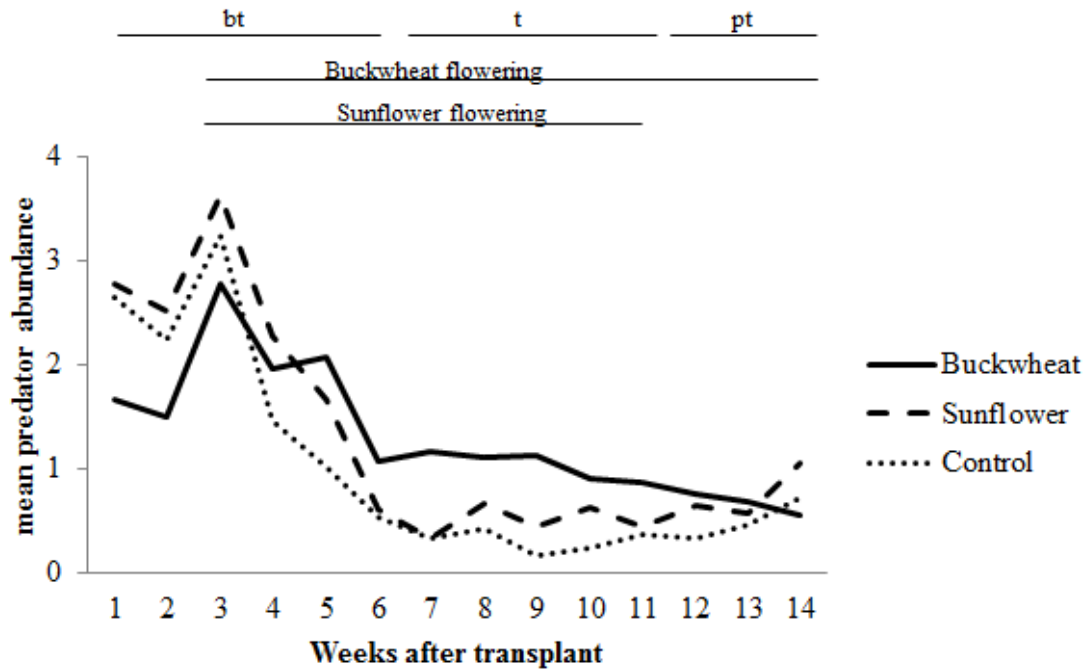
186 Spined stilt bugs, *Jalysus wickhami* (Say), Hemiptera: Berytidae) were the most
 187 abundant in the scouting samples (87.38%), while ladybugs (Coccinellidae) were more
 188 common on sticky traps (45.57%) (Figure 4). From the total of 83 hoverflies larvae and
 189 pupae (Syrphidae) we took to the lab, 71 adults emerged represented by two
 190 unidentified morpho-species.



191
 192 Figure 4: Total number of predators per family across all four farms and treatments
 193 registered in organic tobacco from May to September 2015, North Carolina, USA.

194

195 The mean number of predators observed on plants per stop varied throughout the
 196 season and increased over time (time; $F_{13,1570} = 20.09$, $P < 0.0001$). There was a
 197 significant time x treatment interaction across all sites (time x treatment; $F_{26,1570} = 2.94$,
 198 $P < 0.0001$). Trap captures demonstrated that predators abundance was higher in control
 199 and sunflower fields early in the season. Post topping, there were fewer predators
 200 overall, but significantly more captured in buckwheat than in the other two treatments
 201 (time x treatment; $F_{26,1489} = 2.26$, $P = 0.0003$, Figure 5).



202
 203 Figure 5: Mean number of predators per treatment across all four farms, sampled with
 204 yellow sticky traps, along organic tobacco (*Nicotiana tabacum*) development (bt, before
 205 topping; t, topping; pt, post topping). North Carolina, USA, from May to September
 206 2015.

207

208 The number of predators on sticky cards in the first row was not different within
 209 all treatments, but significantly higher for buckwheat (distance x treatment; $F_{6,1489} =$
 210 10.27, $P < 0.0001$, Table 2).

211

212 Table 2. Mean number of predators per treatment and distance from the edge of the
 213 field, sampled with yellow sticky traps, from May until September 2015 in organic
 214 tobacco, North Carolina, USA.

	1st row	8th row	16th row
Buckwheat	1,09a	0,75a	0,69a
Sunflower	0,87b	0,82a	0,85a
Control	0,8b	0,73a	0,74a

215 *Means followed by the same letter in the column are not
 216 significantly different from each other via Tukey's HSD $\alpha = 0.05$.

217

218 **4 Discussion**

219 Aphid densities did not reach treatment thresholds, which could be related to the
220 atypical weather conditions during the 2015 field season, especially temperature (Tang
221 et al., 1999) which reached an average of highest temperatures of 34.4 °C along the
222 season, according to NWSFO (2015). Aphids multiply only within a certain range of
223 temperatures (Cividanes and Souza, 2003). The minimum temperature at which aphid
224 development occurs is generally around 4 °C, but this figure varies within and between
225 species (Hullé et al., 2010). Optimal temperatures and upper limits are also variable but
226 usually in the range of 20 to 25 °C and 25 to 30 °C, respectively (Harrington et al.,
227 1995). Thus, the rate of development in aphids is directly dependent on temperature.
228 Other biological functions influenced by temperature include reproduction and
229 dispersal, with increasing temperatures favoring mobility. Lower temperature thresholds
230 for flight are generally around 13–16 °C and upper thresholds around 31 °C (Hullé et
231 al., 2010).

232 Higher abundance of winged *M. persicae* early and late in the season was
233 expected. Aphid species disperse mainly through the production of large numbers of
234 winged individuals capable of travelling considerable distances, both to move to a new
235 plant for the transfer from winter to summer host plants and when experiencing
236 decreasing nutritional quality (Irwin et al., 2007). There were fewer dispersing
237 (winged) aphids in flower treatments in the first row than in the control, and for
238 buckwheat, this effect continued through 8th row. Control areas had higher wingless
239 aphid infestation levels. Perhaps there was a host in unmanaged control areas that
240 aphids either attracted to or dispersing from.

241 We observed a higher abundance of both parasitoids and predators in areas with
242 flower plantings and on plots near the edges of the field suggesting that they were

243 feeding on flowering resources. A similar standard of aphids natural enemies densities,
244 higher near flower plantings, was observed in apple orchards in Washington (Gontijo et
245 al., 2013), in lettuce fields in California (Hogg et al., 2011), and in ornamental
246 landscape infested with *Unaspis euonymi* (Comstock) (Hemiptera: Diaspididae) in
247 Indiana (Rebek et al., 2005). According to Landis et al. (2000) the addition of flowering
248 plants is a conceptually simple way to increase densities of beneficial insects. However,
249 the abundance and diversity of natural enemies within a field is dependent on the plant
250 species composition of the surrounding vegetation, and also on the spatial extend of its
251 influence on natural enemies abundance, determined by the distance to which natural
252 enemies disperse into the crop (Nicholls et al., 2001).

253 The fact that the 2015 tobacco field season presented low aphid pressure overall,
254 could reflect on natural enemies dynamics, such as their movement into the crop field.
255 Host-finding behavior (of parasitoids) and prey-finding behavior (of predators) involves
256 a complex net of interactions. For example, natural enemies detect and use the
257 compounds released by injured plants as a clue to find aphid colonies; ladybugs are
258 attracted to aphid alarm pheromone (Verheggen et al., 2007); and sirphid flies use
259 honeydew to choose oviposition sites (Rijn et al., 2013). In this sense, further research
260 examining the effect of border planting in a high aphid density scenario is still required.

261 *Aphidius colemani*, the only species that emerged from aphid mummies is also
262 dependent of floral resources as adults. It is a generalist species associated with over 30
263 aphid species across a range of approximately 50 host plants (Starý et al., 2007). The
264 parasitoid's ability to develop in different hosts is quite interesting from a management
265 perspective. For example, some *A. colemani* hosts such as *Sitobion avenae* (Fabricius),
266 *Rhopalosiphum padi* (L.) and *Schizaphis graminum* (Rondani) feeds specially on wheat,
267 oat and barley (Zanini et al., 2006). These plants could provide an alternative food

268 source for aphids that do not use Solanaceae as a host. The availability of the herbivore
269 is directly related to the establishment of natural enemies, thus improving parasitoid
270 abundance in tobacco fields. Still, this insectary plants could be cultivated between rows
271 promoting parasitoid dispersion into the crop (Skinner et al., 2011).

272 Adult coccinelids were the most abundant on the sticky trap samples. Ladybugs
273 have a highly dispersal potential (Cabral et al., 2009) and, in general, use pollen (protein
274 source) and nectar (carbohydrate source) for metabolic maintenance and sexual
275 maturation, as an additional resource on the absence or low prey availability (Lixa et al.,
276 2010). Also, yellow traps vary in attractiveness among species (Hoback et al., 1999),
277 being some predatory coccinelids preferentially attracted to yellow compared to other
278 colors (Mondor and Warren, 2000), maybe because it resembles stressed plants, where
279 aphids may be found upon in great numbers. On the other hand, just a few stilt bugs
280 were collected on the traps while the same organisms were the most abundant in our
281 visual plant samples, particularly post topping. Stilt bugs usually preys on caterpillar
282 eggs, aphids and soft bodied arthropods, and uses plants secretion as nutritional
283 resource as well as insects entrapped in this secretion (Wheeler and Schaefer, 1982).

284 Biological control of *M. persicae* naturally involves a wide range of predators
285 and parasitoids. It is important to recognize these controlling agents and understand the
286 relationship between predator-prey and intraguild interactions, attempting to optimize
287 the use of conservation biocontrol in tobacco fields. Despite the negative influence of
288 predators on parasitoids, the coexistence of *M. persicae* predators and parasitoids in
289 tobacco fields acts more likely as a stabilizing factor, and prevents the system to
290 collapse (Kavallieratos et al., 2004). Snyder and Yves (2003) registered that specialist
291 and generalists contributed additively to aphid biological control over time scale and
292 that biocontrol was most effective when both types of natural enemy were present,

293 compared to when only predator or parasitoids were evaluated. Also, the knowledge of
294 natural enemies ability to disperse into the field are fundamental to change the spatial
295 structure of the landscape, particularly through the establishment of flowering plants
296 corridors to enhance movement inside the crop.

297 This study provides an important first step for the utilization of non-crop
298 flowering strips on *M. persicae* biological control in tobacco agroecosystems. It
299 suggests that the management of sunflower and buckwheat strips on the edge of the
300 field did not contribute to an increase of aphid pressure in this system as well as may
301 provide an optimal alternative resource to integrate natural enemies populations into
302 pest management in organic tobacco. So far, flowering strips may be beneficial, but
303 need to be optimized to become viable.

304

305 **5 Acknowledgments**

306 To Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) for
307 granting fellowship to the first author and to R.J. Reynolds Fund for Excellence for
308 financial support. To Matthew Bertone for determining *Aphidius colemani* and species
309 of *Aphelinus*.

310 **6 References**

311 ALLEYNE, M; BECKAGE, N.E. Parasitism-induced effects on host growth and
312 metabolic efficiency in tobacco hornworm larvae parasitized by *Cotesia congregata*.
313 **Journal of Insect Physiology**, v. 43, n. 4, p. 407-424, 1997.

314 ALTIERI, M. Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável. Editora
315 Expressão Popular, São Paulo, 400 p., 2012.

316 BARBOSA, P.; GROSS, P.; KEMPER, J. Influence of plant allelochemicals on the
317 tobacco hornworm and its parasitoid, *Cotesia congregata*. **Ecology**, v. 72, n. 5, p. 1567-
318 1575, 1991.

- 319 BARBOSA, F.S.; AGUIAR-MENEZES, E.L.; ARRUDA, L.N.; SANTOS, C.L.R.;
320 PEREIRA, M.B. Potencial das flores na otimização do controle biológico de pragas
321 para uma agricultura sustentável. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 6, n. 2, p.
322 101-110, 2011.
- 323 BECKAGE, N.E.; KANOST, M.R. Effects of parasitism by the braconid wasp *Cotesia*
324 *congregate* on host hemolymph proteins of the tobacco hornworm, *Manduca sexta*.
325 **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v. 23, n. 5, p. 643-653, 1993.
- 326 BERNDT, L.A.; WRATTEN, S.D. Effects os alyssum flowers on the longevity,
327 fedundity, and sex ratio of the leafroller parasitoid *Dolichogenidea tasmanica*.
328 **Biological Control**, v. 32, p. 65-69, 2005.
- 329 BUGG, R.L.; COLFER, R.G.; CHANEY, W.E.; SMITH, H.A.; CANNON, J. Flower
330 flies (Syrphidae) and other biological control agents for aphids in vegetable crops. **ANR**
331 **Publication**, 8285. 25 p., 2008.
- 332 BROWN, B.; SNELL, M. US Tobacco Situation and Outlook. *In.*: Flue-Cured Tobacco
333 Guide. North Carolina Cooperative Extension Service, p. 4-12, 2015.
- 334 BURRACK, H. Tobacco Insect Management. *In.*: Flue-Cured Tobacco Guide. North
335 Carolina Cooperative Extension Service, p. 145-160, 2015.
- 336 CABRAL, S.; SOARES, A.O.; GARCIA, P. Predation by *Coccinella undecimpunctata*
337 L. (Coleoptera: Coccinellidae) on *Myzus persicae* Sulzer (Homoptera: Aphididae):
338 Effect of prey density. **Biological Control**, v. 50, p. 25-29, 2009.
- 339 CIVIDANES, F.J. & SOUZA, V.P. Exigências térmicas e tabelas de vida de fertilidade
340 de *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) em laboratório. **Neotropical**
341 **Entomology**, v. 32, n. 3, p. 413-419, 2003
- 342 DIXON, A.F.G. **Insect Predator-Prey Dynamics: Ladybirds and Biological Control**.
343 Cambridge University Press, Cambridge, MA, 2000.
- 344 FRANK, T. Density of adult hoverflies (Diptera, Syrphidae) in sown weed strips and
345 adjacent fields. **Journal of Applied Entomology**, v. 123, p. 351-355, 1999.
- 346 GONTIJO, L.M.; BEERS, E.H.; SNYDER, W.E. Flowers promote aphid suppression in
347 apple orchards. **Biological Control**, v. 66, p. 8-15, 2013.
- 348 GURR, G.M.; SCARRATT, S.L.; JACOMETTI, M.; WRATTEN, S.D. Management of
349 pests and diseases in New Zealand and Australian vineyards. *In.*: VINCENT, C.;
350 GOETTEL, M.S.; LAZAROVITS, G. **Biological Control: a global perspective**.
351 Oxfordshire: CABI, p. 408-414, 2007.

- 352 GURR, G.M.; WRATTENS, S.D.; ALTIERI, M.A. **Ecological Engineering for Pest**
353 **Management: Advances in Habitat Manipulation for Arthropods.** *CSIRO*
354 Publishing, Collingwood, Australia. 2004.
- 355 HARRINGTON, R.; BALE, J.S.; TATCHELL, G.M. Aphids in a changing climate, in:
356 HARRINGTON, R.; STORK, N.E. (Eds.), **Insects in a Changing Environment**,
357 Academic Press, London, 1995, pp. 125–155.
- 358 HEIMPEL, G.E., JERVIS, M.A., 2005. Does floral nectar improve biological control by
359 parasitoids? *In*: WÄCKERS, F.L., VAN RIJN, P.C.J., BRUIN, J. (Eds.), **Plant-**
360 **Provided Food for Carnivorous Insects: A Protective Mutualism and its**
361 **Applications.** Cambridge University Press, pp. 267–304.
- 362 HOBACK, W.W.; SVATOS, T.M.SPOMER, S.M.; HIGLEY, L.G. Trap color and
363 placement affects estimates of insect family-level abundance and diversity in Nebraska
364 salt marsh. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.91, p. 393-402, 1999.
- 365 HOGG, B.N.; NELSON, E.H.; MILLS, N.J.; DAANE, K.M. Floral resources enhance
366 aphid suppression by a hoverfly. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 141, p.
367 138-144, 2011.
- 368 HULLÉ, M.; D'ACIER, A.C.; BANKHEAD-DRONNET, S.; HARRINGTON, R.
369 Aphids in the face of global changes. **Comptes Rendus Biologies**, v. 333, p. 497-503,
370 2010.
- 371 IRWIN, M.E.; KAMPMEIER, G.E.; WEISSER, W.W. Aphid movement: process and
372 consequences, *In*: VAN EMDEN, H.F.; HARRINGTON, R. (Eds.), **Aphids as Crop**
373 **Pests**, CABI, UK, 2007, pp. 153–186.
- 374 KAVALLIERATOS, N.G.; ATHANASSIOU, C.G.; TOMANOVIC, Z.;
375 PAPADOPOULOS, G.D.; VAYIAS, B.J. Seasonal abundance and effect of predators
376 (Coleoptera, Coccinellidae) and parasitoids (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) on
377 *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphidoidea) densities in tobacco: a two-year study from
378 Central Greece, **Biologia Bratislava**, v. 59, n. 5, p. 613-619, 2004.
- 379 KAVALLIERATOS, N.G.; ATHANASSIOU, C.G.; TOMANOVIC, Z.;
380 SCIARRETTA, A.; TREMATERRA, P.; ZIKIC, V. Seasonal occurrence, distribution
381 and sampling indices for *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphidoidea) and its parasitoids
382 (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) on tobacco. **European Journal of**
383 **Entomology**, v. 102, p. 459-468, 2005.
- 384 LANDIS, D.A.; WRATTEN, S.D.; GURR, G.M. Habitat management to conserve
385 natural enemies of arthropod pests in agriculture. **Annual Review of Entomology**, v.
386 45, p. 175-201, 2000.
- 387 LIXA, A.T.; CAMPOS, J.M.; RESENDE, A.L.S.; SILVA, J.C.; ALMEIDA, M.M.T.B;
388 AGUIAR-MENEZES, E.L. Diversidade de Coccinellidae (Coleoptera) em plantas
389 aromáticas (apiaceae) como sítios de sobrevivência e reprodução em sistema
390 agroecológico. **Neotropical Entomology**, v. 39, n. 3, p. 354-359, 2010.

- 391 MONDOR, E.B.; WARREN, J.L. Unconditioned and conditioned responses to colour
392 in the predatory coccinellid, *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). **European**
393 **Journal of Entomology**, v. 97, p. 463-467, 2000.
- 394 NENTWIG, W. Weedy plant species and their beneficial arthropods: potential for
395 manipulation of field crops. In.: PICKETT, C.H.; BUGG, R.L. Enhancing Biological
396 Control: Habitat Management to Promote Natural Enemies of Agricultural Pests.
397 University of California Press, Berkeley, p. 49-67, 1998.
- 398 NICHOLLS, C.I.; PARRELLA, M.; ALTIERI, M.A. The effects of vegetational
399 corridor on the abundance and dispersal of insect biodiversity within a northern
400 California organic vineyard. **Landscape Ecology**, v.16, p. 133-146, 2001.
- 401 NWSFO. National Weather Service Forecast Office, Raleigh, NC. Available from <
402 <http://www.w2.weather.gov/climate/index.php?wfo=rah> >. Accessed in December
403 2015.
- 404 REBEK, E.J.; SADOFF, C.S.; HANKS, L.M. Manipulating the abundance of natural
405 enemies in ornamental landscapes with floral resources plants. **Biological Control**, v.33,
406 p. 203-216, 2005.
- 407 RIJN, C.J.; KOOIJMAN, J.; WACKERS, F.L. The contribution of floral resources and
408 honeydew to the performance of predatory hoverflies (Diptera: Syrphidae). **Biological**
409 **Control**, v. 67, p. 32-38, 2013.
- 410 ROSSING, W.A.H., POEHLING, H.M.; BURGIO, G. Study Group "Landscape
411 Management for Functional Biodiversity". **Proceedings of the 1st Meeting at Bologna**
412 **(Italy)**, May 11-14, 2003. *IOBC/wprs Bulletin*, v. 26, n. 4, 220 p., 2003.
- 413 SNYDER, W.E.; IVES, A.R. Generalist predators disrupt biological control by a
414 specialist parasitoid. **Ecology**, v. 82, p. 705-716, 2001.
- 415 STARY, P. *Aphidius colemani* Viereck: its taxonomy, distribution and host range
416 (Hymenoptera, Aphidiidae). **Acta Entomologica Bohemoslovaca**, v. 72, p. 156-163,
417 1975.
- 418 TANG, Y.Q.; LAPOINTE, S.L.; BROWN, L.G.; HUNTER, W.B. Effects of host plant
419 and temperature on the biology of *Toxoptera citricida* (Homoptera: Aphididae).
420 **Environmental Entomology**, v. 28, p. 895-900, 1999.
- 421 VAN RIJN, P.C.J.; KOOIJMANN, J.; WACKERS, F.L. The contribution of floral
422 resources and honeydew to the performance of predatory hoverflies (Diptera:
423 Syrphidae). **Biological Control**, 67: 32-38, 2013.
- 424 VERHEGGEN, F.J.; FAGEL, Q.; HEASKIN, S.; LOGNAY, G.; FRANCIS, F.;
425 HAUBRUGE, E. Electrophysiological and behavioral responses of the multicolored
426 asin lady beetle, *Harmonia axyridis* Pallas, to sesquiterpene semiochemicals. **J. Chem.**
427 **Ecol.**, v. 33, p. 2148-2155, 2007.

- 428 VINSON, S.B.; BARRAS, D.J. Effects of the parasitoid, *Cardiochiles nigriceps*, on the
429 growth, development, and tissues of *Heliothis virescens*. **Journal of Insect Physiology**,
430 v.16, n. 7, p. 1329-1338, 1970.
- 431 WÄCKERS, F.L. & VAN RIJN, P.C.J., 2012. Pick and mix: selecting flowering plants
432 to meet requirements of target biological control insects. In: Gurr, G.M., Wratten, S.D.,
433 Snyder, B.E. (Eds.), **Biodiversity and Insect Pests: Key Issues for Sustainable**
434 **Management**. Wiley Blackwell, pp. 139–165.
- 435 WHEELER, A.G.; SCHAEFER, C.W. Review of Stilt Bug (Hemiptera: Berytidae) Host
436 Plants. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 75, p. 498-506, 1982.
- 437 WHITE, A., WRATTEN, S.D., BERRY, N.A., WEIGMANN, U., 1995. Habitat
438 manipulation to enhance biological-control of brassica pests by hover flies (Diptera,
439 Syrphidae). **Journal of Economic Entomology**, 88, 1171–1176.
- 440 WINKLER, K., WÄCKERS, F.L., BUKOVINSKI-KISS, G., VAN LENTEREN, J.C.,
441 2006. Nectar resources are vital for *Diadegma semiclausum* fecundity under field
442 conditions. **Basic and Applied Ecology**, 7, 133–140. Zöbelein, G., 1956. Der Honigtau
- 443 WRATTEN, S., LAVANDERO, B., SCARRATT, S.; VATTALA, D. Conservation
444 biological control of insect pests at the landscape scale. *IOBC/wprs Bulletin*, v. 26, n. 4,
445 p. 215-220, 2003.
- 446 WYCKHUYS, K.A.G.; LU, Y.; MORALES, H.; VAZQUEZ, L.L.; LEGASPI, J.C.;
447 ELIOPOULOS, P.A.; HERNANDEZ, L.M. Current status and potential of conservation
448 biological control for agriculture in the developing world. **Biological Control**, v. 65, p.
449 152-167, 2013.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Myzus persicae foi a única espécie de pulgão encontrada em lavoura de tabaco orgânico (*N. tabacum*) durante todo o desenvolvimento deste estudo.

No experimento desenvolvido na primeira safra (2012/2013), não foi possível observar a contribuição das faixas de flores para a redução populacional de *M. persicae*, mesmo com sirfídeos tendo sido registrados. No segundo, os resultados obtidos indicam que a semeadura das espécies que compunham as faixas de flores em dois períodos no ciclo da cultura, no transplante do fumo e no início da fase reprodutiva, aumentaram a disponibilidade de flores presentes ao longo de todo ciclo da cultura o que representa uma estratégia de manejo que atua implementando o controle biológico natural de *M. persicae* em tabaco orgânico, pois garante a oferta de alimento para os adultos de predadores e conseqüentemente a reprodução dos mesmos.

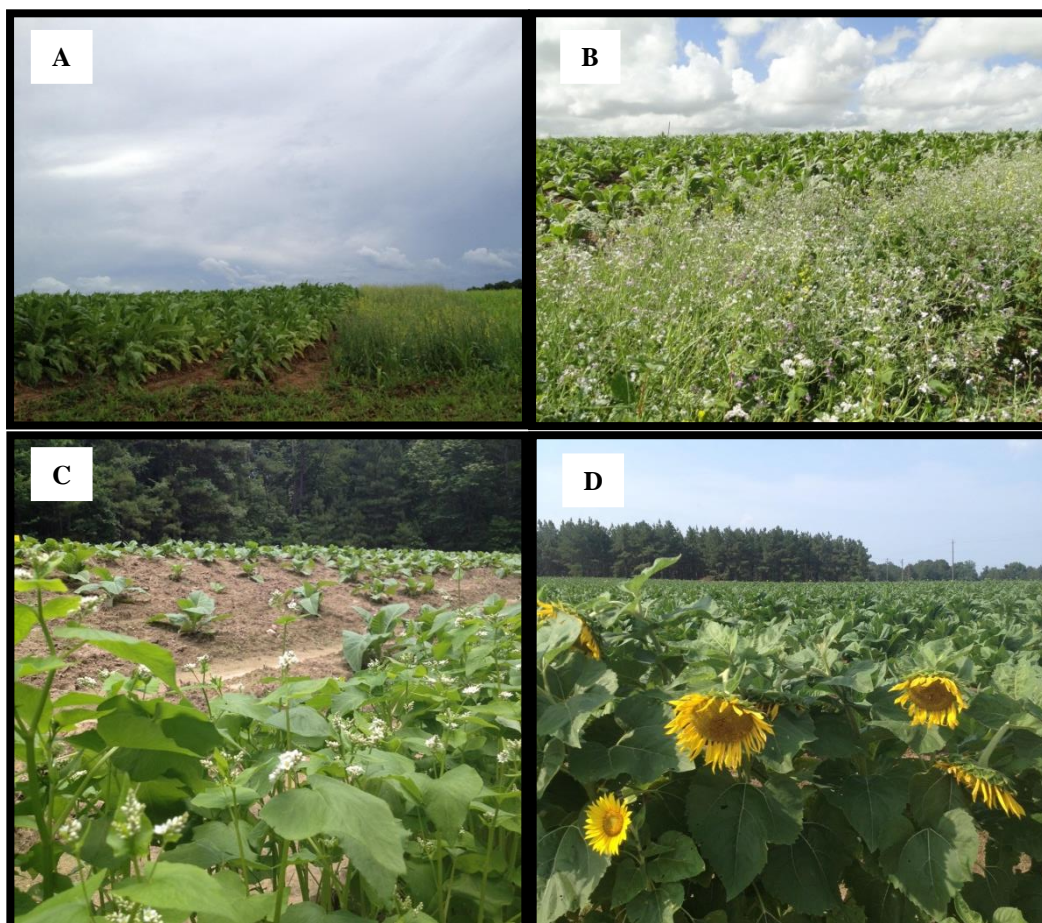
Allograpta exotica e *A. hastata* foram as principais espécies de sirfídeos nas faixas de flores e também amostradas na lavoura associadas às colônias de *M. persicae* nas safras 2012/2013 e 2013/2014.

As espécies de inimigos naturais que fazem uso das flores como recurso, como sirfídeos afidófagos (Diptera, Syrphidae, Syrphinae), parasitoides (Hymenoptera, Braconidae) e joaninhas (Coleoptera, Coccinellidae) atuam como agentes controladores de *M. persicae*. Entretanto, a interação entre as espécies que predam ou parasitam pulgões ainda é pouco compreendida.

Na Carolina do Norte, o efeito das faixas de flores na redução de plantas infestadas e pulgões alados ao longo da safra 2015, apresentou variações em relação aos aspectos avaliados. Áreas com girassol e com trigo sarraceno apresentaram maior abundância de insetos benéficos próximos a elas.

Esse estudo representa uma abordagem pioneira para o controle biológico conservativo de pulgões em tabaco no sul do Brasil e no leste dos EUA.

6 ANEXOS



Anexo 1. Área com faixa de flores constituída por *Fagopyrum esculentum* Moench (Polygonaceae), *Raphanus sativus* L. e *Brassica napus* L. (Brassicaceae) na bordadura de tabaco orgânico (*Nicotiana tabacum* L.) em Santa Cruz do Sul, RS, Brasil (A e B); área com faixa de flores de *Fagopyrum esculentum* na bordadura de tabaco orgânico na Carolina do Norte, EUA (C); área com faixa de flores de *Helianthus annuus* L. (Asteraceae) na Carolina do Norte, EUA (D).