**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Dinâmica e distribuição espacial de diferentes espécies de pulgões e
inimigos naturais em consórcio de erva-doce com algodão de fibra colorida**

Francisco Sales Fernandes

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Entomologia

**Piracicaba
2013**

Francisco Sales Fernandes
Licenciado em Ciências Agrárias

Dinâmica e distribuição espacial de diferentes espécies de pulgões e inimigos naturais em consórcio de erva-doce com algodão de fibra colorida

Orientador:
Prof. Dr. **WESLEY AUGUSTO CONDE GODOY**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Entomologia

Piracicaba
2013

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP**

Fernandes, Francisco Sales

Dinâmica e distribuição espacial de diferentes espécies de pulgões e inimigos naturais em consórcio de erva-doce com algodão de fibra colorida / Francisco Sales Fernandes. - - Piracicaba, 2013.

118 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2013.
Bibliografia.

1. *Hyadaphis foeniculi* 2. *Aphis gossypii* 3. *Cycloneda sanguinea* 4. Consórcio
5. Insetos sugadores I. Título

CDD 632.752
F363d

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho:

A todos os meus familiares e especialmente a minha mãe Alaíde Anália Fernandes, pelo exemplo de pessoa, tem sido sempre inspiração para minha formação acadêmica e profissional e ao meu pai Antonio Fernandes da Silva (**in memorian**) que partiu deste mundo material, nos deixando eternas saudades. A minha querida sobrinha Cynthia Kelly que nos alegra a cada dia de nossa vida. Na vida é sempre assim alguns partem deixando tristezas, outros, vêm e trazem repletas felicidades.

Ao pesquisador da Embrapa Algodão Dr. Francisco de Sousa Ramalho pelas oportunidades, conselhos e força cedida antes e durante o curso.

Ao prefeito de Itaporanga-PB Audiberg Alves de Carvalho (Berguim) e sua irmã Dalvinete Sifrônio de Carvalho pela amizade cultivada e pelo apoio cedido durante minha trajetória estudantil.

Ao Professor Dr. Wesley Augusto Conde Godoy pela oportunidade, confiança, amizade cultivada, pelas ajudas e pela orientação cedida durante o curso.

A todos que compõem a Unidade de Controle Biológico da Embrapa Algodão e o Laboratório de Ecologia de Insetos da ESALQ/USP por terem contribuído na realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço:

Primeiramente a Deus pela minha existência, pela coragem, disposição, saúde, fortalecimento e acima de tudo por nos guiar.

A todos os meus familiares, e especialmente meus irmãos José Márcio Fernandes, Jocélia Fernandes, Maria Aparecida Fernandes (Jossandra), meus primos Gilclean de Sousa Cirilo, Gilvânia de Sousa Cirilo, Gilvanilda de Sousa Cirilo, Deilson, meus tios Maria das Graças, João Fernandes da Silva, Joaquim Fernandes da Silva e Severino Fernandes da Silva, pela força dada durante toda minha vida.

A Carolina Reigada e ao Rafael Moral pela grande contribuição dada nas análises e modelagem. Foram peças fundamentais que juntamente com o Professor Wesley enriqueceram o trabalho com ideias geniais.

Ao Programa de Pós Graduação em Entomologia e a CAPES pela concessão de bolsa.

Ao Professor Paulo Wanderley, José Bruno Malaquias e sua namorada Flavia Queiroz pela contribuição e amizade cultivada antes e durante minha trajetória acadêmica.

Aos conterrâneos: Audinete Alves de Carvalho, Djaci Sifrônio, Elisângela de Lourdes, Julia Mendes, Lourdes Malaquias e a primeira dama Naura pelo apoio cedido no decorrer do curso.

Aos colegas Jéssica Pachu, Antonio Rogério, Ezequias Teófilo e José Luis do Nascimento Júnior pela ajuda, amizade, confiança e apoio cedido na Embrapa Algodão.

Aos funcionários da Embrapa Algodão Ana Lúcia (Aninha), Maria Sueli, Sebastião Pereira (Zilto), Sebastião Lemos (Tião), Amós do Nascimento, Jailton (Salvador) e Nivaldo Bidô pela contribuição e disposição de materiais e equipamentos.

A Professora Julianne Milleo pela amizade cultivada e considerações durante estadia em Piracicaba.

Ao João Gorá e todos os integrantes do Laboratório de Ecologia de Insetos: Ana Paula Battel, Aline Rocha, Elisângela Lopes, Juliana Neves, Victor Botteon, Nicholas Cristofollette, Maria Angélica, Walter Filho e Juan Domini pela amizade.

Ao Leandro Geremias pelas caronas e pela amizade durante o curso.

Ao meu cunhado Josivaldo Corcino Ribeiro pela amizade e consideração no decorrer de nossas batalhas.

Aos colegas da monitoria (PAE) Aline Bertin, Aline Guidolin, Daniel, Gustavo, Thiago (Fuda), Leandro e Filipe (Esquerda) pela ajuda.

Aos colegas de curso Bruna, Natália Alves, Rebeca Ribeiro, Luizar Graner, Eric Ono, Juliano Freitas, Tayron Amaral, Camila e Fernando Sujimoto pela paciência e amizade.

Aos secretários Andrea Varella Sintoni e Marta pelas informações e avisos dados durante o curso.

Ao coordenador e suplente do curso José Maurício Simões Bento e Fernando Luis Cõnsoli, respectivamente, pela oportunidade e incentivo cedido para que pudesse terminar o curso.

A todos os professores da ESALQ/USP, especialmente Celso Omoto, João Roberto Spotti Lopes, Pedro Takao Yamamoto, José Roberto Postali Parra, Roberto Antonio Zucchi e Alberto Soares Corrêa pelas orientações e conselhos durante o curso.

Aos colegas da vila Arthur Prudêncio, Timóteo, Mateus de Moraes, Jhonata (Chacina), Wagner Wolf, Raniere Rodrigues, Valdinei (mineiro), Flávia Rogério, Natália Martins e Fabrício pela amizade e paciência.

Aos integrantes da banca examinadora, pelas sugestões e revisões deste trabalho.

A bibliotecária Eliana Maria Garcia pelas contribuições na formatação.

SUMÁRIO

RESUMO	11
ABSTRACT	13
1 INTRODUÇÃO.....	15
Referências	17
2 DISTRIBUIÇÃO DENTRO DA PLANTA E DINÂMICA DE <i>Hyadaphis foeniculi</i> (PASSERINI, 1860) (HEMIPTERA: APHIDIDAE) EM ERVA-DOCE CONSORCIADA COM ALGODÃO DE FIBRA COLORIDA	21
Resumo	21
Abstract.....	21
2.1 Introdução.....	22
2.2 Desenvolvimento.....	23
2.2.1 Material e métodos	23
2.2.1.1 Área de estudo e cultivares de algodão e erva-doce.....	23
2.2.1.2 Delineamento experimental aplicado	24
2.2.1.3 Unidade experimental.....	24
2.2.1.4 Estudo da dinâmica e distribuições dos insetos nas plantas de erva-doce consorciada com algodão de fibra colorida	25
2.2.1.5 Análise de dados	25
2.2.2 Resultados.....	25
2.2.3 Discussão	39
2.3 Conclusão	43
Referências	43
3 DINÂMICA E DISTRIBUIÇÃO DENTRO DA PLANTA DE <i>Aphis gossypii</i> GLOVER, 1877 (HEMIPTERA: APHIDIDAE) EM ALGODÃO DE FIBRA COLORIDA CONSORCIADO COM ERVA-DOCE	49
Resumo	49
Abstract.....	49
3.1 Introdução.....	50
3.2 Desenvolvimento.....	52
3.2.1 Material e métodos	52
3.2.1.1 Área de estudo e cultivar de algodão.....	52
3.2.1.2 Delineamento experimental aplicado	52

3.2.1.3 Unidade Experimental.....	52
3.2.1.4 Amostragem de espécies de artrópodes	53
3.2.1.5 Análise dos dados.....	53
3.2.2 Resultados	54
3.2.3 Discussão	61
3.3 Conclusão.....	64
Referências.....	64
4 ASSOCIAÇÃO INTERESPECÍFICA DE INSETOS EM CULTIVOS DE ERVA-DOCE E ALGODÃO SOLTEIRO OU ERVA-DOCE CONSORCIADA COM ALGODÃO DE FIBRA COLORIDA.....	69
Resumo.....	69
Abstract	69
4.1 Introdução	70
4.2 Desenvolvimento	72
4.2.1 Material e métodos.....	72
4.2.1.1 Instalação e espaçamento utilizado no experimento	72
4.2.1.2 Delineamento experimental	75
4.2.1.3 Coleta de dados	74
4.2.1.4 Estudo da associação interespecífica, independência ou similaridade dos insetos.....	75
4.2.1.5 Estudo da presença-ausência dos insetos	75
4.2.1.6 Estudo da dissimilaridade de Jaccard e agrupamento das espécies pelo método estatístico Ward.....	76
4.2.1.7 Análise dos dados.....	76
4.2.2 Resultados	76
4.2.2.1 Associação interespecífica de <i>C. sanguinea</i> com <i>H. foeniculi</i>	76
4.2.2.2 Associação interespecífica de <i>C. sanguinea</i> com <i>A. gossypii</i>	78
4.2.2.3 Relação entre <i>H. foeniculi</i> e <i>A. gossypii</i> no sistema de cultivo consorciado	80
4.2.2.4 Estudo da presença-ausência de <i>H. foeniculi</i> (áptero e alado) e <i>C. sanguinea</i>	80
4.2.2.5 Estudo da presença-ausência de <i>A. gossypii</i> (áptero e alado) e <i>C. sanguinea</i>	81
4.2.2.6 Estudo da dissimilaridade de Jaccard para <i>H. foeniculi</i> (áptero e alado) e <i>C. sanguinea</i> em erva-doce solteira e erva-doce consorciada com algodão	82
4.2.2.7 Estudo da dissimilaridade de Jaccard para <i>A. gossypii</i> (áptero e alado) e <i>C. sanguinea</i> em algodão solteiro e algodão consorciado com erva-doce.....	84
4.2.3 Discussão	87

4.3 Conclusão	91
Referências	91
5 MODELAGEM MATEMÁTICA DE PRAGAS E INIMIGOS NATURAIS EM SISTEMAS DE CULTIVO SOLTEIROS E CONSORCIADOS	97
Resumo	97
Abstract.....	97
5.1 Introdução	98
5.2 Desenvolvimento	100
5.2.1 Material e métodos	100
5.2.2 Resultados e discussão.....	103
5.2.2.1 Relação do parâmetro K_I e Q_a para o comportamento de <i>C. sanguinea</i> e <i>A. gossypii</i> em algodão solteiro e consorciado com erva-doce.....	103
5.2.2.2 Relação do parâmetro K_I e Q_e para comportamento de <i>C. sanguinea</i> e <i>H. foeniculi</i> na erva-doce solteira e consorciado com algodão de fibra colorida.....	105
5.2.2.3 Relação do parâmetro K_I , Q_a , e Q_e para comportamento de <i>C. sanguinea</i> , <i>A. gossypii</i> e <i>H. foeniculi</i> no consórcio independente da planta (erva-doce ou algodão).....	106
5.3 Considerações finais	111
Referências	111
APÊNDICES	115

RESUMO

Dinâmica e distribuição espacial de diferentes espécies de pulgões e inimigos naturais em consórcio de erva-doce com algodão de fibra colorida

O cultivo de plantas oleaginosas é uma das principais atividades de subsistência para pequenos agricultores na Paraíba. Porém estes cultivos são afetados por pulgões. Alternativas agroecológicas têm sido consideradas como uma estratégia eficiente no controle de insetos sugadores. Este estudo tem o objetivo de relatar a influência do consórcio de erva-doce (*Foeniculum vulgare*) e algodão (*Gossypium hirsutum*) com fibra colorida nas populações de *Hyadaphis foeniculi* (Passerini, 1860) (Hemiptera: Aphididae) e *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae) e do principal inimigo natural *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763) (Coleoptera: Coccinelidae) ao longo do tempo. Os experimentos foram conduzidos nos anos agrícolas de 2009, 2010 e 2011 na Área Experimental da Embrapa - Algodão localizado no município de Lagoa Seca - PB, Brasil. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso com três tratamentos: cultivo de erva-doce solteiro, algodão solteiro e erva-doce consorciada com algodão, distribuído em quatro repetições. O levantamento populacional dos pulgões e seus respectivos inimigos naturais na área experimental ocorreu em intervalos semanais do início até o fim do ciclo produtivo da erva-doce e do algodão com fibra colorida em cada ano de estudo. A dinâmica e distribuição dos insetos tanto no algodão quanto na erva-doce em ambos os sistemas de cultivo foram analisados através da ANOVA e as médias foram comparadas pelo teste de Student-Newman-Keuls ($P = 0,05$). A análise de associação interespecífica ao longo dos três anos de estudo foi baseada na presença e ausência de pulgões e seus inimigos naturais nos dois tipos de cultivos. Foram utilizados modelos matemáticos de equações de diferença para explicar o comportamento dos pulgões e do seu predador. A taxa de crescimento da presa (K_I), qualidade da planta de algodão (Q_a) e qualidade da planta de erva-doce (Q_e), taxa de chegada da praga na planta, resposta numérica do predador foram incluídos nos modelos e analisados em diagrama de bifurcação. Tanto no algodão quanto na erva-doce solteira foi encontrado mais pulgões ápteros e alados do que no sistema consorciado. Independentemente do sistema de cultivo, as regiões da planta de algodão com maior concentração de *A. gossypii* foram a apical e a mediana, enquanto que a região da planta de erva-doce com maior número de *H. foeniculi* áptero e alado foi a apical. A produção de picos populacionais de *A. gossypii* e *H. foeniculi* se deu em idade distinta das plantas solteiras ou consorciadas. *A. gossypii* e *H. foeniculi* na maioria dos casos não coocorreram no consórcio. A movimentação do predador *C. sanguinea* foi geralmente associada ao sistema de cultivo consorciado e isto se deve provavelmente em função de *A. gossypii* e *H. foeniculi* áptero ou alado que ocorreram em épocas distintas ao longo do ano. A qualidade da planta, tanto no sistema de cultivo de algodão ou erva-doce solteiro quanto em algodão ou erva-doce no sistema de cultivo consorciado, mudou o comportamento dos insetos com K_I superior a 1,4. Portanto, o consórcio de algodão com erva-doce pode ser ferramenta importante para o manejo integrado de pulgões.

Palavras-chave: *Hyadaphis foeniculi*; *Aphis gossypii*; *Cycloneda sanguinea*; Consórcio; Insetos sugadores

ABSTRACT

Dynamics and spatial distribution of aphids species and their natural enemy in intercropping of fennel and cotton with colored fibers

The cultivation of oilseeds is considered as major activity of small farmers in Paraíba State. However, these crops are affected by aphids. Agroecology alternatives have been considered as an efficient strategy in sucking insects. This study has the objective of reporting the influence of colored fiber cotton (*Gossypium hirsutum*) intercropped with fennel (*Foeniculum vulgare*) on populations of *Hyadaphis foeniculi* (Passerini, 1860) (Hemiptera: Aphididae) and *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae) and their natural enemy *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763) (Coleoptera: Coccinellidae) over the time. The study was conducted on 2009, 2010, and 2011 seasons in Experimental Station of the Embrapa - Cotton, placed in the municipality of Lagoa Seca, Paraíba, Brazil. A randomized block design was used with three treatments: sole fennel, sole cotton, and colored fiber cotton intercropped with fennel, distributed in four replications. The population study of aphids and their natural enemy was carried out weekly within of each season. The dynamic and distribution of insects in sole cotton, sole fennel, or in cotton-fennel intercropping systems were analyzed by the ANOVA and the means were compared by the Student-Newman-Keuls ($P = 0.05$) test. Interspecific association was used to analyze the dynamic herbivore-plant and predator-prey over the three years study, based in aphid and their natural enemy presence or absence in sole crop or intercropping systems. Difference equations have been used to explain the behavior of aphids and their predator. Growth rate of pest (K_I), quality of cotton plant (Q_a) and fennel plant (Q_e), pest immigration rate and the numerical response of predator were included in the model and showed in bifurcation diagrams. Both sole cotton and sole fennel hosted more aphids than cotton-fennel intercropping system. Independently of the crop system, in the cotton plants, *A. gossypii* populations were highest in the apical and middle regions, whereas in fennel, *H. foeniculi* apterous and alate populations were highest in the apical regions. *A. gossypii* and *H. foeniculi* peaked in different ages of sole crop or intercropping system. In many cases there was no co-occurrence of *A. gossypii* and *H. foeniculi* in intercropping systems. *C. sanguinea* was associated with the intercropping systems in response to *A. gossypii* and *H. foeniculi* that were found in distinct times over the year. The plant quality in both cotton and fennel in sole crop or intercropping system, changes the insect behavior with K_I higher than 1.4. Therefore, cotton-fennel intercropping can be used in aphids integrated pest management.

Keywords: *Hyadaphis foeniculi*; *Aphis gossypii*; *Cycloneda sanguinea*; Intercropping; Suck insects

1 INTRODUÇÃO

O cultivo de plantas oleaginosas no Nordeste do Brasil tem se destacado pelos benefícios que oferece para os produtores rurais. Entretanto, existem vários fatores que acarretam quedas significativas na produção e comercialização desses produtos no cenário nacional. Dentre os fatores que contribuem para diminuir a produtividade do algodão e da erva-doce no Brasil, encontram-se os insetos praga, destacando entre eles os pulgões *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae) e *Hyadaphis foeniculi* (Passerini, 1860) (Hemiptera: Aphididae), respectivamente. *A. gossypii* e *H. foeniculi* são espécies fitófagas e vetores de diversos tipos de vírus que podem causar perdas diretas ou indiretas às culturas quando não controlados (CELINI; VAILLANT, 2004). Além disso, estes insetos liberam substrato propício ao desenvolvimento do fungo *Capnodium* spp., o que leva a formação de fumagina (LAZZARI; LAZZAROTTO, 2005). A fumagina dificulta a respiração da planta e diminui a área fotossintética, contribuindo com o seu enfraquecimento (LEITE et al., 2006).

No Brasil, colônias de *A. gossypii* estão geralmente localizadas em grande quantidade na face ventral ou abaxial das folhas do algodão (GONZAGA et al., 1991; FERNANDES et al., 2012), enquanto que colônias de *H. foeniculi* em diferentes fases de vida se instala na planta para obter sua fonte de energia vital distribuindo-se frequentemente nos brotos terminais, onde desenvolve-se as inflorescências em forma de umbelas e sub-umbelas onde são produzidos os frutos ou grãos da erva-doce (WANDERLEY; WANDERLEY, 2004; ABRAMSON et al., 2007; BRITO et al., 2009).

A flutuação de pulgões tem se mostrado altamente sazonal podendo variar consideravelmente de um ano para outro e está relacionada ao hábito alimentar da espécie, disponibilidade e fenologia da planta hospedeira (LAZZARI; LAZZAROTTO, 2005). A influência da planta hospedeira no sucesso de uma espécie de inseto fitófago pode ser medida sob três aspectos gerais: os estímulos que levam o inseto a localizar e escolher a planta, as condições da planta que levam o inseto a iniciar e manter a alimentação, e por último, as características da planta (especialmente do ponto de vista nutricional) que garantem o desenvolvimento do inseto e sua progênie (FERNANDES et al., 2001). Além disso, os padrões de flutuação das populações de uma determinada espécie podem diferir entre regiões geográficas distintas, entre populações que se desenvolvem na mesma região por vários anos e entre as populações vizinhas que se desenvolvem ao mesmo tempo (CIVIDANES; SANTOS, 2003; SOUZA et al., 2006).

O plantio de duas ou mais espécies de forma simultânea ou escalonada no tempo e no espaço pode envolver árvores, pastagens e cultivos agrícolas constituindo os chamados sistemas agroflorestais, os envolvendo somente cultivos agrícolas origina a consorciação de culturas (DORNELLES et al., 1997; CARRUBBA et al., 2008). Dentre as vantagens do sistema de cultivo consorciado destaca-se a sustentabilidade (SCHONS et al., 2009; RESENDE et al., 2010). Nos últimos anos a meta principal das pesquisas agrícolas tem sido o alto rendimento com baixos custos de produção. Uma possível solução para esta problemática é o uso de sistemas consorciados com plantas oleaginosas. O consórcio do algodão com cultura aromática condimentar é vantajoso tanto para o produtor quanto para os comerciantes do Nordeste do Brasil, pois aumenta a renda familiar com a produção significativa ao longo do ano (LIMA et al., 2009). Além disto, o sistema de cultivo consorciado contribui para diversidade de inimigos naturais, reduzindo de forma significativa às populações de insetos sugadores (CIVIDANES; BARBOSA, 2001; CIVIDANES; YAMAMOTO, 2002; MA et al., 2007; RAMALHO et al., 2012a).

Dentre os inimigos naturais mais comuns em consórcios agrícolas destaca-se a joaninha, *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763) (Coleoptera: Coccinellidae) que é importante agente de controle biológico, pois tanto a larva quanto o adulto alimentam-se de pulgões (PEIXOTO et al., 2004). Estudos conduzidos por Ramalho et al. (2012a, 2012b) demonstram que o consórcio de algodão e erva-doce em diferentes combinações propiciam maior número de espécimes de *C. sanguinea* e menor número de pulgões no consórcio do que no sistema de cultivo solteiro. De forma similar, estudos conduzidos por Ma et al. (2006) evidenciam que populações de pulgões são significativamente maiores em parcelas solteiras do que em parcelas consorciadas. Os sistemas consorciados proporcionam, portanto menor dano e maior produtividade aos cultivos dos produtores que fazem uso da agricultura familiar (ZHANG et al., 2007).

Apesar de Carrubba et al. (2008) comentarem que a biomassa de plantas de endro e erva-doce tem sido afetada nos sistemas de cultivos consorciados, Ramalho et al. (2012b) demonstraram que no sistema de erva-doce consorciada com algodão de fibra colorida ocorre menos perdas de produção (30% de perdas) do que nos sistemas de erva-doce solteira (80% de perdas). Desta forma, acredita-se que o consórcio entre algodão (*G. hirsutum*) com fibra naturalmente colorida e erva-doce (*F. vulgare*), poderá constituir estratégia alternativa econômica e ecológica, pois os consórcios podem ser usados como estratégia para o aprimoramento de programa de controle biológico de pulgões (PARAJULEE et al., 1997). Além disso, o interesse recente pela redução do impacto ambiental na produção de plantas

oleaginosas e processamento de têxteis de algodão está impulsionando esforços para o resgate de fibras naturalmente coloridas, assim como o cultivo de sementes de erva-doce e da fibra colorida do algodão com técnicas da agricultura orgânica. Estas iniciativas buscam atender classes de produtos têxteis e essências oleaginosas ecológicas e orgânicas, mercado que vem se expandindo desde 1990 (SOUZA, 2000). Este estudo foi dividido em capítulos com o objetivo de relatar a influência do consórcio de erva-doce e algodão com fibra colorida nas populações dos pulgões, *A. gossypii*, *H. foeniculi* e seu principal inimigo natural *C. sanguinea* em algodão e erva-doce solteira ou consorciada ao longo do tempo.

Referências

- ABRAMSON, C.I.; WANDERLEY, P.A.; WANDERLEY, M.J.A.; SILVA, J.C.R. The effect of essential oils of sweet fennel and pignut on mortality and learning in africanized honeybees (*Apis mellifera* L.) (Hymenoptera: Apidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 36, p. 828-835, 2007.
- BRITO, L.M.; SANTOS, J. F.; GRANGEIRO, J. I. T.; OLIVEIRA, M. M.; SILVA, P. D. A. Controle alternativo do pulgão da erva-doce com produtos domissanitários. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 3, n. 1, p. 17-22, 2009.
- CARRUBBA, A.; TORRE, R.; SAIANO, F.; AIELLO, P. Sustainable production of fennel and dill by intercropping. **Agronomy for Sustainable Development**, Paris, v. 28, p. 247–256, 2008.
- CELINI, L.; VAILLANT, J. A model of temporal distribution of *Aphis gossypii* (Glover) (Hemiptera: Aphididae) on cotton. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 128, p. 133–139, 2004.
- CIVIDANES, F.J.; BARBOSA, J.C. Efeitos do plantio direto e da consorciação soja-milho sobre inimigos naturais e pragas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 2, p. 235-241, 2001.
- CIVIDANES, F.J.; SANTOS, D.M.M. Flutuação populacional e distribuição vertical de *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae) em couve. **Bragantia**, Campinas, v. 62, p. 61-67, 2003.
- CIVIDANES, F.J.; YAMAMOTO, F.T. Pragas e inimigos naturais na soja e no milho cultivados em sistemas diversificados. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 4, p. 683-687, 2002.
- DORNELLES, E.L.B.; MENDEZ, M.G.; CORRÊA, L.A.V.; SCHUCH, L.O. B. Arranjos de plantas e épocas de semeadura no cultivo consorciado de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e milho (*Zea mays* L.) na região sul do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 3, n. 1, p. 11-16, 1997.

FERNANDES, F.S.; RAMALHO, F.S.; NASCIMENTO JUNIOR, J.L.; MALAQUIAS, J.B.; NASCIMENTO, A.R.B.; SILVA, C.A.D.; ZANUNCIO, J.C. Within-plant distribution of cotton aphids, *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae), in Bt and non-Bt cotton fields. **Bulletin of Entomological Research**, Farnham Royal, v. 102, p. 79–87, 2012.

FERNANDES, A.M.V.; FARIAS, A.M.I.; SOARES, M.M.M.; VASCONCELOS, S.D. Desenvolvimento do pulgão *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) em três cultivares do algodão herbáceo *Gossypium hirsutum* L. r. latifolium Hutch. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 30, n. 3, p. 467-470, 2001.

GONZAGA, J.V.; RAMALHO, F.S.; SANTOS, J. Distribuição de *Aphis gossypii* no algodoeiro nos sistemas de plantio solteiro e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, p. 1839-1844, 1991.

LAZZARI, S.M.N.; LAZZAROTTO, C.M. Distribuição altitudinal e sazonal de afídios (Hemiptera, Aphididae) na Serra do Mar, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, São Paulo, v. 22, n. 4, p. 891-897, 2005.

LEITE, M.V.; SANTOS, T.M.; SOUZA, B.; CALIXTO, A.M.; CARVALHO, C. Biologia de *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae) em abobrinha cultivar caserta (*Cucurbita pepo* L.) em diferentes temperaturas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1394-1401, 2006.

LIMA, A.R.; SANTOS, D.P.; OLIVEIRA, R.A.; RODOLFO JUNIOR, F. Desempenho agroecômicos na avaliação do consorcio de algodão herbáceo + feijão e coentro sob sistema orgânico. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Cruz Alta, v. 4, n. 2, p. 4422- 4425, 2009.

MA, K.Z.; HAO, S.G.; ZHAO, H.Y.; KANG, L. Strip cropping wheat and alfalfa to improve the biological control of the wheat aphid *Macrosiphum avenae* by the mite *Allothrombium ovatum*. **Agriculture Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 119, p. 49–52, 2007.

MA, X.M.; LIU, X.X.; ZHANG, Q.W.; ZHAO, J.Z.; CAI, Q.N.; MA, Y.A.; CHEN, D.M. Assessment of cotton aphids, *Aphis gossypii*, and their natural enemies on aphid-resistant and aphid-susceptible wheat varieties in a wheat–cotton relay intercropping system. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 121, p. 235–241, 2006.

PARAJULEE, M.N.; MONTANDON, R.; SLOSSER, J.E. Relay intercropping to enhance abundance of insect predators of cotton aphid (*Aphis gossypii* Glover) in Texas cotton. **International Journal of Pest Management**, London, v. 43, n. 3, p. 227-232, 1997.

PEIXOTO, M.S.; BARROS, L.C.; BASSANEZI, R.C. Um modelo fuzzy presa-predador em citros: pulgões e joaninhas. **Biomatemática**, Campinas, v. 14, p. 29-38, 2004.

RAMALHO, F.S.; FERNANDES, F.S.; NASCIMENTO, A.R.B.; NASCIMENTO-JÚNIOR, J.L. MALAQUIAS, J.B.; SILVA, C.A.D. Assessment of fennel aphids (Hemiptera: Aphididae) and their predators in fennel intercropped with cotton with colored fibers. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 105, n. 1, p. 113-119, 2012a.

- RAMALHO, F.S.; FERNANDES, F.S.; NASCIMENTO, A.R.B.; NASCIMENTO JÚNIOR, J.L.; MALAQUIAS, J.B.; SILVA, C.A.D. Feeding damage from cotton aphids, *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Heteroptera: Aphididae), in cotton with colored fiber intercropped with fennel. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 105, n. 1, p. 20-27, 2012b.
- RESENDE, A. L.S.; VIANA, A.J.S.; OLIVEIRA, R.J.; AGUIAR-MENEZES, E.L.; RIBEIRO, R.L.D.; RICCI, M.S.F.; GUERRA, J.G.M. Consórcio couve-coentro em cultivo orgânico e sua influência nas populações de joaninhas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 1, p. 41-46, 2010.
- SCHONS, A.; STRECK, N.A.; STORCK, L.; BURIOL, G.A.; JUNIOR ZANON, A.; PINHEIRO, G.D.; KRAULICH, B. Arranjos de plantas de mandioca e milho em cultivo solteiro e consorciado: crescimento, desenvolvimento e produtividade. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 1, p. 155-167, 2009.
- SOUZA, M.C.M. Produção de algodão orgânico colorido: possibilidades e limitações. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 30, n. 6, p. 92-98, 2000.
- SOUZA, V.P.; CIVIDANES, F.P.; GALLI, J.C. Abundância estacional de *Myzus persicae* (Sulzer), *Brevicoryne brassicae* (L.) e *Lipaphis erysimi* (Kalt.) (Hemiptera: Aphididae) na região nordeste do estado de São Paulo. **Manejo Integrado de Plagas y Agroecologia**, Turrialba, v. 77, p. 24-31, 2006.
- WANDERLEY, P.A.; WANDERLEY, M.J.A. Aspectos botânicos, agronômicos e ecológicos da cultura da erva-doce. In: SANTOS, E.P.; COUTINHO, E.P.; HOLANDA, H.D.; WANDERLEY, M.J.A.; WANDERLEY, P.A. (Ed.). **Otimização da cadeia produtiva da erva-doce (*Foeniculum vulgare*) visando a agregação de valor aos produtos da agricultura familiar**. João Pessoa: Sal da Terra, 2004. cap. 2, p. 31-48.
- ZHANG, L.; WERF, W. VAN DER; ZHANG, S.; LI, B.; SPIERTZ, J. H. J. Growth, yield and quality of wheat and cotton in relay strip intercropping systems. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 103, p. 178-188, 2007.

2 DISTRIBUIÇÃO DENTRO DA PLANTA E DINÂMICA DE *Hyadaphis foeniculi* (PASSERINI, 1860) (HEMIPTERA: APHIDIDAE) EM ERVA-DOCE CONSORCIADA COM ALGODÃO DE FIBRA COLORIDA

Resumo

Hyadaphis foeniculi (Passerini, 1860) (Hemiptera: Aphididae) geralmente ataca a inflorescência da erva-doce causando perdas significativas na produção. Para o controle deste inseto tem-se utilizado inseticidas químicos não seletivos a inimigos naturais. Considerando que alternativas agroecológicas podem ser eficientes na redução de insetos sugadores, realizou-se este trabalho com o objetivo de estudar as distribuições vertical e horizontal de *H. foeniculi* nas plantas de erva-doce e sua dinâmica populacional na cultura da erva-doce solteira e consorciada com algodão de fibra colorida ao longo do tempo. Plantas de erva-doce com 20 centímetros de altura foram transplantadas. Quantificou-se o número de pulgões ápteros e alados na erva-doce em ambos os sistemas de cultivo dos 55 dias após transplante das mudas de erva-doce até o início da colheita (195 dias após transplante). Constatou-se maior número de pulgões ápteros ($F_{SC(1,3)} = 53,84$; $P = 0,0052$) e alados ($F_{SC(1,3)} = 18,44$; $P = 0,0232$) na erva-doce solteira do que na erva-doce consorciada com algodão de fibra colorida. De acordo com a idade da planta de erva-doce, foram encontrados mais pulgões ápteros ou alados nas regiões apical e mediana do que na região basal. Independentemente do sistema de cultivo os pulgões ápteros produziram picos populacionais no final do ciclo da cultura.

Palavras-chave: Pulgão da erva-doce; Região da planta; Sistema de cultivo; Umbela; Inflorescência; Pulgões ápteros; Pulgão alado; *Foeniculum vulgare*

Abstract

Hyadaphis foeniculi (Passerini, 1860) (Hemiptera: Aphididae) usually attack the fennel inflorescence causing significant loss in the fennel field. The insect control has been controlled with chemical insecticides that are not selective for natural enemies. Considering that agroecology alternatives have been efficient in the sucking insects reduction, this work was carried out with the objective of studying the vertical and horizontal distribution in *H. foeniculi* on fennel plants and to study its dynamics in sole fennel and fennel intercropped with colored cotton over the time. Fennel plants with height of 20 centimeters were transplanted. The numbers of aphids (apterous and alate) were quantified in sole fennel and fennel intercropping with colored cotton since 55 days after seedlings transplanting up to the harvest beginning (195 days after the transplanting). The number of aphids (apterous: $F_{CS(1,3)} = 53,84$; $P = 0,0052$ and alate: $F_{SC(1,3)} = 18,44$; $P = 0,0232$) found on sole fennel was higher than number of aphids found in intercropped system. According to the fennel age, more aphids (apterous and alate) were found in fennel apical and middle regions than in fennel bottom region. Independently of crop system, the apterous aphids produced population peak in the end of fennel cycle.

Keywords: Fennel aphid; Plant region; Crop system; Umbel; Inflorescence; Apterous aphids; Alate aphid; *Foeniculum vulgare*

2.1 Introdução

A erva-doce (*Foeniculum vulgare* Mill.) é nativa de áreas costeiras da região do Mediterrâneo (TANIRA et al., 1996; MARINO et al., 2007; APROTOSOAIIE et al., 2010; BAYAZIT, 2010; HENDAWY; EL-DIN, 2010; HE; HUANG, 2011) e amplamente naturalizada na Europa e América do Norte (LIRA; BATISTA, 2006). No Brasil ela foi introduzida pelos primeiros colonos, apresentando uma boa aceitação nos estados da Bahia, Sergipe, Paraíba e Pernambuco (FERREIRA; SILVA, 2004). Pelo fato de apresentar propriedades terapêuticas para enfermidades dos tratos digestivo e renal (LIRA; BATISTA, 2006; EL-AWADI; HASSAN, 2011), condimentares (composição de sopas, pães, bolos e tortas), inseticidas (ABRAMSON et al., 2006, 2007a, 2007b; HENDAWY; EL-DIN, 2010) e fungicida (SINGH et al., 2006), a erva-doce tem encontrado mercado garantido na região Nordeste do Brasil, o que justifica a sua importância junto aos agricultores familiares da região.

Um dos principais motivos que ocasionam a redução na produtividade e qualidade dessa cultura no Brasil é a presença de insetos praga, destacando entre eles o pulgão *Hyadaphis foeniculi* (Passerini, 1860) (Hemiptera: Aphididae). *H. foeniculi* é uma espécie cosmopolita, vetor de pelo menos 12 tipos de vírus, inclusive do *mosaico potyvirus*, *yellow spot luteovirus* e *honeysuckle latent carlavirus* (FERREIRA; SILVA; 2004). Por meio de sucção contínua da seiva, ele causa murcha e secagem das flores e frutos (WANDERLEY; WANDERLEY, 2004, ABRAMSON et al., 2007b), além disso, produz uma mela que propicia o desenvolvimento do fungo *Capnodium* spp., que leva a formação de fumagina (LAZZARI; LAZZAROTTO, 2005). A fumagina dificulta a respiração da planta e diminui a área fotossintética, contribuindo para o seu enfraquecimento (LEITE et al., 2006).

Na Paraíba, *H. foeniculi* geralmente se reproduz em períodos de altas temperaturas, formando colônias de insetos nas flores (WANDERLEY; WANDERLEY, 2004; ABRAMSON et al., 2007b). A flutuação de pulgões mostra-se altamente sazonal podendo variar consideravelmente de um ano para outro e está relacionada ao hábito alimentar da espécie, disponibilidade e fenologia da planta hospedeira (LAZZARI; LAZZAROTTO, 2005).

Tem-se estudado a distribuição de afídeos em planta de trigo (*Triticum aestivum* L.) (BOEVE; WEISS, 1998; GIANOLI, 1999), couve (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) (CIVIDANES; SANTOS, 2003), banana (*Musa* spp.) (ROBSON et al., 2006), plantas Chenopodiaceae (TÓTH et al., 2006), soja (*Glycine max* (L.) Merrill) (MCCORNACK et al.,

2008) e pimenta do reino (*Capsicum annuum* L.) (RAHMAN et al., 2010) em cultivos solteiros. A distribuição do inseto também vem sendo estudado em cultivos consorciados de algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.) versus milho (*Zea mays* L.) versus sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] versus feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) ou gergelim (*Sesamum indicum* L. (GONZAGA et al., 1991), tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) versus culturas aromáticas e/ou medicinais (CARVALHO et al., 2009) e erva-doce (*F. vulgare*) versus endro (*Anethum graveolens* L.) (CARRUBBA et al., 2008). Porém são consideradas incipientes as informações sobre a distribuição espacial de *H. foeniculi* em planta de erva-doce consorciada com algodão com fibra colorida. A dinâmica de pulgões ao longo do tempo é complexa (KINDLMANN; DIXON, 1996) e o conhecimento da distribuição vertical e horizontal deles e seus inimigos naturais em plantas hospedeiras é fundamental para o desenvolvimento de programas de manejo integrado de pragas (CIVIDANES; SANTOS, 2003). *F. vulgare* é cultivada tanto no sistema de plantio solteiro como consorciado com outras culturas de interesse comercial no Nordeste do Brasil (FERREIRA; SILVA, 2004; CARVALHO et al., 2009; MALAQUIAS et al., 2010). O consórcio de culturas e o plantio direto podem influenciar a dinâmica populacional de insetos, aumentando ou diminuindo a densidade populacional de pragas e de inimigos naturais no agroecossistema (GONZAGA et al., 1991; CIVIDANES; YAMAMOTO, 2002). Acredita-se que o consórcio de erva-doce com algodão (*G. hirsutum*) com fibras naturalmente coloridas, poderá ser uma alternativa sócio-econômica, ecológica e ambiental, já que essas culturas não competem entre si por nutrientes. Assim, os objetivos com esta etapa de estudo foram estudar as distribuições vertical e horizontal de *H. foeniculi* nas plantas de erva-doce e suas dinâmicas populacionais na cultura da erva-doce solteira e consorciada com algodão com fibra colorida em função da idade da planta.

2.2 Desenvolvimento

2.2.1 Material e Métodos

2.2.1.1 Área de estudo e cultivares de algodão e erva-doce

A pesquisa foi conduzida no Campo Experimental da Embrapa - Algodão localizado no município de Lagoa Seca - PB, Brasil, microrregião do Agreste e Brejo, situado à 634 m de altitude, latitude 7° 11' 56" e longitude de 35° 52' 32". O estudo desenvolveu-se durante o ano agrícola de 2009, com plantas de erva-doce (*F. vulgare*) solteiras e consorciadas com

algodão com fibra colorida (*G. hirsutum*) cultivados em condições de sequeiro. Não foram utilizados inseticidas para o controle de pragas durante o período amostral.

2.2.1.2 Delineamento experimental aplicado

O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso com dois tratamentos: erva-doce solteira e erva-doce consorciada com algodão, distribuídos em quatro repetições.

2.2.1.3 Unidade experimental

Conforme melhor plano de amostragem proposto por Ramalho et al., 2012, a unidade experimental de erva-doce consorciada com algodão foi composta de três fileiras de algodão colorido (BRS Safira) localizada entre duas fileiras de erva-doce (transplantadas com 20 cm de altura), totalizando nove fileiras de algodão e oito fileiras de erva-doce, com 21 m de comprimento. No caso da erva-doce solteira, o espaçamento entre linhas foi de 1,50 m e entre plantas dentro da fileira foi de 0,50 m, totalizando 15 fileiras por unidade. No sistema de plantio consorciado, o espaçamento entre fileiras de erva-doce foi de 1,50 m. A distância entre a fileira de erva-doce e a fileira de algodão foi de 1,50 m. O espaçamento entre as fileiras de algodão foi de 1,00 m e entre plantas dentro da fileira foi de 0,20 m (Figura .2.1).

Figura 2.1 - *Layout* da unidade experimental de erva-doce e algodão em sistemas solteiro e consorciado. Em erva-doce solteira, a distância entre as linhas foi 1,50 m. As linhas de algodão foram semeadas a 1,00 m de distância uma da outra. A= algodão (▴) e E= erva-doce (▣)

2.2.1.4 Estudo da dinâmica e distribuições dos insetos nas plantas de erva-doce solteira e erva-doce consorciada com algodão de fibra colorida

As determinações da distribuição vertical e horizontal e da dinâmica dos pulgões nas plantas de erva-doce solteiras e consorciadas foram feitas em intervalo de sete dias, tomando-se cinco plantas por parcela, a partir dos 55 dias após transplante das mudas de erva-doce até o início da colheita (195 dias após transplante).

As quantificações do número de pulgões (ápteros ou alados) e suas localizações específicas foram registradas, tendo como ponto de referência a localização dos nós no caule principal da planta (nó mais baixo= 23 e mais alto= 1) e também nas folhas e umbelas (apical e lateral). Foram consideradas como umbelas apicais e laterais aquelas produzidas a partir dos meristemas apicais e laterais, respectivamente. Os meristemas apicais ficam localizados nas extremidades dos caules e ramos das plantas de erva-doce; enquanto os meristemas laterais ficam localizados ao longo dos lados dos caules e ramos das plantas.

2.2.1.5 Análise de dados

Foi testada a normalidade (Shapiro-Wilk W) e homogeneidade (Bartlett's teste) do número de pulgões registrados por planta e quando necessário, os dados foram transformados em raiz quadrada de $(x + 0,5)$ ou $\log(x + 1)$. Os números médios de pulgões quantificados foram submetidos a três fatores da ANOVA (sistema de cultivo, idade da planta e região da planta) e as médias comparadas pelo teste de Student-Newman-Keuls ($P = 0,05$). As percentagens de pulgões foram relacionadas com a posição dos nós verticalmente na planta (nó mais baixo= 23 e mais alto= 1), usando o PROC REG Sas Institute (2006) para ajustes dos dados aos modelos lineares ou cúbicos.

2.2.2 Resultados

Os números de pulgões ápteros ($F_{SC(1,3)} = 53,84$; $P = 0,0052$) e alados ($F_{SC(1,3)} = 18,44$; $P = 0,0232$) encontrados no sistema de cultivo de erva-doce solteira (27922 pulgões ápteros e 703 pulgões alados) foram significativamente superiores aos encontrados no sistema de erva-doce consorciada com algodão (13012 pulgões ápteros e 369 pulgões alados).

Quanto à distribuição vertical de pulgões nas plantas de erva-doce, não foram encontradas interações significativas entre sistema de cultivo, idade e região da planta (pulgões ápteros: $F_{SC \text{ por } I \text{ por } R (40, 375)} = 0,62$, $P = 0,9687$ e pulgões alados: $F_{SC \text{ por } I \text{ por } R (40, 375)} = 0,69$, $P = 0,9250$) e sistema de cultivo e região da planta (pulgões ápteros: $F_{SC \text{ por } R (2, 375)} = 1,05$, $P = 0,3523$ e pulgões alados: $F_{SC \text{ por } R (2, 375)} = 0,44$, $P = 0,6451$) (Tabela 2.1) para o número de pulgões encontrados por planta. Todavia, ocorreu interação entre sistema de cultivo e idade da planta (pulgões ápteros: $F_{SC \text{ por } A (20, 375)} = 1,74$; $P = 0,0260$ e pulgões alados: $F_{SC \text{ por } A (20, 375)} = 1,91$; $P = 0,0107$) e entre idade e região da planta (pulgões ápteros: $F_{A \text{ por } R (40, 375)} = 2,00$; $P = 0,0005$) (Tabela 2.1) para o número de pulgões encontrados por planta.

Tabela 2.1 - Modelos resumidos de três fatores da análise de variância (ANOVA) dos efeitos de sistema de cultivo¹, idade da planta² e região da planta³ para o número de *H. foeniculi* encontrado por planta

Fonte	Modelos	GL	Razão F	Prob > F
Pulgões ápteros (n)	Modelo	128	4,34	0,0001
	Sistema de Cultivo (SC)	1	9,13	0,0027
	Idade (I)	20	17,46	0,0001
	Região da planta (R)	2	20,14	0,0001
	SC x I	20	1,74	0,0260
	SC x R	2	1,05	0,3523
	I x R	40	2,00	0,0005
	SC x I x R	40	0,62	0,9687
	Modelo	128	2,32	0,0001
Pulgões alados (n)	Sistema de Cultivo (SC)	1	3,58	0,0544
	Idade (I)	20	7,05	0,0001
	Região da planta (R)	2	9,91	0,0001
	SC x I	20	1,91	0,0107
	SC x R	2	0,44	0,6451
	I x R	40	1,42	0,0513
	SC x I x R	40	0,69	0,9250

¹Sistema de cultivo: Erva-doce solteiro e erva-doce consorciado com algodão colorido. ²Idade das culturas: 55, 62, 69, 76, 83, 90, 97, 104, 111, 118, 125, 132 139, 146, 153, 160, 167, 174, 181, 188 e 195 dias. ³Região da planta: Basal, mediana e apical

Do transplante das plantas de erva-doce até os 111 dias (erva-doce consorciada) e 132 (erva-doce solteira) dias de idade das plantas não ocorreram pulgões (ápteros ou alados) nos sistemas de cultivos testados (Tabelas 2.2 e 2.3).

Tabela 2.2 - Número de pulgões ápteros (média $\pm$ EP) encontrados em folhas e umbelas de plantas de erva-doce em função do sistema de cultivo e idade da planta ($F_{SC \times I(20, 375)} = 1,74$, $P = 0,0260$)

Idade da planta (dia) ¹	Sistema de cultivo ²	
	Erva-doce solteira	Erva-doce consorciada com algodão
55	0,00 $\pm$ 0,00aE	0,00 $\pm$ 0,00aE
62	0,00 $\pm$ 0,00aE	0,00 $\pm$ 0,00aE
69	0,00 $\pm$ 0,00aE	0,00 $\pm$ 0,00aE
76	0,00 $\pm$ 0,00aE	0,00 $\pm$ 0,00aE
83	0,00 $\pm$ 0,00aE	0,00 $\pm$ 0,00aE
90	0,00 $\pm$ 0,00aE	0,00 $\pm$ 0,00aE
97	0,00 $\pm$ 0,00aE	0,00 $\pm$ 0,00aE
104	0,00 $\pm$ 0,00aE	0,00 $\pm$ 0,00aE
111	0,00 $\pm$ 0,00aE	0,00 $\pm$ 0,00aE
118	0,00 $\pm$ 0,00aE	0,56 $\pm$ 0,08aE
125	0,00 $\pm$ 0,00aE	0,00 $\pm$ 0,00aE
132	0,00 $\pm$ 0,00aE	0,00 $\pm$ 0,00aE
139	2,35 $\pm$ 0,87aD	0,28 $\pm$ 0,05bE
146	1,37 $\pm$ 0,45aD	0,00 $\pm$ 0,00bE
153	3,54 $\pm$ 0,87aD	0,00 $\pm$ 0,00bE
160	27,13 $\pm$ 5,78aB	0,01 $\pm$ 0,00bE
167	19,54 $\pm$ 4,65aB	3,51 $\pm$ 0,77bD
174	23,98 $\pm$ 5,46aB	8,37 $\pm$ 2,85bC
181	20,43 $\pm$ 5,00aB	12,03 $\pm$ 2,76bB
188	36,06 $\pm$ 7,76aA	28,45 $\pm$ 6,12bA
195	11,03 $\pm$ 3,76aC	14,58 $\pm$ 3,09aB

¹Após transplantio². Médias seguidas pela mesma letra minúscula dentro da mesma linha e médias seguidas pela mesma letra maiúscula dentro da mesma coluna não diferem significativamente pelo Student-Newman-Keuls test ($P=0,05$)

A partir dos 139 dias até os 195 dias após o transplante das plantas de erva-doce, foram registradas plantas de erva-doce infestadas por pulgões (ápteros ou alados) (Tabela 2.3).

Tabela 2.3 - Número de pulgões alados (média $\pm$ EP) encontrados em folhas e umbelas de plantas de erva-doce em função do sistema de cultivo e idade da planta ($F_{SC \times I}$ (20, 375) = 1,91, $P = 0,0107$)

Idade da planta (dia) ¹	Sistema de cultivo ²	
	Erva-doce solteira	Erva-doce consorciada com algodão
55	0,00 $\pm$ 0,00aE	0,00 $\pm$ 0,00aD
62	0,00 $\pm$ 0,00aE	0,00 $\pm$ 0,00aD
69	0,00 $\pm$ 0,00aE	0,01 $\pm$ 0,00aD
76	0,00 $\pm$ 0,00aE	0,00 $\pm$ 0,00aD
83	0,00 $\pm$ 0,00aE	0,00 $\pm$ 0,00aD
90	0,00 $\pm$ 0,00aE	0,00 $\pm$ 0,00aD
97	0,00 $\pm$ 0,00aE	0,00 $\pm$ 0,00aD
104	0,00 $\pm$ 0,00aE	0,00 $\pm$ 0,00aD
111	0,00 $\pm$ 0,00aE	0,00 $\pm$ 0,00aD
118	0,00 $\pm$ 0,00aE	0,05 $\pm$ 0,00aD
125	0,00 $\pm$ 0,00aE	0,00 $\pm$ 0,00aD
132	0,00 $\pm$ 0,00aE	0,00 $\pm$ 0,00aD
139	0,15 $\pm$ 0,04aDE	0,02 $\pm$ 0,00bD
146	0,02 $\pm$ 0,00aE	0,00 $\pm$ 0,00aD
153	0,02 $\pm$ 0,00aE	0,00 $\pm$ 0,00aD
160	0,28 $\pm$ 0,08aD	0,00 $\pm$ 0,00bD
167	0,49 $\pm$ 0,09aC	0,13 $\pm$ 0,02bCD
174	0,61 $\pm$ 0,09aBC	0,27 $\pm$ 0,04bC
181	1,14 $\pm$ 0,12aA	0,13 $\pm$ 0,01bCD
188	0,66 $\pm$ 0,08aBC	0,45 $\pm$ 0,08bB
195	0,31 $\pm$ 0,07bC	0,88 $\pm$ 0,09aA

¹Após transplantio. ²Médias seguidas pela mesma letra minúscula dentro da mesma linha e médias seguidas pela mesma letra maiúscula dentro da mesma coluna não diferem significativamente pelo Student-Newman-Keuls test ($P = 0,05$)

Durante o intervalo onde ocorreram pulgões constatou-se mais indivíduos nas plantas do sistema de erva-doce solteira do que no sistema de erva-doce consorciada com algodão (Tabelas 2.2 e 2.3), exceto aos 195 dias após o transplante das plantas de erva-doce, onde os números de pulgões (alados) encontrados por planta de erva-doce foram maiores no sistema de erva-doce consorciada com algodão do que no sistema de erva-doce solteira.

Os números de pulgões ápteros e alados por planta de erva-doce no sistema de erva-doce solteira foram maiores com 188 dias (Tabela 2.2) e 181 dias (Tabela 2.3) após o transplante das plantas de erva-doce, respectivamente. Enquanto que no sistema de erva-doce consorciada com algodão, os números de pulgões ápteros e alados foram maiores aos 188 dias (Tabela 2.2) e 195 dias (Tabela 2.3) após o transplante das plantas de erva-doce. Depois de 139, 146, 181, 188 e 195 dias após o transplante das plantas de erva-doce foram encontrados mais pulgões ápteros na região apical do que nas demais regiões (Tabela 2.4); de 160 à 167 dias após o transplante das plantas de erva-doce foram encontrados mais pulgões ápteros na região mediana do que nas demais regiões; enquanto que aos 153 e 174 dias após o transplante das plantas de erva-doce, os números de pulgões ápteros encontrados na região apical das plantas de erva-doce foram similares aos encontrados na região mediana das plantas (Tabela 2.4).

Os maiores números de pulgões ápteros quantificados nas regiões apical, mediana ou basal da planta de erva-doce foram encontrados em plantas com 188 dias após o transplante (Tabela 2.4). Constatou-se que com 139, 174, 188 e 195 dias após o transplante das plantas de erva-doce, foram encontrados mais pulgões alados na região apical das plantas do que nas demais regiões das plantas (Tabela 2.5).

Tabela 2.4 - Número de pulgões ápteros (média $\pm$ EP) encontrados em folhas e umbelas de plantas de erva-doce em função da idade e região da planta ($F_{R \times I(40, 375)} = 2,00$, $P = 0,0005$)

Idade da planta (dia) ¹	Região da planta ²		
	Apical	Mediana	Basal
55	0,00 $\pm$ 0,00aF	0,00 $\pm$ 0,00aD	0,00 $\pm$ 0,00aD
62	0,00 $\pm$ 0,00aF	0,00 $\pm$ 0,00aD	0,00 $\pm$ 0,00aD
69	0,00 $\pm$ 0,00aF	0,00 $\pm$ 0,00aD	0,00 $\pm$ 0,00aD
76	0,00 $\pm$ 0,00aF	0,00 $\pm$ 0,00 aD	0,00 $\pm$ 0,50aD
83	0,00 $\pm$ 0,00aF	0,00 $\pm$ 0,00aD	0,00 $\pm$ 0,00aD
90	0,00 $\pm$ 0,00aF	0,00 $\pm$ 0,00aD	0,00 $\pm$ 0,00aD
97	0,00 $\pm$ 0,00aF	0,00 $\pm$ 0,00aD	0,00 $\pm$ 0,00aD
104	0,00 $\pm$ 0,00aF	0,00 $\pm$ 0,00aD	0,00 $\pm$ 0,00aD
111	0,00 $\pm$ 0,00aF	0,00 $\pm$ 0,00aD	0,00 $\pm$ 0,00aD
118	0,84 $\pm$ 0,03aF	0,00 $\pm$ 0,00aD	0,00 $\pm$ 0,00aD
125	0,00 $\pm$ 0,00aF	0,00 $\pm$ 0,00aD	0,00 $\pm$ 0,00aD
132	0,00 $\pm$ 0,00aF	0,00 $\pm$ 0,00aD	0,00 $\pm$ 0,00aD
139	3,13 $\pm$ 0,99aE	0,81 $\pm$ 0,02bD	0,00 $\pm$ 0,00cD
146	2,04 $\pm$ 0,75aE	0,02 $\pm$ 0,00bD	0,00 $\pm$ 0,00bD
153	2,81 $\pm$ 0,87aE	1,64 $\pm$ 0,32aD	0,87 $\pm$ 0,05aD
160	13,90 $\pm$ 4,89bD	26,81 $\pm$ 7,08aB	0,00 $\pm$ 0,00cD
167	13,40 $\pm$ 3,89bD	20,78 $\pm$ 5,67aB	0,40 $\pm$ 0,02cD
174	23,17 $\pm$ 6,98aC	23,59 $\pm$ 5,89aB	1,77 $\pm$ 0,45bC
181	31,85 $\pm$ 7,77aB	16,56 $\pm$ 5,12bC	0,27 $\pm$ 0,02cD
188	52,43 $\pm$ 13,65aA	32,18 $\pm$ 10,09bA	12,16 $\pm$ 3,54cA
195	22,95 $\pm$ 6,12aC	12,44 $\pm$ 3,10bC	3,03 $\pm$ 0,87cB

¹Após transplantio. ²Médias seguidas pela mesma letra minúscula dentro da mesma linha e médias seguidas pela mesma letra maiúscula dentro da mesma coluna não diferem significativamente pelo Student-Newman-Keuls test ($P = 0,05$)

Aos 146, 153 e 160 dias após o transplante das plantas de erva-doce, os números de pulgões alados registrados na região apical das plantas de erva-doce foram similares aos quantificados nas demais regiões (Tabela 2.5).

Tabela 2.5 - Número de pulgões alados (média $\pm$ EP) encontrados em folhas e umbelas de plantas de erva-doce em função da idade e região da planta ($F_{R \times I(40, 375)} = 1,42$, $P = 0,0513$)

Idade da planta (dia) ¹	Região da planta ²		
	Apical	Mediana	Basal
55	0,00 $\pm$ 0,00aC	0,00 $\pm$ 0,00aC	0,00 $\pm$ 0,00aB
62	0,00 $\pm$ 0,00aC	0,00 $\pm$ 0,00aC	0,00 $\pm$ 0,00aB
69	0,01 $\pm$ 0,00aC	0,00 $\pm$ 0,00aC	0,00 $\pm$ 0,00aB
76	0,00 $\pm$ 0,00aC	0,00 $\pm$ 0,00 aC	0,00 $\pm$ 0,50aB
83	0,00 $\pm$ 0,00aC	0,00 $\pm$ 0,00aC	0,00 $\pm$ 0,00aB
90	0,00 $\pm$ 0,00aC	0,00 $\pm$ 0,00aC	0,00 $\pm$ 0,00aB
97	0,00 $\pm$ 0,00aC	0,00 $\pm$ 0,00aC	0,00 $\pm$ 0,00aB
104	0,00 $\pm$ 0,00aC	0,00 $\pm$ 0,00aC	0,00 $\pm$ 0,00aB
111	0,00 $\pm$ 0,00aC	0,00 $\pm$ 0,00aC	0,00 $\pm$ 0,00aB
118	0,07 $\pm$ 0,00aC	0,00 $\pm$ 0,00aC	0,00 $\pm$ 0,00aB
125	0,00 $\pm$ 0,00aC	0,00 $\pm$ 0,00aC	0,00 $\pm$ 0,00aB
132	0,00 $\pm$ 0,00aC	0,00 $\pm$ 0,00aC	0,00 $\pm$ 0,00aB
139	0,22 $\pm$ 0,06aB	0,02 $\pm$ 0,00bC	0,00 $\pm$ 0,00bB
146	0,02 $\pm$ 0,00aC	0,00 $\pm$ 0,00aC	0,00 $\pm$ 0,00aB
153	0,02 $\pm$ 0,00aC	0,00 $\pm$ 0,00aC	0,01 $\pm$ 0,00aB
160	0,18 $\pm$ 0,05aB	0,23 $\pm$ 0,02aBC	0,00 $\pm$ 0,00aB
167	0,25 $\pm$ 0,07bB	0,67 $\pm$ 0,07aAB	0,00 $\pm$ 0,00cB
174	0,84 $\pm$ 0,11aA	0,45 $\pm$ 0,05bAB	0,04 $\pm$ 0,00cB
181	0,97 $\pm$ 0,10aA	0,93 $\pm$ 0,09aA	0,00 $\pm$ 0,00bB
188	0,88 $\pm$ 0,09aA	0,47 $\pm$ 0,06bAB	0,32 $\pm$ 0,04bA
195	1,05 $\pm$ 0,18aA	0,65 $\pm$ 0,07bA	0,09 $\pm$ 0,00cB

¹Após transplantio. ²Médias seguidas pela mesma letra minúscula dentro da mesma linha e médias seguidas pela mesma letra maiúscula dentro da mesma coluna não diferem significativamente pelo Student-Newman-Keuls test ($P = 0,05$)

Na região apical da planta de erva-doce foram encontrados mais pulgões alados aos 174, 181, 188 e 195 dias após o transplante das plantas do que nas demais idades (Tabela 2.5). Na região mediana da planta foram encontrados mais pulgões alados aos 167, 174, 181, 188 e 195 dias após o transplante das plantas (Tabela 2.5), enquanto que na região basal da planta

foram encontrados mais pulgões alados aos 188 dias após o transplante das plantas (Tabela 2.5).

O sistema de cultivo afetou o número de pulgões por planta (ápteros: $F_{S(1,3)} = 13,75$, $P = 0,0285$ e alados: $F_{S(1,3)} = 12,43$, $P < 0,0312$), isto é, o número de pulgões encontrados por planta no sistema de erva-doce consorciado com algodão ($30,98 \pm 8,09$ pulgões ápteros/planta ou $0,88$ pulgões alados/planta) foi menor do que no sistema de erva-doce solteiro ($66,48 \pm 16,98$ pulgões ápteros/planta ou $1,73$ pulgões alados/planta).

No sistema de cultivo de erva-doce solteira, os pulgões ápteros produziram picos populacionais aos 153 dias e 188 dias após o transplante das plantas (Figura 2.2), enquanto que os pulgões alados produziram pico populacional aos 139 e 174 dias após o transplante das plantas (Figura 2.3). No sistema de erva-doce consorciada com algodão, os pulgões produziram picos aos 188 dias (pulgões ápteros) (Figura 2.2) ou 195 dias (pulgões alados) (Figura 2.3) após o transplante das plantas.

Figura 2.2 - Dinâmica de pulgões *H. foeniculi* áptero no ano agrícola de 2009 em erva-doce solteiro e erva-doce consorciado com algodão de fibra colorida. Cada ponto de dados representa a média de 20 plantas de erva-doce. ¹Todas estruturas das plantas (folhas e umbelas)

A partir de 132 dias até os 188 dias após o transplante das plantas de erva-doce, os pulgões ápteros apresentaram crescimento populacional no sistema de cultivo de erva-doce

solteira, sendo este crescimento bastante variável e exibindo pelo menos dois picos distintos (Figura 2.2). Entretanto, no sistema de erva-doce consorciada com algodão, o crescimento populacional de pulgões ápteros foi relativamente uniforme, a partir dos 160 dias até os 180 dias após o transplante das plantas (Figura 2.2). Em ambos os sistemas de cultivos estudados, a queda populacional de pulgões ápteros ocorreu a partir dos 188 dias após o transplante das plantas (Figura 2.2). Os pulgões alados apresentaram crescimento populacional com alguma variação, tanto no sistema de erva-doce solteira (132 dias até 181 dias após o transplante das plantas) como no sistema de erva-doce consorciada com algodão (160 dias até 195 dias após o transplante das plantas) (Figura 2.3). No sistema de cultivo de erva-doce solteira, os pulgões alados apresentaram queda de crescimento populacional a partir dos 181 dias após o transplante das plantas (Figura 2.3), enquanto que no sistema de cultivo de erva-doce consorciada com algodão não se constatou queda de crescimento populacional de pulgões alados (Figura 2.3).

Figura 2.3 - Dinâmica de pulgões *H. foeniculi* alados no ano agrícola de 2009 em erva-doce solteiro e erva-doce consorciado com algodão de fibra colorida. Cada ponto de dados representa a média de 20 plantas de erva-doce. ¹Todas estruturas das plantas (folhas e umbelas)

Constatou-se que 91.62% e 90.77% dos pulgões ápteros encontravam-se nos nós 1 a 12 e 1 a 10 das plantas de erva-doce dos sistemas de cultivos de erva-doce solteira e erva-doce consorciada com algodão, respectivamente (Figura 2.4). Resultados semelhantes foram constatados para os pulgões alados, onde 90.46% e 91.04% dos pulgões alados foram encontrados nos nós 1 a 12 e 1 a 10 das plantas de erva-doce dos sistemas de cultivos de erva-doce solteira e erva-doce consorciada com algodão, respectivamente (Figura 2.5).

Figura 2.4 - Distribuição vertical (%) de pulgões *H. foeniculi* ápteros encontrados dentro dos nós de erva-doce solteiro ($y = 0,652 + 1,436x - 0,195x^2 - 0,005x^3$, $F_{\text{modelo}}(3, 19) = 19,02$, $R^2 = 0,75$, $P = 0,0001$, $F_{(1, 16)} = 6,80$, $P = 0,0173$) e erva-doce consorciado com algodão de fibra colorida ($y = 9,364 + 0,784x - 0,169x^2 + 0,005x^3$, $F_{\text{modelo}}(3, 19) = 34,48$, $R^2 = 0,84$, $P = 0,0001$, $F_{(1, 19)} = 6,09$, $P = 0,0233$) baseado na posição dos nós da parte apical (primeiro nó: 1) até os nós da parte basal (último nó: 23).

¹Todas estruturas das plantas (folhas e umbelas), Cada ponto de dados representa a média de 420 plantas de erva-doce

Como os pulgões ápteros (Figura 2.4) encontravam-se concentrados nos nós apicais e medianos das plantas de erva-doce, tanto nos sistemas de erva-doce solteira como na erva-doce consorciada com algodão, foram aplicados modelos cúbicos, pois foram os que melhor

se adequaram para representar o comportamento da distribuição vertical de pulgões tanto no sistema de cultivo de erva-doce solteira (pulgões ápteros: $y = 0,652 + 1,436x - 0,195x^2 - 0,005x^3$, $F_{\text{modelo (3, 19)}} = 19,02$, $R^2 = 0,75$, $P = 0,0001$, $F_{(1, 19)} = 6,80$, $P = 0,0173$ e pulgões alados: $y = 10,503 - 0,513x$, $F_{\text{modelo (1, 21)}} = 29,77$, $R^2 = 0,59$, $P = 0,0001$) como no sistema de erva-doce consorciada com algodão (pulgões ápteros: $y = 9,364 + 0,784x - 0,169x^2 + 0,005x^3$, $F_{\text{modelo (3, 19)}} = 34,48$, $R^2 = 0,84$, $P = 0,0001$, $F_{(1, 19)} = 6,09$, $P = 0,0233$ e pulgões alados: $y = 11,839 - 0,624x$, $F_{\text{modelo (1, 21)}} = 43,72$, $R^2 = 0,68$, $P = 0,0001$) (Figura 2.4). No caso de pulgões alados, foram aplicados modelos lineares, os quais foram os que melhor se adequaram para representar o comportamento da distribuição vertical de pulgões tanto no sistema de cultivo de erva-doce solteira ($y = 10,503 - 0,513x$, $F_{\text{modelo (1, 21)}} = 29,77$, $R^2 = 0,59$, $P = 0,0001$) como no sistema de erva-doce consorciada com algodão ($y = 11,839 - 0,624x$, $F_{\text{modelo (1, 21)}} = 43,72$, $R^2 = 0,68$, $P = 0,0001$) (Figura 2.5).

Figura 2.5 - Distribuição vertical (%) de pulgões *H. foeniculi* alados encontrados dentro dos nós de erva-doce solteiro ($y = 10,503 - 0,513x$, $F_{\text{modelo (1, 21)}} = 29,77$, $R^2 = 0,59$, $P = 0,0001$) e erva-doce consorciado com algodão de fibra colorida ($y = 11,839 - 0,624x$, $F_{\text{modelo (1, 21)}} = 43,72$, $R^2 = 0,68$, $P = 0,0001$) baseado na posição dos nós da parte apical (primeiro nó: 1) até os nós da parte basal (último nó: 23). ¹Todas estruturas das plantas (folhas e umbelas). Cada ponto de dados representa a média de 420 plantas de erva-doce

Comparando os coeficientes lineares dos modelos entre o sistema de cultivo de erva-doce solteira e o sistema de erva-doce consorciada com algodão (Proc Mixed do Sas aplicado a igualdade do coeficiente linear), constatou-se que o padrão de distribuição vertical dos pulgões ápteros nas plantas de erva-doce não difere entre os sistemas de cultivo de erva-doce solteira e erva-doce consorciada com algodão ($t_{(1,989)} = 1,01$, $P = 0,9612$). Comportamento semelhante foi registrado para os pulgões alados, onde foi constatado que o padrão de distribuição vertical dos pulgões alados nas plantas de erva-doce também não difere entre os sistemas de cultivo de erva-doce solteira e erva-doce consorciada com algodão ($t_{(1,989)} = 0,98$, $P = 0,9801$).

Independentemente do sistema de cultivo ($F_{SC \text{ por estrutura } (1, 9)} = 3,83$, $P = 0,0820$) adotado, foram encontrados mais pulgões ápteros nas umbelas (84,61%) da erva-doce do que nas suas folhas (15,39%) (Figura 2.6), sendo que dos pulgões ápteros encontrados nas umbelas, 80,87% desses pulgões foram encontrados nas umbelas produzidas pelos meristemas apicais e 19,13% nas umbelas produzidas pelos meristemas laterais (Figura 2.6).

Figura 2.6 - A: Percentagem de pulgões *H. foeniculi* ápteros (média $\pm$ EP) por estrutura da planta ($F_{\text{modelo}}(6, 9) = 17,89$, $P = 0,0002$; $F_{\text{SC}}(1, 9) = 0,02$, $P = 0,9587$; $F_{\text{estrutura}}(1, 9) = 103,51$, $P = 0,0001$; $F_{\text{SC} \times \text{estrutura}}(1, 9) = 3,83$, $P = 0,0820$) ou B: posição da umbela ($F_{\text{modelo}}(6, 9) = 14,45$, $P = 0,0004$; $F_{\text{SC}}(1, 9) = 0,03$, $P = 0,9431$; $F_{\text{estrutura}}(1, 9) = 86,60$, $P = 0,0001$; $F_{\text{SC} \times \text{estrutura}}(1, 9) = 0,11$, $P = 0,7450$) em cultivo de erva-doce. Diferentes letras minúsculas indicam uma diferença significativa entre as médias dentro de cada variável

Verificou-se que a interação sistema de cultivo e estrutura da planta de erva-doce ($F_{\text{SC por estrutura}}(1, 9) = 1,05$, $P = 0,4186$) não foi significativa para a percentagem de pulgões alados encontrados por estrutura da planta. Entretanto, 93,58% dos pulgões alados foram encontrados nas umbelas e 6,42% dos pulgões alados foram encontrados nas folhas da erva-doce (Figura 2.7). Desses pulgões alados encontrados nas umbelas, 87,63% foram encontrados nas umbelas produzidas pelos meristemas apicais e 12,37 nas umbelas produzidas pelos meristemas laterais (Figura 2.7).

Figura 2.7 - A: Percentagem de pulgões *H. foeniculi* alados (média $\pm$ EP) por estrutura da planta ($F_{\text{modelo}} (6, 9) = 73,04$, $P < 0,0001$, $F_{\text{SC}} (1, 9) = 0,01$, $P = 0,9768$, $F_{\text{estrutura}} (1, 9) = 437,09$, $P < 0,0001$, $F_{\text{SC} \times \text{estrutura}} (1, 9) = 1,14$, $P = 0,3140$) ou B: posição da umbela ($F_{\text{modelo}} (6, 9) = 5,21$, $P = 0,0141$, $F_{\text{SC}} (1, 9) = 1,05$, $P = 0,3333$, $F_{\text{estrutura}} (1, 9) = 26,35$, $P = 0,0006$, $F_{\text{SC} \times \text{estrutura}} (1, 9) = 1,05$, $P = 0,4186$) em cultivo de erva-doce. Diferentes letras minúsculas indicam uma diferença significativa entre as médias dentro de cada variável

2.2.3 Discussão

Os resultados obtidos na presente pesquisa indicam que o sistema de cultivo afetou o número de pulgões por planta (ápteros: $F_{\text{SC}} (1, 3) = 13,75$, $P = 0,0285$ e alados: $F_{\text{SC}} (1, 3) = 12,43$, $P = 0,0312$), isto é, os números de pulgões ápteros (27.922) e alados (703) encontrados na erva-doce solteira foram maiores do que os números de pulgões ápteros (13.012) e alados (369) encontrados na erva-doce consorciada com algodão com fibra naturalmente colorida. Resultados similares foram encontrados por Amin et al., (2005) e Sarker et al., (2007), pois eles constataram menos insetos praga em cultivos consorciados quando comparados com os números de insetos encontrados em cultivos solteiros. Diferentes consórcios de culturas,

quando usadas corretamente, podem contribuir significativamente para redução de problemas com pragas (SARKER et al., 2007) aumentando a produtividade e o retorno econômico para o produtor (BEGUM et al., 2010).

Considerando o benefício recebido pela erva-doce consorciada pela barreira física e sombreamento de fileiras de algodão, é possível associar os resultados encontrados na presente pesquisa relacionados com a variação nos teores de óleo essencial e com a concentração de componentes monoterpenos susceptíveis a mudanças climáticas e meteorológicas (principalmente temperatura e pluviosidade) (APROTOSOAIE et al., 2010). Os compostos quando em alta concentração afetam o comportamento alimentar de insetos (KOUL et al., 2008). Outros fatores prováveis que afetam o comportamento dos insetos em cultivos solteiros ou consorciados são: a diversidade de insetos benéficos em cultivos consorciados, pois a maior diversidade de insetos em cultivos consorciados contribui com a redução de pragas (AMIN et al., 2005).

A composição nutricional de diferentes cultivares de erva-doce e a distribuição dos pulgões variam de acordo com a idade da planta em distinta estação do ano (TRUMBLE, 1982; KOUDELA; PETŘÍKOVÁ, 2008). Assim, a interação ocorrida entre sistema de cultivo e idade da planta (pulgões ápteros: $F_{SC \text{ por } I (20, 375)} = 1,74$; $P = 0,0260$ e pulgões alados: $F_{SC \text{ por } I (20, 375)} = 1,91$; $P = 0,0107$) e entre idade e região da planta (pulgões ápteros: $F_{I \text{ por } R (40, 375)} = 2,00$; $P = 0,0005$ e pulgões alados: $F_{I \text{ por } R (40, 375)} = 1,42$; $P = 0,0513$) (Tabela 2.1) para o número de pulgões encontrados por planta é devida provavelmente a atração química ou física exercida, como o aporte nutricional ou comprimento de onda incidido nas regiões das cultivares em diferentes idades e tamanhos (TRUMBLE, 1982; CIVIDANES; SANTOS, 2003) ou ainda devido a radiações ultravioletas ocorridas ao longo do tempo de cultivo (CALDWELL et al., 2007).

A erva-doce possui características fenológicas que trazem benefícios ao meio ambiente e sua preservação (WANDERLEY; WANDERLEY, 2004). Ao mesmo tempo reflete-se, na ausência de pulgão na fase inicial da cultura, nas maiores infestações (sistema solteiro 188, 181 e sistema consorciado 188 e 195 ápteros e alados respectivamente) e na variação na distribuição vertical dos pulgões ápteros e alados a partir dos 139 dias até os 195 dias após o transplante das plantas de erva-doce (Tabelas 2 e 3). Portanto, os resultados encontrados estão relacionadas provavelmente com a arquitetura, período de plantio, maturação, (MCCORNACK et al., 2008) e fenologia da planta ou ainda a condições climáticas, já que o período de plantio e maturação podem afetar a arquitetura da planta (MCCORNACK et al., 2008) e assim a distribuição do pulgão *H. foeniculi*, que geralmente se

reproduz em períodos de altas temperaturas (WANDERLEY; WANDERLEY, 2004; ABRAMSON et al., 2007b). Outro fator que está relacionado com a distribuição vertical dos pulgões nas plantas é a concentração de alguns carboidratos presentes nas folhas, bainhas (em estágio de crescimento e desenvolvimento) e nas sementes (SINGH et al., 2010). Estes compostos variam na planta de acordo com o estresse hídrico ou salinidade (MOHAMED; ABDU, 2004; BELTRÃO et al., 2010; SEDGHI et al., 2010) e/ou com a parte e idade do ciclo ou variedade agrônômica (FERNANDES et al., 2001; SINGH et al., 2010).

Os resultados referentes à localização da maioria de *H. foeniculi* ápteros e alados na região apical da planta de erva-doce e a localização da maioria de *H. foeniculi* ápteros e alados na região mediana independentemente do sistema de cultivo se assemelharam aos resultados encontrados por Cividanes e Santos (2003) que também encontraram maiores densidades de pulgões nas regiões apicais e medianas de couve (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* D. C.), relacionando este provável comportamento a parâmetros fisiológicos como a área foliar, número de folhas, idade foliar, teores de nutrientes, concentração de aminoácidos e, sobretudo, a teores de metabólitos secundários, especificamente os glucosinolatos, incluindo sinigrina e alil-isotiocianato, os quais possuem importante função na preferência alimentar de pulgões. No caso da erva-doce acredita-se que além desses, outros constituintes como óleo essencial, ácidos gordurosos, fenilpropanóides, sesquiterpenos, cumarinas, triterpenóides, taninos, flavonóides, anetol, limoleno (SINGH et al., 2006; CHOWDHURY et al., 2009) e vitaminas podem ser afetados com o crescimento e desenvolvimento da planta e conseqüentemente afetam a distribuição de insetos fitófagos dentro da planta (HENDAWY; EL-DIN, 2010).

Os estudos da dinâmica indicaram que no sistema de cultivo de erva-doce solteiro, *H. foeniculi*, tanto áptero quanto alado produziram dois picos populacionais, enquanto que no sistema de erva-doce consorciado com algodão, produziram apenas um pico populacional (Figura 2.3). Os resultados na dinâmica dos pulgões ápteros e alados encontrados no sistema de cultivo de erva-doce consorciada com algodão se assemelharam aos encontrados por Resende et al., (2004), que verificaram apenas um pico populacional de pulgões no cultivo de couve consorciada com crotalária (*Crotalaria spectabilis*, Roth). Todavia, a compreensão da dinâmica geral das espécies dentro de sua escala requer mais estudos sobre migração entre localidades a fim de determinar os efeitos sobre as respostas espaciais das populações de insetos (WELLINGS, 1994). Além disso, a dinâmica de pulgões não é evidenciada por padrão definido, sendo considerada bastante variável ao longo do ano, principalmente, quando se

compara o mecanismo que esses insetos possuem, podendo esta dinâmica ser semelhante ou distinta (KINDLMANN; DIXON, 1996).

Hyadaphis foeniculi causa perdas que variam com o clima e o sistema de cultivo adotado, podendo acarretar 100% de perdas se a cultura for plantada em monocultivo e não for utilizado manejo ecológico (WANDERLEY; WANDERLEY, 2004). A queda no crescimento populacional de pulgões ápteros ocorrida no final do ciclo em ambos os sistemas de cultivos estudados bem como de pulgões alados e a prevalência de crescimento populacional de pulgões alados no cultivo de erva-doce consorciada com algodão podem ser explicados provavelmente por dois fatores: (a) algumas plantas de erva-doce solteira após alta infestação de pulgões podem morrer, por outro lado, as sobreviventes possuem menos nutrientes e conseqüentemente perda significativa na produção, causando mortalidade em pulgões ápteros e alados, (b) plantas de erva-doce consorciada com algodão possuem menor taxa de mortalidade, menor infestação de insetos praga, conservando assim mais nutrientes, o que pode preservar alguns pulgões alados e inimigos naturais, que não chegam a ocasionar perdas significativas já que os frutos foram colhidos (195 dias após transplante das plantas). Pickett et al. (1992) explicaram que insetos são organismos sensíveis a aspectos químicos de seus hospedeiros e a localização imediata. Além disso, diversas plantas aromáticas possuem ácido oléico como principal componente gorduroso e o ácido aspártico, ácido glutâmico e a arginina como os principais aminoácidos presentes que podem ser afetados durante o crescimento e desenvolvimento da planta favorecendo a redução ou aumento da variação da dinâmica populacional dos insetos (AYAD; EL-DIN, 2011).

Constatou-se que 91,62% e 90,77% dos pulgões ápteros encontravam-se nos nós 1 a 12 e 1 a 10 das plantas de erva-doce dos sistemas de cultivos de erva-doce solteira e erva-doce consorciada com algodão, respectivamente, sendo o modelo cúbico o que melhor representou o comportamento dos insetos nesses estudos (Figura 2.4). Resultados semelhantes foram constatados para os pulgões alados, onde 90,46% e 91,04% deles foram encontrados nos nós 1 a 12 e 1 a 10 das plantas de erva-doce dos sistemas de cultivos de erva-doce solteira e erva-doce consorciada com algodão, respectivamente, sendo o modelo linear o que melhor representou o comportamento dos insetos nesses estudos (Figura 2.5). Como cada espécie de inseto tem o requerimento quantitativo e qualitativo por aminoácidos (HANNY; ELMORE, 1974), este comportamento apresentado pelos afídeos pode está possivelmente relacionado com os teores de oligossacarídeos ou polissacarídeos que variam com a idade das flores e frutos.

A distribuição espacial de insetos produz parâmetros característicos que segregam espécies e esses determinam a distribuição espaço-temporal das variações dinâmicas (TAYLOR, 1984). Assim, quando se comparou os coeficientes lineares dos modelos entre o sistema de cultivo de erva-doce solteira e o sistema de erva-doce consorciada com algodão (Proc Mixed do Sas aplicado a igualdade do coeficiente linear), constatou-se que o padrão de distribuição vertical dos pulgões ápteros ($t_{(1,989)} = 1,01$, $P = 0,9612$) e alados ($t_{(1,989)} = 0,98$, $P = 0,9801$) nas plantas de erva-doce não difere entre os sistemas de cultivo de erva-doce solteira e erva-doce consorciada com algodão, produzindo características de similaridade, aumentando ou diminuindo a densidade populacional da praga de acordo com a idade da planta (GONZAGA et al., 1991; CIVIDANES; YAMAMOTO, 2002).

Independente do sistema de cultivo adotado, os maiores percentuais de *H. foeniculi* ápteros foram verificados nas umbelas a folhas. A maior concentração destes e dos alados (Figura 2.7) nas umbelas apicais quando comparado com as umbelas laterais indica que a fase de frutificação da planta atrai predominantemente este inseto para inflorescências (WANDERLEY; WANDERLEY, 2004; LIRA; BATISTA, 2006; ABRAMSON et al., 2007b) e para frutos verdes com maior concentração de biomassa (STEFANINI et al., 2006), podendo ainda ocorrer casos raros de ataques em ramos quando a planta estiver fraca ou mal nutrida (WANDERLEY; WANDERLEY, 2004). Este comportamento dos pulgões ápteros e alados em erva-doce pode está relacionado com a concentração de açúcares nas umbelas, pois em inflorescência de plantas apiáceas a frutose e glicose são mais predominantes atraindo desta forma maior diversidade de insetos para estas partes (LANGENBERGER; DAVIS, 2002).

2.3 Conclusão

Os resultados encontrados na pesquisa indicam que a implantação do sistema de erva-doce consorciada com algodão com fibra colorida reduz a população de *H. foeniculi* ao longo do tempo, podendo desta forma, ser uma das alternativas viáveis para a redução populacional de pulgões da erva-doce.

Referências

- ABRAMSON, C.I.; WANDERLEY, P.A.; MINÁ, A.J.S.; WANDERLEY, M.J.A. Capacity of earwig *Marava arachidis* (Yersin) to access fennel plants *Foeniculum vulgare* Mill. in laboratory and field. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 6, p. 1524-1528, 2007a.
- ABRAMSON, C.I.; WANDERLEY, P.A.; WANDERLEY, M.J.A.; SILVA, J.C.R. The effect of essential oils of sweet fennel and pignut on mortality and learning in africanized honeybees (*Apis mellifera* L.) (Hymenoptera: Apidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 36, p. 828-835, 2007b.
- ABRAMSON, C.I.; WANDERLEY, P.A.; WANDERLEY, M.J.A.; MINÁ, A.J.S.; SOUZA, O.B. Effect of essential oil from citronella and alfazema on fennel aphids *Hyadaphis foeniculi* Passerini (Hemiptera: Aphididae) and its predator *Cycloneda sanguinea* L. (Coleoptera: Coccinelidae). **American Journal of Environmental Sciences**, New York, v. 3, n. 1, p. 9-10, 2006.
- AMIN, S.M.R.; KUNDU, R.; RAHMAN, M.M.; ISLAM, M.S. Effect of intercropping on the diversity of insect community in brinjal. **Bulletin of the Institute of Tropical Agriculture**, Fukuoka, v. 28, p. 25-31, 2005.
- APROTOSOAI, A.C.; ȘPAC, A.; HÂNCIANU, M.; MIRON, A.; TĂNĂȘESCU, V.F.; DORNEANU, V.; STĂNESCU, U. The chemical profile of essential oils obtained from fennel fruits (*Foeniculum vulgare* Mill.). **Farmacia**, Roma, v. 58, p. 46-53, 2010.
- AYAD, H.S.; EL-DIN, K.M.G. Effect of atonik benzyladenine on growgh and some biochemical constituents of lupine plant (*Lupinus termis* L.). **American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Science**, Faisalabad, v. 10, n. 4, p. 519-524, 2011.
- BAYAZIT, V. Assessment of effects of nanomaterials in fennel (*Foeniculum vulgare* Miller) seed on the cloth dissolution after spontaneously stroke of male mole rat (*Spalax leucodon*) in MUŞ, Turkey. **Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures**, Bucharest-Magurele, v. 5, n. 2, p. 503-510, 2010.
- BEGUM, S.; KAKON, S.S.; ISLAM, M.N.; AHMED, F.; HAQUE, M.M. Study on intercropping of different spices with hybrid maize. **Journal of Experimental Biosciences**, Dhaka, v. 1, n. 2, p. 47-50, 2010.
- BELTRÃO, N.E.M.; VALE, L.S.; MARQUES, L.F.; CARDOSO, G.D.; OUTO, J.S. Consórcio mamona e amendoim: opção para a agricultura familiar. **Revista Verde**, Cataguases, v. 5, p. 222-227, 2010.
- BOEVE, P.J.A.; WEISS, M. Spatial distribution and sampling plans with fixed levels of precision for cereal aphids (Homoptera: Aphididae) infesting spring wheat. **Canadian Entomologist**, Ottawa, v. 130, p. 67-77, 1998.

CALDWELL, M.M.; BORNMAN, J.F.; BALLARÉ, C.L.; FLINT, S.D.; KULANDAIVELU, G. Terrestrial ecosystems, increased solar ultraviolet radiation, and interactions with other climate change factors. **Photochemical & Photobiological Sciences**, Cambridge, v. 6, n. 3, p. 252-266, 2007.

CARRUBBA, A.; TORRE, R.; SAIANO, F.; AIELLO, P. Sustainable production of fennel and dill by intercropping. **Agronomy for Sustainable Development**, Paris, v. 28, p. 247–256, 2008.

CARVALHO, L.M.; NUNES, M.U.C.; OLIVEIRA, I.R.; LEAL, M.L.S. Produtividade do tomateiro em cultivo solteiro e consorciado com espécies aromáticas e medicinais. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, p. 458-464, 2009.

CHOWDHURY, J.U.; MOBAROK, M.H.; BHUIYAN, M.N.I.; NANDI, N.C. Constituents of essential oils from leaves and seeds of *Foeniculum vulgare* Mill. Cultivated in Bangladesh. **Bangladesh Journal of Botany**, Dhaka, v. 38, n. 2, p. 181-183, 2009.

CIVIDANES, F.J.; SANTOS, D.M.M. Flutuação populacional e distribuição vertical de *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae) em couve. **Bragantia**, Campinas, v. 62, p. 61-67, 2003.

CIVIDANES, F.J.; YAMAMOTO, F.T. Pragas e inimigos naturais na soja e no milho cultivados em sistemas diversificados. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 4, p. 683-687, 2002.

EL-AWADI, M.E.; HASSAN, E.A. Improving growth and productivity of fennel plant exposed to pendimethalin herbicide: stress – recovery treatments. **Nature and Science**, New York, v. 9, n. 2, p. 97-108, 2011.

FERNANDES, A.M.V.; FARIAS, A.M.I.; SOARES, M.M.M.; VASCONCELOS, S.D. Desenvolvimento do pulgão *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) em três cultivares do algodão herbáceo *Gossypium hirsutum* L. r. latifolium Hutch. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 30, n. 3, p. 467-470, 2001.

FERREIRA, R.G.; SILVA, C.R.S. *Hyadaphis foeniculi* na cultura de erva-doce no estado de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, p. 1265-1266, 2004.

GIANOLI, E. Within-plant distribution of *Rhopalosiphum padi* on wheat seedlings is affected by induced responses. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 93, n. 2, p. 227-230, 1999.

GONZAGA, J.V.; RAMALHO, F.S.; SANTOS, J. Distribuição de *Aphis gossypii* no algodoeiro nos sistemas de plantio solteiro e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, p. 1839-1844, 1991.

HANNY, B.W.; ELMORE, C.D. Amino acid composition of cotton nectar. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 22, n. 3, p. 476-478, 1974.

- HE, W.; HUANG, B. A review of chemistry and bioactivities of a medicinal spice: *Foeniculum vulgare*. **Journal of Medicinal Plants Research**, Nsukka, v. 5, n. 16, p. 3595-3600, 2011.
- HENDAWY, S.F.; EL-DIN, A.A.E. Growth and yield of *Foeniculum vulgare* var. *azoricum* as influenced by some vitamins and amino acids. **Ozean Jorunal of Applied Sciences**, Ozela, v. 3, n. 1, p. 113-123, 2010.
- KINDLMANN, P.; DIXON, A.F.G. Population dynamics of a tree-dwelling aphid: individuals to populations. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 89, p. 23-30, 1996.
- KOUDELA, M.; PETŘÍKOVÁ, K. Nutritional compositions and yield of sweet fennel cultivars – *Foeniculum vulgare* Mill. Ssp. *vulgare* var. *azoricum* (Mill.) Thell. **Horticultural Science**, Praha, v. 35, n. 1, p. 1-6, 2008.
- KOUL, O.; WALIA, S.; DHALIWAL, G.S. Essential oils as green pesticides: potential and constraints. **Biopesticides International**, Jalandhar, v. 4, n. 1, p. 63-84, 2008.
- LANGENBERGER, M.W.; DAVIS, A.R. Temporal changes in floral nectar production , reabsorption , and composition associated with dichogamy in annual caraway (*Carum carvi*: Apiaceae). **American Journal of Botany**, Columbus, v. 89, n. 10, p. 1588-1598, 2002.
- LAZZARI, S. M.N.; LAZZAROTTO, C.M. Distribuição altitudinal e sazonal de afídios (Hemiptera, Aphididae) na Serra do Mar, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, São Paulo, v. 22, n. 4, p. 891-897, 2005.
- LEITE, M.V.; SANTOS, T.M.; SOUZA, B.; CALIXTO, A.M.; CARVALHO, C. Biologia de *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae) em abobrinha cultivar caserta (*Cucurbita pepo* L.) em diferentes temperaturas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1394-1401, 2006.
- LIRA, R.S.; BATISTA, J.L. Aspectos biológicos de *Chrysoperla externa* alimentados com pulgões da erva-doce. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, Campina Grande, v. 6, p. 20-35, 2006.
- MALAQUIAS, J.B.; RAMALHO, F.D.S.; VIRGÍNIO, J.S.S.; RODRIGUES, K.C.V.; WANDERLEY, P.A. The influence of fennel feeding on development, survival, and reproduction in *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae). **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, Ankara, v. 34, p. 235-244, 2010.
- MARINO, S.; GALA, F.; BORBONE, N.; ZOLLO, F.; VITALINI, S.; VISIOLI, F.; IORIZZI, M. Phenolic glycosides from *Foeniculum vulgare* fruit and evaluation of antioxidative activity. **Phytochemistry**, New York, v. 68, n. 13, p. 1805-1812, 2007.
- MCCORNACK, B.P.; COSTAMAGNA, A.C.; RAGSDALE, D.W. Within-plant distribution of soybean aphid (Hemiptera: Aphididae) and development of node-based sample units for estimating whole-plant densities in soybean. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 101, n. 4, p. 1488-1500, 2008.

MOHAMED, M.A.H.; ABDU, M. Growth and oil production of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.): effect of irrigation and organic fertilization. **Biological Agriculture and Horticulture**, Oxon, v. 22, p. 31-39, 2004.

PICKETT, J.A.; WADHAMS, L.J.; WOODCOCK, C.M. The chemical ecology. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 37, p. 67-90, 1992.

RAHMAN, T.; ROFF, M.N.M.; GHANI, I. Within-field distribution of *Aphis gossypii* and aphidophagous lady beetles in chili, *Capsicum annuum*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 137, p. 211-219, 2010.

RAMALHO, F.S.; FERNANDES, F.S.; NASCIMENTO, A.R.B.; NASCIMENTO-JÚNIOR, J.L. MALAQUIAS, J.B.; SILVA, C.A.D. Assessment of fennel aphids (Hemiptera: Aphididae) and their predators in fennel intercropped with cotton with colored fibers. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 105, n. 1, p. 113-119, 2012.

RESENDE, A.L.S.; PAIXÃO, F.H.M.; MENEZES, E.B.; GUERRA, J.G.M.; MENEZES, E.L. A. Flutuação populacional de pulgões alados (Hemiptera: Aphididae) em cultivo de couve e sua relação com fatores climáticos e densidade de insetos predadores. **Agronomia**, Rio de Janeiro, v. 38, n. 2, p. 6-10, 2004.

ROBSON, J.D.; WRIGHT, M.G.; ALMEIDA, R.P.P. Within-plant distribution and binomial sampling of *Pentalonia nigronervosa* (Hemiptera: Aphididae) on banana. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 99, n. 6, p. 2185-90, 2006.

SARKER, P.K.; RAHMAN, M.M.; DAS, B.C. Effect of intercropping of mustard with onion and garlic on aphid population and yield. **Journal of Biosciences**, Bangalore, v. 15, p. 35-40, 2007.

SEDGHI, M.; NEMAT, A.; ESMAIELPOUR, B. Effect of seed priming on germination and seedling growth of two medicinal plants under salinity. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, Morris, v. 22, n. 2, p. 130-139, 2010.

SINGH, G.; MAURYA, S.; LAMPASONA, M.P.; CATALAN, C. Chemical constituents, antifungal and antioxidative potential of *Foeniculum vulgare* volatile oil and its acetone extract. **Food Control**, Guildford, v. 17, p. 745-752, 2006.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT user's guide**. Cary, 2006.

SINGH, P.; SINGH, U.; SHUKLA, M.; SINGH, R.L. Variation of some phytochemicals in methi and saunf plants at different stages of development. **Journal of Herbal Medicine and Toxicology**, Rajasthan, v. 4, n. 2, p. 93-99, 2010.

STEFANINI, M.B.; MING, L.C.; MARQUES, M.O.M.; MEIRELES, M.A.A.; MOURA, L.S.; MARCHESE, J.A. Essential oil constituents of different organs of fennel (*Foeniculum vulgare* var. *vulgare*). **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, v. 8, p. 193-198, 2006.

TANIRA, M.M.; MOHSIN, A.H.S.; QURESHI, A.M.A.S. Pharmacological and toxicological investigations on *Foeniculum vulgare* dried fruit extract in experimental animals. **Phytotherapy Research**, London, v. 10, p. 33-36, 1996.

TAYLOR, L. R. Assessing and interpreting the spatial distributions of insect populations. **Annual Review of Entomology**, Standford, v. 29, p. 321-357, 1984.

TÓTH, P.; TANCIK, J.I.; TÓTHOVÁ, M.; PAĀUTA, V. Distribution, host plants and natural enemies of sugar beet root aphid (*Pemphigus fuscicornis*) in Slovakia. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA**, Washington, v. 752, p. 221-226, 2006.

TRUMBLE, J.T. Aphid (Homoptera: Aphididae) population dynamics on broccoli in an interior Valley of California. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 75, n. 5, p. 841-847, 1982.

WANDERLEY, P.A.; WANDERLEY, M.J.A. Aspectos botânicos, agronômicos e ecológicos da cultura da erva-doce. In: SANTOS, E.P.; COUTINHO, E.P.; HOLANDA, H.D.; WANDERLEY, M.J.A.; WANDERLEY, P.A. (Eds.). **Otimização da cadeia produtiva da erva-doce (*Foeniculum vulgare*) visando a agregação de valor aos produtos da agricultura familiar**. João Pessoa: Sal da Terra, 2004. Cap. 2, p. 31-48.

WELLINGS, P.W. How variable are rates of colonization? **European Journal of Entomology**, Branisovska, v. 91, p. 121-125, 1994.

3 DINÂMICA E DISTRIBUIÇÃO DENTRO DA PLANTA DE *Aphis gossypii* GLOVER, 1877 (HEMIPTERA: APHIDIDAE) EM ALGODÃO DE FIBRA COLORIDA CONSORCIADO COM ERVA-DOCE (APÊNDICE B)

Resumo

Aphis gossypii Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae) é um inseto fitófago, polífago e cosmopolita que ataca principalmente as folhas do algodão a partir da fase inicial de cultivo. Quando não controlado *A. gossypii* causa perdas significativas reduzindo drasticamente a produção. Tendo em vista que alternativas agroecológicas podem ser usadas como estratégia para o controle de pragas, este estudo foi realizado com o objetivo de estudar a influência do consórcio de algodão de fibra colorida com erva-doce na dinâmica e distribuições vertical e horizontal do pulgão *A. gossypii* ao longo do tempo. Dos 18 dias após a emergência das plantas até o surgimento dos primeiros capulhos (130 dias) foi quantificado semanalmente o número de pulgões na região apical, mediana e basal do algodão solteiro e do algodão consorciado com erva-doce. O número de pulgões encontrado no sistema de cultivo de algodão solteiro (11444 pulgões) foi significativamente superior ao encontrado no sistema de algodão consorciado com erva-doce (8106 pulgões). Destes, a maioria encontrava-se distribuída da parte mediana a apical da planta de algodão solteira ou consorciada com erva-doce. No sistema de cultivo de algodão solteiro, os pulgões produziram picos populacionais aos 74 e 95 dias de idade das plantas, enquanto, no sistema de algodão consorciado com erva-doce, os pulgões produziram picos aos 74 e 102 dias de idade das plantas. Concluiu-se que o sistema de cultivo e a idade da planta afetam a dinâmica e distribuição de *A. gossypii*.

Palavras-chave: Pulgão-do-algodoeiro; Localização; Região da planta; Folha; Ramo frutífero; Consórcio

Abstract

Aphis gossypii Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae) is a phytophagous, polyphagous, and cosmopolitan insect that attack cotton leaves in the initial phase of the crop. If not controlled, *A. gossypii* could cause significant losses, reducing the cotton production gain. Taking into account that agroecology alternatives have been efficient in the sucking insects reduction, this work was carried out with the objective of studying the influence of intercropping of cotton with colored fibers with fennel on *A. gossypii* dynamics and vertical and horizontal distribution over the time. From 18 days until 130 days, the number of aphids was weekly quantified, examining the bottom, middle, and top region in sole cotton and cotton-fennel intercropping. The number of aphids found on the sole cotton (11444 aphids) was significantly higher than on the cotton intercropping with fennel (8106 aphids). Among them, the majority was found in the middle and top regions of sole cotton and cotton-fennel intercropping. In sole cotton crop, the aphids peaked at 74 and 95 days of plant age, while, in the intercropping system, the aphids peaked at 74 and 102 days. Thereby, we concluded that the cotton system and the plant age affect the *A. gossypii* dynamics and distribution.

Keyword: Cotton aphids; Localization; Plant region; Leaf; Fruit branch; Intercropping

3.1 Introdução

O interesse pelo algodão (*Gossypium hirsutum* L.) com fibra naturalmente colorida vem recebendo crescente atenção, pois dispensa a fase de preparo para tingimento na indústria. Por dispensar esta fase, os custos na indústria para obtenção do tecido são reduzidos, diminuindo os gastos com água e com energia, reduzindo também a quantidade de efluentes a serem tratados (RAMALHO et al., 2011). Os corantes usados no tingimento de tecidos são nocivos à saúde e muitas vezes carcinogênicos. Assim sendo, a exploração do algodão com fibra colorida é uma alternativa para recuperação do agronegócio da cotonicultura no Nordeste do Brasil (RAMALHO et al., 2011). Dentre os diversos fatores que contribuem para diminuir a produtividade do algodão no Brasil, encontram-se os insetos praga, destacando entre eles os pulgões *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae).

O pulgão, *A. gossypii*, é um inseto que em regiões tropicais apresenta reprodução exclusivamente por partenogênese (KINDLMANN; DIXON, 1996; LIU et al., 2005) tipo telítoca, isto é, sem a participação do macho, sendo tanto as formas aladas quanto as ápteras constituídas de fêmeas que dão origem a ninfas (LIU et al., 2005). Quando não controlado, *A. gossypii* pode provocar perdas significativas na produtividade (FURTADO et al., 2009) e reduzir a produção em cerca de 44%, considerando as perdas qualitativas e quantitativas, sem levar em conta os danos das viroses que aumentam os danos econômicos (RAMALHO, 1994).

Aphis gossypii é provavelmente uma das espécies de pragas mais presentes em diversificadas famílias de plantas (AKHTAR et al., 2004). No algodão, *A. gossypii* é considerado uma espécie-praga (AFSHARI et al., 2009) que se aglomera preferencialmente na face inferior das folhas (GONZAGA et al., 1991). Contudo, pode também formar colônias em brotos novos das plantas e pela sucção de seiva ocasionar o encarquilhamento das folhas e deformação dos brotos, prejudicando o desenvolvimento da planta, uma vez que ela torna-se sensivelmente depauperada (LEITE et al., 2006). Além disso, em um único contato, *A. gossypii* pode transmitir vírus (vermelhão e azulão) as plantas (SANTOS et al., 2004). Por outro lado, esta espécie produz através da excreção, o *honeydew*, que propicia o desenvolvimento do fungo *Capnodium* spp., o que leva a formação de fumagina. A fumagina dificulta a respiração da planta e diminui a área fotossintética, contribuindo para o enfraquecimento da planta (LEITE et al., 2006).

Tem-se estudado o efeito do consórcio de plantas sobre a incidência de diversas espécies de insetos em algodão *versus* milho (*Zea mays* L.) *versus* sorgo (*Sorghum bicolor*

(L.) Moench) *versus* feijão cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) ou gergelim (*Sesamum indicum* L.) (GONZAGA et al., 1991), algodão *versus* alfafa (*Medicago sativa* L.) (LIN et al., 2003), algodão *versus* milho (*Z. mays* L.) (FABIÃO; SOUSA, 2007), algodão *versus* trigo (*Triticum aestivum* L.) (ZHANG et al., 2007), algodão *versus* trigo *versus* alfafa *versus* sorgo (PHOOFOLO et al., 2010), como também a distribuição de artrópodes em algodão no sistema de plantio solteiro (WILSON et al., 1984; FERNANDES et al., 2003), porém existem poucas informações sobre a dinâmica, distribuição vertical e horizontal de *A. gossypii* e seus inimigos naturais dentro da planta de algodão com fibra naturalmente colorida, consorciado com erva-doce (*Foeniculum vulgare* Mill.). De acordo com Ramalho et al., (2012) consórcios são práticas agronômicas tradicionais que quando usadas de forma correta podem contribuir para redução do ataque de pragas, proporcionando uma significativa mudança no habitat dos artrópodes, favorecendo o desenvolvimento e o comportamento dos inimigos naturais (GONZAGA et al., 1991). Além disso, um cultivo pode ser utilizado como hospedeiro diversivo, protegendo de riscos outros cultivos mais suscetíveis ou mais valorizados economicamente. Desta forma, a grande diversidade de espécies desenvolvendo-se simultaneamente em policultivos, ajuda na prevenção de pragas evitando sua proliferação entre indivíduos da mesma espécie, que ali se encontram relativamente isolados uns dos outros (ALTIERE, 2004). Portanto, as percepções biológicas básicas podem ajudar a definir a estrutura de processos ecológicos e permitem mais previsões precisas do efeito das perdas na entrega de serviços (WILBY; THOMAS 2002). Assim, o conhecimento da dinâmica populacional e da distribuição vertical de insetos praga e de inimigos naturais em plantas hospedeiras é fundamental para o desenvolvimento de programas de manejo integrado de pragas (CIVIDANES; SANTOS, 2003). Neste sentido, os objetivos da pesquisa foram estudar a influência do consórcio de algodão de fibra colorida com erva-doce na dinâmica e distribuições vertical e horizontal do pulgão *A. gossypii* em função da idade da planta.

3.2 Desenvolvimento

3.2.1 Material e Métodos

3.2.1.1 Área de estudo e cultivar de algodão

De forma similar ao estudo da dinâmica e distribuição de *H. foeniculi*, este estudo foi conduzido simultaneamente no Campo Experimental da Embrapa Algodão localizado no município de Lagoa Seca – PB, Brasil, microrregião do Agreste e Brejo, situado à 634 m de altitude, latitude 7° 10' 15" e longitude de 35° 51' 13", durante o ano agrícola de 2009.

Entretanto, foram utilizadas uma cultivar de algodão com fibra colorida (cultivar BRS Safira) e uma de erva-doce (*F. vulgare*) plantadas em condições de sequeiro. Não foram utilizados inseticidas para o controle de pragas durante o período amostral.

3.2.1.2 Delineamento experimental aplicado

O delineamento experimental utilizado foi o mesmo utilizado no experimento do capítulo 2. Entretanto os tratamentos foram: algodão solteiro e algodão consorciado com erva-doce.

3.2.1.3 Unidade Experimental

Conforme melhor arranjo proposto por Ramalho et al. (2012), a unidade experimental de algodão consorciado com erva-doce foi composta de três fileiras de algodão colorido (BRS Safira) plantada entre duas fileiras de erva-doce, totalizando nove fileiras de algodão e oito fileiras de erva-doce (Figura 3.1), com 21 m de comprimento. No caso do algodão solteiro, o espaçamento entre linhas foi de 1,00 m e entre plantas dentro da fileira foi de 0,20 m (Figura 3.1). No sistema de plantio consorciado, o espaçamento entre fileiras de algodão foi também de 1,00 m; entretanto, a distância entre a fileira de algodão e a fileira de erva-doce foi de 1,50 m (Figura 3.1). O espaçamento entre as fileiras de erva-doce foi de 1,50 m e entre plantas dentro da fileira foi de 0,50 m.

Figura 3.1 - Layout da unidade experimental de algodão solteiro e algodão consorciado com erva-doce. Em algodão solteiro, a distância entre as linhas foi 1,00 m. O cultivo solteiro não teve estrutura de listas. Ao contrário, o consórcio teve estrutura de listas com três linhas de algodão alternada com duas linhas de erva-doce. A distância entre o algodão e a erva-doce foi 1,50 m. As linhas de erva-doce foram plantadas com 1,50 m de distância uma da outra. A= Algodão (·) e E= Erva-doce (■)

3.2.1.4 Amostragem de espécies de artrópodes

As determinações da distribuição vertical e horizontal e da dinâmica dos pulgões quantificados nas plantas de algodão solteiras e consorciadas foram feitas em intervalo de sete dias, tomando-se cinco plantas por parcela, a partir dos 18 dias após emergência das plantas até o surgimento dos primeiros capulhos (130 dias). As quantificações do número de pulgões e suas localizações específicas foram registradas, tendo como ponto de referência a localização dos nós no caule principal da planta (do nó um ao nó terminal) e também nas folhas e estruturas frutíferas.

3.2.1.5 Análise dos dados

Os números de pulgões quantificados por planta foram testados para normalidade (Kolmogorov D: normal teste) e homogeneidade da variância (Bartlett's teste) e quando necessário, os dados foram transformados em raiz quadrada de $(x+0.5)$.

Os números médios de pulgões quantificados foram submetidos a três fatores da ANOVA (sistema de cultivo, idade da planta e região da planta) e as médias comparadas pelo teste de Student-Newman-Keul ($P < 0.05$). Cada planta foi dividida em três regiões, basal (1/3 inferior da planta), mediana (1/3 médio da planta) e apical (1/3 superior da planta). As percentagens de pulgões foram relacionadas com a posição dos nós verticalmente na planta (nó mais baixo= 1 e mais alto= 20) ou contra a posição da folha e estruturas frutíferas nos ramos, usando PROC REG SAS INSTITUTE (2006) para ajuste aos modelos lineares, cúbicos ou quadráticos.

3.2.2 Resultados

Os resultados desta pesquisa revelaram que o número de pulgões encontrados no sistema de cultivo de algodão solteiro (11444 pulgões) foi significativamente superior ao encontrado no sistema de algodão consorciado com erva-doce (8106 pulgões) ($F_{\text{Sistema de cultivo}}(1, 3) = 15,45$; $P = 0,0247$).

Considerando-se a distribuição vertical de pulgões nas plantas, não foram constatadas interações significativas entre sistema de cultivo, idade e região da planta ($F_{\text{Sistema de cultivo} \times \text{idade} \times \text{região}}(28, 267) = 0,20$, $P = 1,0000$), sistema de cultivo e idade da planta ($F_{\text{sistema de cultivo} \times \text{idade}}(14, 267) = 0,30$, $P = 0,9936$) e sistema de cultivo e região da planta ($F_{\text{Sistema de cultivo} \times \text{região}}(2, 267) = 0,43$, $P = 0,6491$) (Tabela 3.1). Todavia, ocorreu interação entre idade da planta e região da planta ($F_{\text{Idade} \times \text{região}}(28, 267) = 2,24$; $P = 0,0006$) (Tabela 3.1) para o número de pulgões encontrados por planta. Aos 32, 60, 74 e 95 dias de idade da planta foi encontrado mais pulgões na região basal. Enquanto que aos 39 dias de idade da planta foi encontrado mais pulgões na região basal e apical (Tabela 3.2).

Tabela 3.1 – Modelos sumarizados de três fatores da análise de variância (ANOVA) do efeito do sistema de cultivo¹, idade da planta² e região da planta³ sobre o número de *A. gossypii* encontrado por planta de algodão com fibra colorida

Fonte de variação	Modelo	GF.	Razão de F	Prob > F
Pulgão (n)	Modelo	92	3,46	0,0001
	Sistema de Cultivo (SC)	1	5,73	0,0001
	Idade (I)	14	6,29	0,0001
	Região da planta (R)	2	48,65	0,0001
	SC x I	14	0,30	0,9936
	SC x R	2	0,43	0,6491
	I x R	28	2,24	0,0006
	SC x I x R	28	0,20	1,0000

¹Sistema de cultivo: Algodão solteiro e algodão consorciado com erva-doce. ²Idade do cultivo: 32, 39, 46, 53, 60, 67, 74, 81, 88, 95, 102, 109, 116, 123 e 130 dias. ³Região da planta: basal, mediana e apical

Aos 46, 53, 67, 81, 88, 102 e 109 dias de idade da planta foi encontrado mais pulgões na região basal e mediana. Aos 116 dias de idade da planta não houve diferença estatística para o número de pulgões na região apical, mediana e basal. Porém, aos 123 e 130 dias de idade da planta foi encontrado mais pulgões na região mediana. Dentro da mesma região, a partir dos 74 aos 102 dias de idade da planta, foi encontrado mais pulgões na região mediana. Da mesma forma, a partir dos 74 até os 102 dias de idade da planta foi encontrado mais pulgões na região basal. Entretanto, dentro da mesma região, aos 102, 116 e 130 dias de idade da planta foi encontrado mais pulgões na região apical (Tabela 3.2).

Tabela 3.2 – Número de pulgões (media $\pm$ EP) encontrado nas estruturas da planta¹ da cultivar de algodão BRS Safira de fibra colorida em dois sistemas de cultivo (algodão solteiro e algodão consorciado com erva-doce) em função da idade e região da planta ($F_{\text{Idade} \times \text{região}} (28, 267) = 2,24; P = 0,0006$)

Idade da planta (dia)	Região da planta ²		
	Basal	Mediana	Apical
32	0,56 $\pm$ 0,20aD	0,06 $\pm$ 0,01bE	0,10 $\pm$ 0,03bC
39	0,43 $\pm$ 0,12aD	0,15 $\pm$ 0,09bD	0,37 $\pm$ 0,11aB
46	2,32 $\pm$ 0,88aC	2,62 $\pm$ 0,89aC	0,18 $\pm$ 0,09bC
53	4,31 $\pm$ 1,60aBC	2,33 $\pm$ 0,79aC	0,05 $\pm$ 0,01bC
60	6,79 $\pm$ 2,08aB	2,52 $\pm$ 0,75bC	0,00 $\pm$ 0,00cD
67	6,83 $\pm$ 1,98aB	6,05 $\pm$ 1,79aAB	0,24 $\pm$ 0,60bB
74	17,24 $\pm$ 5,22aA	7,24 $\pm$ 2,09bA	0,22 $\pm$ 0,07cB
81	10,47 $\pm$ 3,01aA	7,84 $\pm$ 2,05aA	0,37 $\pm$ 0,09bB
88	10,31 $\pm$ 2,98aA	7,51 $\pm$ 1,99aA	0,09 $\pm$ 0,03bC
95	16,43 $\pm$ 4,75aA	6,99 $\pm$ 1,71bA	0,08 $\pm$ 0,01cC
102	11,41 $\pm$ 3,04aA	8,47 $\pm$ 2,10aA	0,69 $\pm$ 0,01bA
109	3,01 $\pm$ 0,88aC	3,32 $\pm$ 0,89aB	0,31 $\pm$ 0,09bB
116	0,90 $\pm$ 0,09aD	0,58 $\pm$ 0,07aD	0,65 $\pm$ 0,08aA
123	0,61 $\pm$ 0,08bD	1,95 $\pm$ 0,78aD	0,07 $\pm$ 0,01cC
130	0,97 $\pm$ 0,09bD	4,11 $\pm$ 1,21aD	1,15 $\pm$ 0,89bA

¹Folhas e frutos (botão floral, flores e maçãs)

²Médias com mesma letra minúscula na linha e médias com letra maiúscula comum dentro da coluna não diferem pelo teste de Student-Newman-Keuls ($P = 0,05$)

O sistema de cultivo afetou o número de pulgões por plantas ($F_{\text{sistema de cultivo}} (1,26) = 5,75, P < 0,0001$) (Figura 3.2), isto é, o número de pulgões encontrados por planta no sistema de algodão consorciado com erva-doce (2,91 pulgão/planta) foi menor do que no sistema de algodão solteiro (4,16 pulgão/planta).

Figura 3.2 – Número de pulgões (media $\pm$ EP) encontrados por planta de algodão solteiro e algodão consorciado com erva-doce ($F_{\text{sistema de cultivo (1, 267)}} = 5,73$; $P < 0,0001$). Diferentes letras indicam diferença significativa entre algodão solteiro e algodão consorciado com erva-doce pelo teste Student-Newman-Keuls ($P = 0,05$)

No sistema de cultivo de algodão solteiro, os pulgões produziram picos populacionais aos 74 dias e 95 dias de idade das plantas (Figura 3.3), enquanto, no sistema de algodão consorciado com erva-doce, os pulgões produziram picos aos 74 dias e 102 dias de idade das plantas (Figura 3.3). A partir dos 18 dias até os 67 dias de idade das plantas de algodão, os pulgões apresentaram crescimento populacional no sistema de cultivo de algodão solteiro semelhante ao do sistema de algodão consorciado com erva-doce; enquanto que em ambos os sistemas estudados, a queda populacional de pulgão ocorreu dos 102 dias até os 130 dias de idade das plantas (Figura 3.3).

Foram encontrados 68,24% de pulgões nos nós 3 a 8 das plantas de algodão dos sistemas de algodão solteiro ou algodão consorciado com erva-doce (Figura 3.4).

Figura 3.3 – Dinâmica de *A. gossypii* dentro do ano agrícola de 2009 em sistema de cultivo de algodão solteiro e algodão consorciado com erva-doce. Cada ponto representa media de 20 plantas de algodão. ¹Todas estruturas da planta (folha, botão floral, flores e maçãs)

Levando em conta a variação dos dados e a concentração de pulgões nos nós basais e medianos das plantas de algodão tanto nos sistemas de algodão solteiro como no algodão consorciado com erva-doce, foram aplicados modelos cúbicos (Figura 3.4), pois foram os que melhor se adequaram para representar o comportamento da distribuição vertical de pulgões tanto no sistema de cultivo de algodão solteiro ($y = 0,70 + 4,31x - 0,53x^2 - 0,02x^3$, $F_{\text{modelo}}(3, 16) = 48,11$, $R^2 = 0,90$, $P < 0,0001$, $F_{(1, 16)} = 40,70$, $P < 0,0001$) como no sistema de algodão consorciado com erva-doce ($y = 1,23 + 4,71x - 0,60x^2 + 0,02x^3$, $F_{\text{modelo}}(3, 16) = 31,75$, $R^2 = 0,86$, $P < 0,0001$, $F_{(1, 16)} = 29,12$, $P < 0,0001$). Comparando os coeficientes lineares dos modelos entre o sistema de cultivo de algodão solteiro e o sistema de algodão consorciado com erva-doce (Proc Mixed do Sas aplicado a igualdade do coeficiente linear), constatou-se que o padrão de distribuição vertical dos pulgões ($t_{(1,714)} = 1,29$, $P = 0,8734$) nas plantas de algodão não difere entre os sistemas de cultivo de algodão solteiro e algodão consorciado com erva-doce.

Figura 3.4 – Distribuição vertical (%) de pulgão do algodão dentro do nó do algodão solteiro ($y = 0,70 + 4,31x - 0,53x^2 - 0,02x^3$, $F_{\text{modelo}(3, 16)} = 48,11$, $R^2 = 0,90$, $P < 0,0001$, $F_{(1, 16)} = 40,70$, $P < 0,0001$) e algodão consorciado com erva-doce ($y = 1,23 + 4,71x - 0,60x^2 + 0,02x^3$, $F_{\text{modelo}(3, 16)} = 31,75$, $R^2 = 0,86$, $P < 0,0001$, $F_{(1, 16)} = 29,12$, $P < 0,0001$) baseado na posição basal (nó 1) para o ápice da planta (nó 20). ¹Todas estruturas da planta (folhas, botões florais, flores e maçãs). Cada ponto dos dados foi representado pela média de 300 plantas de algodão

Constatou-se proporcionalmente mais pulgões nas estruturas produzidas pelas posições 1 e 2 dos ramos vegetativos e frutificativos das plantas de algodão do sistema de cultivo de algodão solteiro (84,1%) e do sistema de algodão consorciado com erva-doce (89,2%) do que nas demais posições das plantas de algodão. Como a ocorrência dos pulgões no sistema de cultivo de algodão solteiro ($y = 88,29 - 35,64x + 3,43x^2$, $F_{\text{modelo}(2, 4)} = 16,31$, $P = 0,0119$, $R^2 = 0,96$, $F_{(1, 4)} = 11,20$, $P = 0,0257$) (Figura 3.5) e no sistema de algodão consorciado com erva-doce ($y = 94,57 - 38,46x - 3,68x^2$, $F_{\text{modelo}(2, 4)} = 18,57$, $P < 0,0001$, $R^2 = 0,90$, $F_{(1, 4)} = 12,33$, $P = 0,0246$) (Figura 3.5) estava concentrada nas posições 1 e 2 dos ramos das plantas, o modelo quadrático (Figura 3.5) foi o que melhor se ajustou para representar o

decréscimo na percentagem de pulgões encontrados nas estruturas produzidas pelas posições de ramos localizados na região interna das plantas até a sua região externa.

Figura 3.5 – Distribuição horizontal (%) de *A. gossypii* dentro da planta de algodão solteiro ($y = 88,29 - 35,64x + 3,43x^2$, $F_{\text{modelo}(2,4)} = 16,31$, $P = 0,0119$, $R^2 = 0,96$, $F_{(1, 4)} = 11,20$, $P = 0,0257$), e algodão consorciado com erva-doce ($y = 94,57 - 38,46x - 3,68x^2$, $F_{\text{modelo}(2,4)} = 18,57$, $P < 0,0001$, $R^2 = 0,90$, $F_{(1, 4)} = 12,33$, $P = 0,0246$), baseado na posição da estrutura da planta¹ nos ramos de dentro da folha (folha 1 incluindo botão floral) para fora da planta de algodão. ¹Todas estruturas da planta (folhas, botões florais, flores e maçãs)

Comparando os coeficientes lineares dos modelos entre o sistema de cultivo de algodão solteiro e o sistema de algodão consorciado com erva-doce (Proc Mixed do Sas aplicado a igualdade do coeficiente linear), constatou-se que o padrão de distribuição horizontal dos pulgões ápteros ($t_{(1,622)} = 0,7723$, $P = 0,8723$) nos ramos das plantas não difere entre o sistema de cultivo de algodão solteiro e algodão consorciado com erva-doce.

3.2.3 Discussão

Os resultados encontrados na presente pesquisa indicam que o sistema de cultivo afetou o número de pulgões por plantas, isto é, o número de pulgões encontrados no arranjo espacial consorciado foi menor do que o número encontrado no arranjo espacial solteiro ($F_{\text{sistema de cultivo (1, 3)}} = 15,45$; $P = 0,0247$). Isto pode ser atribuído a um fator principal: a erva-doce é uma barreira bastante alta e interferiu com os movimentos de vôos de pulgões de plantas hospedeiras intermediárias para as plantas de algodão. Resultados similares foram encontrados por Parajulee et al. (1997), Amin et al. (2005), Ma et al. (2007), Sarker et al. (2007), pois eles constataram menos insetos praga em cultivos consorciados quando comparados com o número de insetos encontrados em cultivos solteiros. De acordo com Ma et al. (2006), populações de *A. gossypii* são mais baixas e as de inimigos naturais mais altas no sistema de cultivo de algodão consorciado com trigo do que no algodão solteiro, contribuindo para o mais alto índice de diversidade (AMIN et al., 2005). O grande desafio no estabelecimento de sistemas consorciados está na seleção das culturas e do seu manejo, tendo como metas a maximização no uso do solo, redução das populações de insetos praga, incremento da ação de predadores e parasitoides, partes importantes que resultam em benefício ao agricultor (SCHONS et al., 2009). A eficiência agrônômica dos sistemas consorciados depende da complementaridade espacial e temporal entre culturas, sendo necessário minimizar a competição entre as espécies de cultivares envolvidas no sistema (MONTEZANO; PEIL 2006).

Acredita-se que o arranjo com três fileiras de algodão colorido (BRS Safira) intercaladas com duas fileiras de erva-doce poderá ser um dos melhores sistemas de cultivos a ser adotado no sistema de produção, pelo fato, de apresentar facilidades de trabalho com equipamentos (SCHONS et al., 2009), diminuição de custos de produção, redução de populações de pulgões e melhoria no uso do solo (DORNELLES et al., 1997; RUSINAMHODZI et al., 2006).

De acordo com Carvalho et al. (2002), as espécies de afídeos (*A. gossypii*, *Aphis fabae* Scopoli, 1763 e *Aphis spiraecola* Patch, 1914) que ocorrem nos sistemas agrícolas podem apresentar variação no seu padrão normal de distribuição nas plantas de diferentes espécies botânicas. A interação ocorrida entre idade e região da planta (Tabela 3.1) nos estudos da distribuição vertical de pulgões nas plantas indica que independentemente do sistema de cultivo adotado, o número de pulgões encontrados por região da planta de algodão varia de acordo com a idade da planta. Isto possivelmente está relacionado com o fator período de

plantio e/ou arquitetura da planta. De acordo com McCornack et al. (2008), o período de plantio e maturação podem afetar a arquitetura da planta e assim afetar a distribuição do pulgão na planta de algodão. Outro fator que provavelmente está relacionado com a distribuição vertical dos pulgões nas plantas de algodão é a concentração de alguns aminoácidos livres nas folhas, a qual varia na planta de acordo com o estresse hídrico (MARUR et al., 1994) e/ou com a região e idade da planta (FERNANDES et al., 2001).

As plantas de algodão no sistema solteiro como também no algodão consorciado com erva-doce apresentaram maior concentração de pulgões nos nós basais e medianos das plantas. Esses resultados se assemelham aos encontrados por McCornack et al. (2008), os quais mostraram que o número médio de pulgões na maioria das plantas encontram-se nos nós basais e medianos. Como cada espécie de inseto tem o requerimento quantitativo e qualitativo por aminoácidos (HANNY; ELMORE 1974), este comportamento apresentado pelos afídeos está possivelmente relacionado com os teores de oligossacarídeos ou polissacarídeos que variam com a idade das folhas.

No sistema de cultivo de algodão solteiro, os pulgões produziram picos populacionais aos 74 e 95 dias de idade das plantas, enquanto, no sistema de algodão consorciado com erva-doce, os pulgões produziram picos aos 74 e 102 dias de idade das plantas. Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Parajulee et al. (1997), os quais constataram dois picos populacionais de pulgões em sistema de cultivo de algodão consorciado com trigo e canela (*Brassica napus* L.). Afshari et al. (2009) argumentaram que populações de *A. gossypii* podem produzir picos em diferentes estágios de crescimento e desenvolvimento da planta. De acordo com Celini e Vaillant (2004), as curvas de crescimento populacional de *A. gossypii* em plantas de algodão com idades fisiológicas semelhantes apresentam comportamentos similares. Resende et al. (2004) também verificaram que os picos de *A. gossypii* alados ocorreram aos 77 dias de vida das plantas de couve (*Brassica oleraceae* L.). Todavia, Pinto et al. (2000) constataram que *Myzus persicae* (Sulzer, 1776) tendem a apresentar um único pico populacional durante o ciclo da cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.). No entanto, Kindlmann e Dixon (1996) explicaram que a dinâmica de pulgões não é evidenciada por padrão definido, sendo considerado bastante variável ao longo do ano, principalmente, quando se compara o mecanismo que esses insetos possuem, podendo esta dinâmica ser semelhante ou distinta. Por outro lado, Resende et al. (2004) relacionaram a flutuação populacional de pulgões com a ação de insetos predadores, no qual mostraram que a presença de predadores na cultura causa o decréscimo populacional de pulgões. Assim, acredita-se que

tanto o sistema de cultivo (algodão solteiro ou algodão consorciado com erva-doce) como a ação de inimigos naturais podem ter influenciado a dinâmica populacional de *A. gossypii*.

A distribuição espacial de insetos envolve fatores parâmetros característicos que segregam espécies e esses determinam a distribuição espaço-temporal das variações dinâmicas (TAYLOR, 1984). Constatou-se proporcionalmente mais pulgões nas estruturas produzidas pelas posições 1 e 2 (Figura 3.5) dos ramos vegetativos e frutificativos das plantas de algodão do sistema de cultivo de algodão solteiro (84,1%) e do sistema de algodão consorciado com erva-doce (89,2%) do que nas demais posições das plantas de algodão. Como a ocorrência de pulgões estava concentrada nas posições 1 e 2, o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou para representar o decréscimo na percentagem de pulgões encontrados nas estruturas produzidas por posições de ramos localizados na região interna das plantas até a sua região externa. Comparando os coeficientes lineares dos modelos entre o sistema de cultivo de algodão solteiro e o sistema de algodão consorciado com erva-doce constatou-se que o padrão de distribuição vertical e horizontal dos pulgões ápteros nos ramos das plantas de algodão não difere entre os sistemas de cultivo de algodão solteiro e algodão consorciado com erva-doce.

A concentração dos pulgões nas posições 1 e 2 das plantas está possivelmente relacionada com a quantidade de glucose, frutose e sucrose. Entretanto, a produção de sucrose depende da concentração de glucose+frutose, estabelecendo uma relação inversamente proporcional, e alterando consequentemente a taxa total de açúcar em afídeos (SLOSSER et al., 2004). Estudo realizado por Gomez et al. (2006) evidencia que os maiores valores de açúcares encontrados em folhas de algodão depende do período de luz. Isto é, devido principalmente as variações diurnas dos carboidratos não estruturais e das taxas de fotossíntese das plantas hospedeiras. Os afídeos selecionam preferencialmente plantas hospedeiras ou locais de alimentação que são nutricionalmente superiores e sobre os quais as suas taxas de crescimento, reprodução e sobrevivência são mais altas (AUCLAIR, 1976). Em condições naturais, o ato de seleção de plantas hospedeiras, mas mais provavelmente a seleção de locais específicos de alimentação em determinada planta e eventualmente o estabelecimento de colônias de afídeos de importância econômica são influenciados marcadamente, entre outras coisas, pela superioridade nutricional da planta hospedeira nas quais os aminoácidos podem contribuir significativamente.

O manejo do habitat pode garantir a sobrevivência, fecundidade e longevidade de inimigos naturais contribuindo com o sucesso dos programas de controle biológico (LANDIS et al. 2000). De acordo com Altieri e Letourneau (1982), a diversidade de espécies de plantas

hospedeiras é uma característica chave de um agroecossistema. Assim sendo, isto pode ser usado como uma abordagem para conservar e intensificar populações de inimigos naturais e consequentemente reduzir a dependência de produtos químicos nos agroecossistemas. Robinson et al. (1972) e Burleigh et al. (1973) reportaram que os cultivos de algodão consorciados com sorgo tinham maiores quantidades de predadores do que os cultivos de algodão consorciados com outras culturas.

3.3 Conclusão

Os resultados encontrados na pesquisa indicam que a implantação do sistema de cultivo de algodão consorciado com erva-doce favorece a comunidade de predadores podendo desta forma, ser uma das alternativas viáveis para a redução populacional de pulgões do algodoeiro com fibras coloridas.

Referências

- AFSHARI, A.; SOLEIMAN-NEGADIAN, E.; SHISHEBOR, P. Population density and spatial distribution of *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) on cotton in Gorgan, Iran. **Journal of Agricultural Science and Technology**, Tarbiat Modares, v. 11, p. 27-38, 2009.
- AKHTAR, I.H.; HUMAYUN, J.; SHAKOOR, A. Microclimatic morphs and plant distribution analysis of cereal aphids on wheat. **Asian Journal of Plant Science**, New York, v. 3, p. 539-543, 2004.
- ALTIERE, M. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004. 117 p.
- ALTIERI, M.A.; LETOURNEAU, D.K. Vegetation management and biological control in agroecosystems. **Crop Protection**, Guildford, v. 1, p. 405-430, 1982.
- AMIN, S. M.R.; KUNDU, R.; RAHMAN, M.M.; ISLAM, M.S. Effect of intercropping on the diversity of insect community in brinjal. **Bulletin of the Institute of Tropical Agriculture**, Fukuoka, v. 28, p. 25-31, 2005.
- AUCLAIR, J.L. Feeding and nutrition of the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum* (Harris), with special reference to amino acids. In: _____. **The host-plant in relation to insect behaviour and reproduction**. New York: Plenum Press, 1976. p. 29-34.
- BURLEIGH, J.G.; YOUNG, J.H.; MORRISON, R.D. Strip-cropping's effect on beneficial insects and spiders associated with cotton in Oklahoma. **Environmental Entomology**, College Park, v. 2, p. 281-285, 1973.

CARVALHO, L.M.; BUENO, V.H.P.; MARTINEZ, R.P. Levantamento de afídeos alados em plantas hortícolas em Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, p. 523-532, 2002.

CELINI, L.; VAILLANT, J. A model of temporal distribution of *Aphis gossypii* (Glover) (Hemiptera: Aphididae) on cotton. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 128, p. 133-139, 2004.

CIVIDANES, F.J.; SANTOS, D.M.M. Flutuação populacional e distribuição vertical de *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae) em couve. **Bragantia**, Campinas, v. 62, p. 61-67, 2003.

DORNELLES, E.L.B.; MENDEZ, M.G.; CORRÊA, L.A.V.; SCHUCH, L.O.B. Arranjos de plantas e épocas de semeadura no cultivo consorciado de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e milho (*Zea mays* L.) na região sul do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 3, n. 1, p. 11-16, 1997.

FABIÃO, H.; SOUSA, A. Effect of strip intercropping of cotton and maize on pest incidence and yield in Morrumbala District, Mozambique. **African Crop Science Conference Proceedings**, Western Cape, v. 8, p. 1053-1055, 2007.

FERNANDES, A.M.V.; FARIAS, A.M.I.; SOARES, M.M.M.; VASCONCELOS, S.D. Desenvolvimento do pulgão *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) em três cultivares do algodão herbáceo *Gossypium hirsutum* L. r. latifolium Hutch. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 30, n. 3, p. 467-470, 2001.

FERNANDES, M.G.; BUSOLI, A.C.; BARBOSA, J.C. Distribuição espacial de *Alabama argillacea* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) em algodoeiro. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 32, p. 107-115, 2003.

FURTADO, R.F.; SILVA, F.P.; LAVÔR, M.T.F.C.; BLEICHER, E. Susceptibilidade de cultivares de *Gossypium hirsutum* L. r. latifolium Hutch a *Aphis gossypii* Glover. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 40, n. 3, p. 461-464, 2009.

GONZAGA, J.V.; RAMALHO, F.S.; SANTOS, J. Distribuição de *Aphis gossypii* no algodoeiro nos sistemas de plantio solteiro e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, p. 1839-1844, 1991.

HANNY, B.W.; ELMORE, C.D. Amino acid composition of cotton nectar. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 22, n. 3, p. 476-478, 1974.

KINDLMANN, P.; DIXON, A.F.G. Population dynamics of a tree-dwelling aphid: individuals to populations. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 89, p. 23-30, 1996.

LANDIS, D.A.; WRATTEN, S.D.; GURR, G.M. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 45, p. 175-201, 2000.

LEITE, M.V.; SANTOS, T.M.; SOUZA, B.; CALIXTO, A.M.; CARVALHO, C. Biologia de *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae) em abobrinha cultivar caserta (*Cucurbita pepo* L.) em diferentes temperaturas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1394-1401, 2006.

LIN, R.; LIANG, H.; ZHANG, R.; TIAN, C.; MA, Y. Impact of alfalfa/cotton intercropping and management on some aphid predators in China. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 127, p. 33–36, 2003.

LIU, X.D.; ZHAI, B.P.; ZHANG, X.X.; ZONG, J.M. Impact of transgenic cotton plants on a non-target pest, *Aphis gossypii* Glover. **Ecological Entomology**, London, v. 30, p. 307-315, 2005.

MA, K.Z.; HAO, S.G.; ZHAO, H.Y.; KANG, L. Strip cropping wheat and alfalfa to improve the biological control of the wheat aphid *Macrosiphum avenae* by the mite *Allothrombium ovatum*. **Agriculture Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 119, p. 49–52, 2007.

MA, X.M.; LIU, X.X.; ZHANG, Q.W.; ZHAO, J.Z.; CAI, Q.N.; MA, Y.A.; CHEN, D.M. Assessment of cotton aphids, *Aphis gossypii*, and their natural enemies on aphid-resistant and aphid-susceptible wheat varieties in a wheat–cotton relay intercropping system. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 121, p. 235–241, 2006.

MARUR, C.J.; SODEK, L.; MAGALHÃES, A.C. Free amino acids in leaves of cotton plants. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 6, p. 103-108, 1994.

MCCORNACK, B.P.; COSTAMAGNA, A.C.; RAGSDALE, D.W. Within-plant distribution of soybean aphid (Hemiptera: Aphididae) and development of node-based sample units for estimating whole-plant densities in soybean. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 101, n. 4, p. 1488-1500, 2008.

MONTEZANO, E.M.; PEIL, R.M.N. Sistemas de consórcio na produção de hortaliças. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, p. 129-132, 2006.

PARAJULEE, M.N.; MONTANDON, R.; SLOSSER, J.E. Relay intercropping to enhance abundance of insect predators of cotton aphid (*Aphis gossypii* Glover) in Texas cotton. **International Journal of Pest Management**, London, v. 43, n. 3, p. 227-232, 1997.

PHOOFOLO, M.W.; GILES, K.L.; ELLIOTT, N.C. Effects of relay-intercropping sorghum with winter wheat, alfalfa, and cotton on lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae) abundance and species composition. **Environmental Entomology**, College Park, v. 39, n. 3, p. 763-774, jun 2010.

PINTO, R.M.; BUENO, V.H.P.; SANTA-CECÍLIA, L.V.C. Flutuação populacional de afídeos (Hemiptera: Aphididae) associados à cultura da batata, *Solanum tuberosum* L., no plantio de inverno em Alfenas, sul de Minas Gerais. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 29, p. 649-657, 2000.

- RAMALHO, F.S. Cotton pest management: Part 4. A Brazilian perspective. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 39, p. 563-578, 1994.
- RAMALHO, F.S.; FERNANDES, F.S.; NASCIMENTO, A.R.B.; NASCIMENTO JÚNIOR, J.L.; MALAQUIAS, J.B.; SILVA, C.A.D. Feeding damage from cotton aphids, *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Heteroptera: Aphididae), in cotton with colored fiber intercropped with fennel. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 105, n. 1, p. 20-27, 2012.
- RAMALHO, F.S.; AZEREDO, T.L.; FERNANDES, F.S. NASCIMENTO JÚNIOR, J.L.; MALAQUIAS, J.B.; NASCIMENTO, A.R.B.; SILVA, C.A.D.; ZANUNCIO, J.C. Food intake and utilization of *Alabama argillacea* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) fed on cotton cultivars with colored fibers. **Journal of Pest Science**, Innsbruck, v. 84, p. 199–205, 2011.
- RESENDE, A.L.S.; PAIXÃO, F.H.M.; MENEZES, E.B.; GUERRA, J.G.M.; MENEZES, E.L.A. Flutuação populacional de pulgões alados (Hemiptera: Aphididae) em cultivo de couve e sua relação com fatores climáticos e densidade de insetos predadores. **Agronomia**, Rio de Janeiro, v. 38, n. 2, p. 6-10, 2004.
- ROBINSON, R.R.; YOUNG, J.H.; MORRISON, R.D. Strip-cropping effects on abundance of predatory and harmful cotton insects in Oklahoma. **Environmental Entomology**, College Park, v. 1, p. 145-149, 1972.
- RUSINAMHODZI, L.; MURWIRA, H.K.; NYAMANGARA, J. Cotton–cowpea intercropping and its N₂ fixation capacity improves yield of a subsequent maize crop under Zimbabwean rain-fed conditions. **Plant and Soil**, The Hague, v. 287, p. 327–336, 2006.
- SANTOS, T.M.; COSTA, N.P.; TORRES, A.L.; BOICA JUNIOR, A.L. Effect of neem extract on the cotton aphid. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 11, p. 1071-1076, 2004.
- SARKER, P.K.; RAHMAN, M.M.; DAS, B.C. Effect of intercropping of mustard with onion and garlic on aphid population and yield. **Journal of Biosciences**, Bangalore, v. 15, p. 35-40, 2007.
- SCHONS, A.; STRECK, N.A.; STORCK, L.; BURIOL, G.A.; ZANON, A.J.; PINHEIRO, D.G.; KRAULICH, B. Arranjos de plantas de mandioca e milho em cultivo solteiro e consorciado: crescimento, desenvolvimento e produtividade. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 1, p. 155-167, 2009.
- TAYLOR, L.R. Assessing and interpreting the spatial distributions of insect populations. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 29, p. 321-357, 1984.
- WILBY, A.; THOMAS, M.B. Natural enemy diversity and pest control: patterns of pest emergence with agricultural intensification. **Ecology Letters**, Oxford, v. 5, p. 353–360, 2002.
- WILSON, L.T.; LEIGH, T.F.; GONZALEZ, D.; FORISTIERE, C. Distribution of *Lygus hesperus* (Knight) (Miridae: Hemiptera) on cotton. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 77, p. 1313-1319, 1984.

ZHANG, L.; WERF, W. VAN DER; ZHANG, S.; LI, B.; SPIERTZ, J.H.J. Growth, yield and quality of wheat and cotton in relay strip intercropping systems. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 103, p. 178–188, 2007.

4 ASSOCIAÇÃO INTERESPECÍFICA DE INSETOS EM CULTIVOS DE ERVA-DOCE E ALGODÃO SOLTEIRO OU ERVA-DOCE CONSORCIADA COM ALGODÃO DE FIBRA COLORIDA

Resumo

Os pulgões que ocorrem sobre os cultivos agrícolas causam danos significativos na produção. O estudo da relação predador *versus* presa em erva-doce e algodão com fibra colorida é fundamental para o entendimento das interações ecológicas e controle desses insetos. Assim, realizou-se o trabalho com o objetivo de estudar o grau de associação, similaridade, dissimilaridade ou independência entre *Hyadaphis foeniculi* (Passerini, 1860) (Hemiptera: Aphididae), *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae) e *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763) (Coleoptera: Coccinellidae) em cultivos de erva-doce e algodão solteiro ou erva-doce consorciada com algodão de fibra colorida ao longo do tempo. Avaliou-se a presença-ausência de pulgões ápteros e alados e *C. sanguinea* na erva-doce em ambos os sistemas de cultivo durante os anos de 2009, 2010 e 2011. Os dados foram analisados com a equação de Jaccard, χ^2 e análise de cluster, usando os programas R e o SAS. Não houve similaridade na distribuição e associação positiva entre os insetos em todos os sistemas de cultivo estudado. *A. gossypii* e *H. foeniculi* na maioria dos casos não co-ocorreram no consórcio. Supostamente, ocorreram dispersões dos insetos em ambos os cultivos. A movimentação do predador *C. sanguinea* foi geralmente associada ao sistema de cultivo consorciado e isto se deu provavelmente em função de *A. gossypii* e *H. foeniculi* áptero ou alado que ocorreram em épocas distintas ao longo do ano.

Palavras-chave: Associação; Interação; Joaninha; Pulgão da erva-doce; Pulgão do algodão

Abstract

Aphids cause significant damages in crops. The study of relationship between predator and prey in fennel and cotton with colored fibers is important to understand ecologic interactions and control of these insects. This study was carried out with the objective of analyzing the association degree, similarity, dissimilarity or independence among *Hyadaphis foeniculi* (Passerini, 1860) (Hemiptera: Aphididae), *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae), and *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763) (Coleoptera: Coccinellidae) on sole fennel, sole cotton, or intercropped cotton-fennel over the time. The cotton aphids, fennel aphids, and *C. sanguinea* presence-absence was evaluated in both crop system during the years 2009, 2010, and 2011. The data were analyzed with Jaccard equation, χ^2 , and cluster analysis, using the softwares R and SAS. There was no similarity in distribution and positive association in all crop system studied. *A. gossypii* and *H. foeniculi* usually did not co-occur in the intercropping system. Maybe, the insects have dispersed in both crop systems. The *C. sanguinea* movement was usually associated with the intercropping systems in response to *A. gossypii* and *H. foeniculi* apterous or alate that occurred in distinct times over the year.

Keyword: Association; Interaction; Lady beetle; Fennel aphid; Cotton aphid

4.1 Introdução

Associações ecológicas entre os insetos podem ocorrer em nível de organismo, população e comunidade (SPEIGHT et al., 2008). Muitas espécies dentro da família Aphididae têm clara e primitiva associação particularmente com plantas angiospermas nas quais podem ocasionar danos significativos nestas culturas (BLAKCMAN; EASTOP, 2000). O pulgão *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae), por exemplo, inicia os danos em folhas no início do cultivo do algodão (*Gossypium hirsutum* L.), podendo causar sérias perdas econômicas (GONZAGA et al., 1991; ALMEIDA, 2001; SILVA et al., 2010). Já o pulgão *Hyadaphis foeniculi* (Passerini, 1860) (Aphididae: Hemiptera) se instala na cultura da erva-doce (*Foeniculum vulgare* Mill.) em época de aumento da temperatura ambiente e início da floração, causando danos econômicos que muitas vezes desestimula a produção da cultura no Nordeste do Brasil (BRITO et al., 2009). A fase de floração da erva-doce geralmente não coincide com a fase de floração do algodão. Este fato pode contribuir para permanência e associação de predadores a ambos os cultivos, pois muitos predadores alimentam de várias espécies de pragas que ocorrem na folha ou na flor da planta. Dentre os predadores mais frequentes no algodão e na erva-doce, destacam-se as joaninhas *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763) (Coleoptera: Coccinelidae). A diversidade e abundância da espécie dependem de áreas de cultivo de plantas oleaginosas, onde ocorrem pulgões tanto na folha quanto no fruto (RESENDE et al., 2010).

Nas comunidades, existem diversos fatores bióticos e abióticos que influenciam a distribuição, abundância, e subsequentemente, a interação das espécies. Dependendo das condições climáticas espécies podem migrar para o mesmo habitat, resultando nas mais variadas interações determinando muitas vezes padrões de associação interespecífica (LUDWIG; REYNOLDS, 1988). A associação pode ser positiva, negativa, ou ausente (LUDWIG; REYNOLDS, 1988). São vários os processos ecológicos e interações interespecíficas que podem resultar em associações positiva ou negativa entre as espécies. Dentre as interações Schluter (1984) classifica como associação negativa: i) nenhuma interação, quando as espécies têm diferentes requerimentos ou tolerância climática com covariação negativa por recursos; ii) mutualismo, quando há competição por recursos e esses recursos são usados exclusivamente por espécies sem benefício para outras; iii) competição, quando a interferência ou mediação de recursos entre as espécies produz exclusão ocasional ou coexistência; iv) predação, quando a alta densidade do predador produz uma extinção local da praga e resulta em covariação negativa no tamanho da população. Dentre as associações

positivas nas diferentes interações, Schluter, (1984) destaca: i) nenhuma interação, quando as espécies tem uma resposta comum a variações climáticas ou de suprimento de recursos não limitado; ii) mutualismo, quando as espécies aumentam a probabilidade de sobrevivência de ambas espécies envolvidas na associação; iii) competição, quando a espécie flutua uniformemente em resposta a flutuações de seus indivíduos idênticos, limitando os recursos; iv) predação, quando a flutuação dos predadores ocorre em resposta positiva as variações na abundância da presa.

Em geral, as espécies respondem as variações dentro da planta resultando em maiores associações positivas do que negativas (FRITZ, 1987). Entretanto, as relações ecológicas entre os organismos variam com o tempo, de comunidade para comunidade, de local para local. É sempre importante, especificar as condições particulares em que cada análise é baseada (JACCARD, 1912; DICE, 1945; SPEIGHT et al., 2008). Assim, o estudo da inter relação entre os organismos e o ambiente é essencial para o entendimento da estabilidade ou permanência de sistemas ecológicos, e do efeito da migração de insetos possibilitando que as espécies coexistam em uma determinada comunidade ecológica (CUI; TAKEUCHI, 2007). Dentre os testes utilizados para verificar associação interespecífica, o χ^2 tem sido uma das ferramentas frequentes em estudos com insetos (DICE, 1945). Existem várias maneiras de se adotar o teste χ^2 , entretanto deve-se atentar para os parâmetros em que se quer analisar (CRAWLEY, 2007). Para análise da associação ou independência utilizando este teste, toma-se como base matrizes de presença e ausência de insetos e a diferença ou rejeição da hipótese nula de igualdade é medida através da frequência observada e frequência esperada (DICE, 1945, CRAWLEY, 2007).

Diversos trabalhos abordam as relações de mutualismo, abundância ou associação interespecífica entre pulgões e formigas ou inimigos naturais usando índices preditivos de insetos em cultivos solteiros (SCHLUTER, 1984; SLOGGETT; MAJERUS, 2000; COPPLER et al., 2007; CÁCERES et al., 2008; COSTA et al., 2010; PHOOFULO et al., 2010). Todavia são consideradas incipientes as informações sobre a associação interespecífica de pulgões com plantas e/ou inimigos naturais em cultivos de erva-doce e algodão no sistema de cultivo consorciado. Consórcio agrícola é uma das alternativas que tem contribuído para aumentar a diversidade vegetal (AMIN, 2005). O aumento da diversidade vegetal e a presença de espécies botânicas dentro de sistemas agrícolas pode ser uma importante ferramenta para conservação de inimigos naturais (LIXA et al., 2010). De acordo com Resende et al., (2012), as espécies vegetais da família Apiaceae podem proporcionar recursos vitais para insetos predadores de pragas agrícolas, promovendo sua eficiência como agentes de controle

biológico devido a oferta de recursos como sítios de refúgio, proteção e alimentação. Entretanto, para o manejo da população de artrópodes que se inter relaciona no agroecossistema algodoeiro, são necessários estudos sobre a diversidade de espécies e a dinâmica populacional de inimigos naturais e suas presas (COSTA et al., 2010). Os objetivos deste estudo foram avaliar o grau de associação, similaridade, dissimilaridade interespecífica ou independência entre *H. foeniculi*, *A. gossypii* e *C. sanguinea* em cultivos de erva-doce e algodão solteiro ou erva-doce consorciada com algodão de fibra colorida ao longo do tempo.

4.2 Desenvolvimento

4.2.1 Material e Métodos

4.2.1.1 Instalação e espaçamento utilizado no experimento

Durante os anos agrícolas de 2009, 2010 e 2011 utilizaram-se plantas de erva-doce e algodão nos sistemas de plantio solteiro e consorciado. No primeiro ano de estudo distribuiu-se 10 sementes de erva-doce por copo descartável de 300 mL. A proporção de mudas produzidas foi 1 copo/1 cova. Após sete dias da emergência foram feitos os desbastes deixando apenas uma muda em cada copo. Quando as plantas atingiram 20 centímetros de altura foram transplantadas em parcelas delineadas em blocos ao acaso. Nos anos seguintes plantas instaladas no campo foram podadas. Após 15 dias do transplante ou 20 dias da poda de erva-doce, foram semeadas algodão tanto no sistema solteiro quanto no sistema consorciado com erva-doce.

A parcela de erva-doce solteira foi composta por 15 linhas de 14 m de comprimento e 21 m de largura. O espaçamento entre linhas foi de 1,50 m e 0,50 m entre plantas (Figura 4.1).

Figura 4.1 – Esquema de cultivo de erva-doce solteiro

A parcela de algodão solteiro foi composta de 22 linhas nas mesmas dimensões da parcela de erva-doce solteiro. Entretanto o espaçamento entre linhas na parcela de algodão solteiro foi de 1,00 m e 0,20 m entre plantas (Figura 4.2).

Figura 4.2 – Esquema de cultivo de algodão solteiro.

No sistema de cultivo consorciado a parcela foi composta de oito linhas de erva-doce e nove linhas de algodão, distribuídas em forma de listas (duas fileiras de erva-doce para três de algodão, totalizando oito fileiras de erva-doce para nove de algodão) (Figura 4.3).

Figura 4.3 – Esquema de cultivo de algodão e erva-doce consorciado

O espaçamento entre linhas de erva-doce e entre a última linha da erva-doce e o algodão foi 1,50, enquanto que o espaçamento entre linhas de algodão foi de 1,00 m. O espaçamento entre plantas foi o mesmo adotado nos sistemas de cultivo de erva-doce (0,50 m) e algodão solteiro (0,20 m). Todas as parcelas foram repetidas uma vez dentro dos quatro blocos (Figura 4.4).

Figura 4.4 – Esquema de distribuição das parcelas de algodão e erva-doce nos sistemas de cultivo solteiro e consorciado. (P11, P21, P31 e P41 - representam as parcelas de erva-doce solteira, - P16, P26, P36 e P46 - representam as parcelas de algodão solteiro e P14, P24, P34 e P44 - representam as parcelas de algodão e erva-doce consorciados. Numerações da parcela com início 1, 2, 3 e 4 correspondem ao bloco I, II, III e IV, respectivamente)

4.2.1.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o mesmo adotado nos estudos da dinâmica e distribuição vertical dos pulgões, entretanto o número de plantas e ocorrências dos insetos foi analisado aleatoriamente dentro de cada ano e sistema de cultivo.

4.2.1.3 Coleta de dados

Os dados referentes ao estudo da associação ou independência dos insetos foram coletados na área experimental da Embrapa Algodão, localizada no município de Lagoa Seca, Paraíba, Brasil, microrregião do Agreste e Brejo, situado à 634 m de altitude, latitude 7° 11' 56" e longitude de 35° 52' 32", em todos os anos agrícolas estudados.

O número de ocorrências de pulgões ápteros e alados (*H. foeniculi* e *A. gossypii*) e do predador *C. sanguinea* foram verificados semanalmente em plantas de erva-doce e algodão

colorido em sistema de plantio solteiro e consorciado. No ano agrícola de 2009 as avaliações foram realizadas dos 55 aos 191 (erva-doce) dias após transplante da erva-doce, ou dos 25 aos 130 dias após emergência (algodão) em plantas marcadas aleatoriamente no início do estudo. De forma similar, no ano agrícola de 2011 as avaliações foram realizadas dos 26 aos 180 (erva-doce) dias após poda da planta, e dos 25 aos 165 dias após emergência (algodão), entretanto no ano agrícola de 2010 as coletas foram feitas dos 34 aos 188 (erva-doce) dias após poda da planta, e dos 22 aos 147 dias após emergência (algodão) em plantas aleatórias (não marcadas). Tanto em plantas marcadas quanto em plantas não marcadas foram verificadas a presença e ausência dos pulgões e do predador (*C. sanguinea*) em ambos os sistemas de cultivo.

4.2.1.4 Estudo da associação interespecífica, independência ou similaridade dos insetos

A associação interespecífica ou independência de *A. gossypii* (áptero ou alado) *versus* *C. sanguinea*, *H. foeniculi* (áptero ou alado) *versus* *C. sanguinea* e *A. gossypii* (áptero ou alado) *versus* *H. foeniculi* (áptero ou alado) em ambos os sistemas de cultivo foi verificada através de matrizes ($M_{2 \times 2}$) de presença e ausência dos insetos ocorridos semanalmente nos três anos do experimento. Para o estudo foi verificado o número de intervalos de tempo em que ocorrem ambas as espécies (a), número de intervalos de tempo em que a espécie A ocorreu na ausência da espécie B (b), número de intervalos de tempo em que a espécie B ocorreu na ausência da espécie A (c) e o número de intervalos de tempo em que ambas as espécies não ocorreram (d). A espécie A foi considerada como a espécie principal (de maior ocorrência), enquanto que a espécie B foi considerada como a secundária ou dependente de A (de menor ocorrência). Estas informações foram agrupadas em esquema de tabela de contingência (eq. 4.1) em ambos os sistemas de cultivo.

$$M = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

4.2.1.5 Estudo da presença-ausência dos insetos

Foi analisado através de matrizes ($M_{2 \times 2}$) de agrupamento o total das plantas com insetos (pulgão áptero, pulgão alado ou joaninha) presentes ou ausentes nos cultivos de algodão ou erva-doce solteiro ou consorciado. Na matriz de presença e ausência os dados foram organizados conforme plano de tabulação proposto por Crawley, (2007), sendo as

colunas (1: s e 2: c) representadas pelo sistema de cultivo solteiro e consorciado, e as linhas (1: p e 2: a) por planta com pulgão e sem pulgão, respectivamente (eq. 4.2).

$$M = \begin{bmatrix} p_s & p_c \\ a_s & a_c \end{bmatrix} \quad (4.2)$$

4.2.1.6. Estudo da dissimilaridade de Jaccard e agrupamento das espécies pelo método estatístico Ward

A dissimilaridade de Jaccard foi verificada com base em dados binários de plantas com insetos presentes ou ausentes (pulgões e joaninha) em cada data de coleta. Foi atribuído código entre zero (para os casos de ausência) e um (para os casos de presença de pragas e inimigos naturais). Este teste permite a comparação de ocorrências mais próximas ou mais distantes entre o predador e a praga. Com as matrizes de distâncias de Jaccard verificaram-se os agrupamentos dos insetos pelo método estatístico de Ward.

4.2.1.7 Análise dos dados

Os dados do estudo da associação interespecífica ou independência e da presença-ausência dos insetos foram comparados pelo teste χ^2 de Pearson através dos comandos matrix (c(a,b,c,d),nrow=2) e matrix (c(p_s,a_s,p_c,a_c),nrow=2) do R (versão 2.3.1). A dissimilaridade e o agrupamento entre as espécies foram analisadas através dos PROC distance: method=djaccard e cluster: method=ward (SAS INSTITUTE, 2006).

4.2.2 Resultados

4.2.2.1 Associação interespecífica de *C. sanguinea* com *H. foeniculi*

No sistema de cultivo de erva-doce solteiro tanto os pulgões ápteros ($\chi^2 = 17,23$, $P = 0,0000$; $\chi^2 = 10,40$, $P = 0,0000$; $\chi^2 = 10,14$, $P = 0,0014$) quanto os alados ($\chi^2 = 17,23$, $P = 0,0000$; $\chi^2 = 11,19$, $P = 0,0008$; $\chi^2 = 7,99$, $P = 0,0047$) ocorreram simultaneamente com a joaninha durante os anos agrícolas de 2009, 2010 e 2011, respectivamente. Já no sistema de cultivo de erva-doce consorciada com algodão de fibra colorida só foi registrada coocorrência de *H. foeniculi* áptero *versus* *C. sanguinea* ($\chi^2 = 10,10$, $P = 0,0015$; $\chi^2 = 9,51$, $P = 0,0020$) e alado *versus* *C. sanguinea* ($\chi^2 = 4,95$, $P = 0,0261$; $\chi^2 = 3,88$, $P = 0,0487$) nos anos agrícolas de 2009 e 2011, respectivamente (Tabela 4.1).

Tabela 4.1 – Grau de associação entre a joaninha, *C. sanguinea* e o pulgão, *H. foeniculi* (áptero ou alado) em sistema de erva-doce solteira ou erva-doce consorciada com algodão de fibra colorida

Relação	Sistema de cultivo								Ano Agrícola
	Erva-doce solteiro				Erva-doce consorciado				
	Associação				Associação				
	N	χ^2	<i>P</i>	G.L	N	χ^2	<i>P</i>	G.L	
Pulgão (áptero) x Joaninha	21	17,23	0,0000	1	21	10,10	0,0015	1	2009
Pulgão (alado) x Joaninha	21	17,23	0,0000	1	21	4,95	0,0261	1	
Pulgão (áptero) x Joaninha	23	10,40	0,0013	1	23	2,27	0,1316	1	2010
Pulgão (alado) x Joaninha	23	11,19	0,0008	1	23	1,03	0,3106	1	
Pulgão (áptero) x Joaninha	23	10,14	0,0014	1	23	9,51	0,0020	1	2011
Pulgão (alado) x Joaninha	23	7,99	0,0047	1	23	3,88	0,0487	1	

$P < 0,05$ = As espécies estão associadas ao mesmo intervalo de amostragem; $P > 0,05$ = As espécies ocorrem em épocas distintas (independente).

4.2.2.2 Associação interespecífica de *C. sanguinea* com *A. gossypii*

Verificou-se que no sistema de cultivo de algodão solteiro as joaninhas, *C. sanguinea* e os pulgões, *A. gossypii* (áptero: $\chi^2 = 8,69$, $P = 0,0032$; $\chi^2 = 13,65$, $P = 0,0002$ e alado: $\chi^2 = 5,70$, $P = 0,0170$; $\chi^2 = 3,88$, $P = 0,0487$) coocorreram durante os anos agrícolas de 2010 e 2011. Resultados similares foram constatados para *C. sanguinea* versus *A. gossypii* (áptero: $\chi^2 = 10,98$, $P = 0,0009$; $\chi^2 = 11,20$, $P = 0,0008$ e alado: $\chi^2 = 4,86$, $P = 0,0274$) no sistema de cultivo de algodão consorciado em 2010 e 2011, exceto para as ocorrências entre *C. sanguinea* e *A. gossypii* alado ($\chi^2 = 2,17$, $P = 0,1407$) em 2010 (Tabela 4.2). Observou-se ainda que em ambos os cultivos, não houve coocorrência entre *C. sanguinea* e *A. gossypii* (áptero: $\chi^2 = 2,35$, $P = 0,1256$; $\chi^2 = 1,78$, $P = 0,1824$ e alado: $\chi^2 = 0,87$, $P = 0,3502$; $\chi^2 = 0,02$, $P = 0,8892$) no ano agrícola de 2009.

Tabela 4.2 - Grau de associação entre *C. sanguinea* e *A. gossypii* (áptero ou alado) em sistema de algodão solteiro ou algodão com fibra colorida consorciado com erva-doce

Relação	Sistema de cultivo								Ano Agrícola
	Algodão solteiro				Algodão consorciado				
	Associação				Associação				
	N	χ^2	P	G.L	N	χ^2	P	G.L	
Pulgão (áptero) x Joanelha	16	1,78	0,1824	1	16	2,35	0,1256	1	2009
Pulgão (alado) x Joanelha	16	0,02	0,8892	1	16	0,87	0,3502	1	
Pulgão (áptero) x Joanelha	21	8,69	0,0032	1	21	10,98	0,0009	1	2010
Pulgão (alado) x Joanelha	21	5,70	0,0170	1	21	2,17	0,1407	1	
Pulgão (áptero) x Joanelha	19	13,65	0,0002	1	19	11,20	0,0008	1	2011
Pulgão (alado) x Joanelha	19	3,88	0,0487	1	19	4,86	0,0274	1	

$P < 0,05$ = As espécies estão associadas ao mesmo intervalo de amostragem; $P > 0,05$ = As espécies ocorrem em épocas distintas (independente).

4.2.2.3 Relação entre *H. foeniculi* e *A. gossypii* no sistema de cultivo consorciado

Os pulgões *H. foeniculi* (áptero ou alado) e *A. gossypii* (áptero ou alado) coocorreram em 2009 ($\chi^2 = 11,06$, $P = 0,0009$; $\chi^2 = 5,94$, $P = 0,0148$). Entretanto, nos anos agrícolas de 2010 e 2011 não foi constatada nenhuma associação entre *A. gossypii* (áptero) *versus* *H. foeniculi* (áptero) ($\chi^2 = 0,02$, $P = 0,8848$; $\chi^2 = 1,43$, $P = 0,2311$) ou entre *A. gossypii* (alado) *versus* *H. foeniculi* (alado) ($\chi^2 = 0,45$, $P = 0,5027$; $\chi^2 = 0,80$, $P = 0,3711$) no sistema de cultivo consorciado (Tabela 4.3). Este resultado indica que na maioria dos casos, estas espécies ocorreram em épocas distintas nos cultivos de erva-doce e algodão consorciado.

Tabela 4.3 - Independência de *H. foeniculi* (áptero ou alado) a *A. gossypii* (áptero ou alado) em sistema de erva-doce consorciado com algodão com fibra colorida

Espécie	Consórcio erva-doce e algodão				Ano Agrícola
	Associação				
	N	χ^2	P	G.L	
<i>A. gossypii</i> (áptero) x <i>H. foeniculi</i> (áptero)	25	11,06	0,0009	1	2009
<i>A. gossypii</i> (alado) x <i>H. foeniculi</i> (alado)	25	5,94	0,0148	1	
<i>A. gossypii</i> (áptero) x <i>H. foeniculi</i> (áptero)	28	0,02	0,8848	1	2010
<i>A. gossypii</i> (alado) x <i>H. foeniculi</i> (alado)	28	0,45	0,5027	1	
<i>A. gossypii</i> (áptero) x <i>H. foeniculi</i> (áptero)	24	1,43	0,2311	1	2011
<i>A. gossypii</i> (alado) x <i>H. foeniculi</i> (alado)	24	0,80	0,3711	1	

$P < 0,05$ = As espécies estão associadas ao mesmo intervalo de amostragem; $P > 0,05$ = As espécies ocorrem em épocas distintas (independente).

4.2.2.4 Estudo da presença-ausência de *H. foeniculi* (áptero e alado) e *C. sanguinea*

Verificou-se que a presença ou ausência de *H. foeniculi* alado ($\chi^2 = 0,02$, $P = 0,8824$) e *C. sanguinea* ($\chi^2 = 0,03$, $P = 0,8585$) no erva-doce solteiro e erva-doce consorciado no ano agrícola de 2009 e a presença ou ausência de *C. sanguinea* ($\chi^2 = 0,06$, $P = 0,8027$) no erva-doce solteiro e erva-doce consorciado no ano agrícola de 2010 foram independente do sistema de cultivo (Tabela 4.4).

Tabela 4.4 - Presença-ausência de *H. foeniculi* (áptero ou alado) e *C. sanguinea* em erva-doce solteira e erva-doce consorciada com algodão de fibra colorida

Ano	Espécie	Sistema de cultivo				N	χ^2	P	G.L
		Solteiro		Consortiado					
		presença	ausência	presença	ausência				
2009	<i>H. foeniculi</i> (áptero)	66	46	46	66	224	71,42	0,0080	1
	<i>H. foeniculi</i> (alado)	38	58	37	59	192	0,02	0,8824	1
	<i>C. sanguinea</i>	21	59	22	58	160	0,03	0,8585	1
2010	<i>H. foeniculi</i> (áptero)	703	1197	463	1437	3800	71,27	0,0000	1
	<i>H. foeniculi</i> (alado)	468	1432	289	1611	3800	52,86	0,0000	1
	<i>C. sanguinea</i>	237	1363	232	1368	3200	0,06	0,8027	1
2011	<i>H. foeniculi</i> (áptero)	140	172	87	225	624	19,45	0,0000	1
	<i>H. foeniculi</i> (alado)	86	226	45	267	624	16,24	0,0000	1
	<i>C. sanguinea</i>	31	281	62	250	624	12,14	0,0005	1

Comparação dos indivíduos dentro da mesma linha

A presença ou ausência do pulgão, *H. foeniculi* áptero ($\chi^2 = 71,42$, $P = 0,0080$; $\chi^2 = 71,27$, $P = 0,0000$; $\chi^2 = 19,45$, $P = 0,0000$) em 2009, 2010 e 2011, assim como a presença ou ausência do pulgão, *H. foeniculi* alado ($\chi^2 = 52,86$, $P = 0,0000$; $\chi^2 = 16,24$, $P = 0,0000$) em 2010 e 2011 e da joaninha, *C. sanguinea* ($\chi^2 = 12,14$, $P = 0,0005$) em 2011 foi dependente do sistema de cultivo. Os resultados indicam que a época de surgimento de *H. foeniculi* e a época de surgimento de *C. sanguinea* no terceiro ano de cultivo foram influenciadas pelo sistema de cultivo (Tabela 4.4).

4.2.2.5 Estudo da presença-ausência de *A. gossypii* (áptero e alado) e *C. sanguinea*

A presença ou ausência do pulgão, *A. gossypii* (áptero: $\chi^2 = 0,33$, $P = 0,5659$ e alado: $\chi^2 = 0,03$, $P = 0,8687$) e da joaninha *C. sanguinea* ($\chi^2 = 3,19$, $P = 0,0740$) em 2009 e de *A. gossypii* alado ($\chi^2 = 1,97$, $P = 0,1605$) em 2010 foi independente do sistema de cultivo (Tabela 4.5).

Tabela 4.5 - Presença-ausência de *A. gossypii* (áptero ou alado) e *C. sanguinea* em algodão de fibra colorida solteiro e consorciado com erva-doce

Ano	Espécie	Sistema de cultivo							
		Solteiro		Consortiado		N	χ^2	P	G.L
		presença	ausência	presença	ausência				
2009	<i>A. gossypii</i> (áptero)	159	81	153	87	480	0,33	0,5659	1
	<i>A. gossypii</i> (alado)	21	123	22	122	288	0,03	0,8687	1
	<i>C. sanguinea</i>	34	110	22	122	288	3,19	0,0740	1
2010	<i>A. gossypii</i> (áptero)	805	695	704	796	3000	13,60	0,0002	1
	<i>A. gossypii</i> (alado)	116	984	137	963	2200	1,97	0,1605	1
	<i>C. sanguinea</i>	118	1082	72	1128	2400	12,09	0,0005	1
2011	<i>A. gossypii</i> (áptero)	142	170	89	223	624	19,31	0,0000	1
	<i>A. gossypii</i> (alado)	83	205	47	241	576	12,88	0,0003	1
	<i>C. sanguinea</i>	30	162	61	131	384	13,84	0,0002	1

Comparação dos indivíduos dentro da mesma linha.

A presença ou ausência do pulgão, *A. gossypii* áptero ($\chi^2 = 13,60$, $P = 0,0002$; $\chi^2 = 19,31$, $P = 0,0000$) em 2010 e 2011, assim como a presença ou ausência do pulgão, *A. gossypii* alado ($\chi^2 = 12,88$, $P = 0,0003$) e da joaninha *C. sanguinea* ($\chi^2 = 13,84$, $P = 0,0002$) em 2011 foi dependente do sistema de cultivo. Isto indica que a distribuição de *A. gossypii* variou de cultivo para cultivo e a distribuição do predador variou em função de *A. gossypii* áptero em 2010 e 2011 ou em função de *A. gossypii* alado em 2011 (Tabela 4.5).

4.2.2.6 Estudo da dissimilaridade de Jaccard para *H. foeniculi* (áptero e alado) e *C. sanguinea* em erva-doce solteira e erva-doce consorciada com algodão

Observando a matriz de Jaccard percebe-se que o número de ocorrência do pulgão (*H. foeniculi*) alado no sistema de cultivo de erva-doce consorciada foi próximo ao número de ocorrência da joaninha (*C. sanguinea*) no sistema de cultivo solteiro (0,33333). Por outro lado, o número de ocorrência do pulgão áptero na erva-doce consorciada foi mais próximo ao número de ocorrência do pulgão alado no mesmo sistema de cultivo de erva-doce (0,33333) (Tabela 4.6). Os resultados indicam que o consórcio pode influenciar positivamente na imigração de *C. sanguinea* proveniente do sistema de cultivo de erva-doce solteiro.

Tabela 4.6 - Matriz de distância de Jaccard para o estudo do pulgão (*H. foeniculi*) e do seu predador (*C. sanguinea*) em cultivos de erva-doce solteiro e consorciado com algodão de fibra colorida (Ano agrícola 2009, 2010 e 2011)

Espécie	Pap (Cons)	Pap (Solt)	Pal (Cons)	Pal (Solt)	Joan (Cons)	Joan (Solt)
Pap (Cons)	0,00000	1,00000	0,33333	0,66667	1,00000	0,33333
Pap (Solt)	1,00000	0,00000	0,66667	0,66667	1,00000	1,00000
Pal (Cons)	0,33333	0,66667	0,00000	1,00000	1,00000	0,66667
Pal (Solt)	0,66667	0,66667	1,00000	0,00000	1,00000	0,66667
Joan (Cons)	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	0,00000	1,00000
Joan (Solt)	0,33333	1,00000	0,66667	0,66667	1,00000	0,00000

Pap (Cons) = *H. foeniculi* (áptero) no erva-doce consorciado com algodão; Pap (Solt) = *H. foeniculi* (áptero) no erva-doce solteiro; Pal (Cons) = *H. foeniculi* (alado) no erva-doce consorciado com algodão; Pal (Solt) = *H. foeniculi* (alado) no erva-doce solteiro; Joan (Cons) = *C. sanguinea* no erva-doce consorciado com algodão; Joan (Solt) = *C. sanguinea* no erva-doce solteiro

Observando o dendrograma da direita para a esquerda e inserindo um corte em aproximadamente 0,3, verifica-se que existem dois grupos com dois subgrupos bem definidos dentro do agrupamento pela soma do quadrado de Ward (Figura 4.4). Estas somas indicam o quanto as ocorrências dos pulgões ou joaninhas presentes ou ausentes na erva-doce solteira ou na erva-doce consorciada com algodão diferem das outras ocorrências dos pulgões ou joaninhas que estão mais distantes na parte esquerda e que formam vários grupos dissimilares.

Verificando os subgrupos dentro do dendrograma da base para o ápice constata-se que no primeiro subgrupo a ocorrência do pulgão, *H. foeniculi* áptero encontrado no sistema de cultivo de erva-doce consorciado agrupa-se a joaninha (*C. sanguinea*) proveniente do sistema de cultivo de erva-doce solteiro e ao pulgão (*H. foeniculi*) alado que ocorrem dentro do sistema de cultivo de erva-doce consorciada com algodão de fibra colorida. Isto indica que as populações de pulgões presentes no sistema de cultivo de erva-doce consorciada com algodão podem contribuir para emigração de joaninhas presentes no sistema de erva-doce solteira (Figura 4.1). Seguindo o mesmo procedimento e observando o segundo agrupamento ressalta-se que a ocorrência de *H. foeniculi* áptero encontrado no sistema de cultivo de erva-doce solteira pode ser agrupada à ocorrência de *H. foeniculi* alado dentro do mesmo sistema de cultivo. Além disso, é possível verificar que *C. sanguinea* tem opção de migrar do sistema de cultivo de erva-doce consorciada para o sistema de cultivo de erva-doce solteira, onde populações de pulgões alados colonizam e dão origem a pulgões ápteros, entretanto este fato

está mais distante do que o primeiro em que as joaninhas têm a opção de imigrarem para os sistemas de cultivo de erva-doce consorciada com algodão de fibra colorida (Figura 4.4).

Figura 4.4 - Dendrograma para o estudo de *H. foeniculi* e *C. sanguinea* em cultivo de erva-doce solteiro e consorciado com algodão

4.2.2.7 Estudo da dissimilaridade de Jaccard para *A. gossypii* (áptero e alado) e *C. sanguinea* em algodão solteiro e algodão consorciado com erva-doce

Foram encontrados os menores valores de distância de Jaccard entre os pulgões (*A. gossypii*) ápteros do consórcio e os pulgões alados do sistema de algodão solteiro (0,00000). As maiores distâncias obtidas para a maioria das relações do método de Jaccard foram 1,00000 (Tabela 4.7). Isto indica que a ocorrência de pulgões ápteros no algodão consorciado tende a ocorrer próximo ou simultaneamente à pulgões ápteros provenientes do sistema de cultivo de algodão solteiro.

Tabela 4.7 - Matriz de distância de Jaccard para o estudo do pulgão (*A. gossypii*) e do seu predador (*C. sanguinea*) em cultivos de algodão solteiro e consorciado com erva-doce (Ano agrícola 2009, 2010 e 2011)

Espécie	Pap (Cons)	Pap (Solt)	Pal (Cons)	Pal (Solt)	Joan (Cons)	Joan (Solt)
Pap (Cons)	0,00000	0,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
Pap (Solt)	0,00000	0,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
Pal (Cons)	1,00000	1,00000	0,00000	1,00000	1,00000	1,00000
Pal (Solt)	1,00000	1,00000	1,00000	0,00000	0,66667	0,66667
Joan (Cons)	1,00000	1,00000	1,00000	0,66667	0,00000	1,00000
Joan (Solt)	1,00000	1,00000	1,00000	0,66667	1,00000	0,00000

Pap (Cons) = *A. gossypii* (áptero) no algodão consorciado com erva-doce; Pap (Solt) = *A. gossypii* (áptero) no algodão solteiro; Pal (Cons) = *A. gossypii* (alado) no algodão consorciado com erva-doce; Pal (Solt) = *A. gossypii* (alado) no algodão solteiro; Joan (Cons) = *C. sanguinea* no algodão consorciado com erva-doce; Joan (Solt) = *C. sanguinea* no algodão solteiro

Observando o dendrograma da esquerda para a direita e inserindo um corte em aproximadamente 2,8, verifica-se que existem dois grupos com um e três subgrupos bem definidos dentro do agrupamento pela soma do quadrado de Ward (Figura 4.5). Essas somas indicam o quanto as populações de *A. gossypii* (áptero ou alado) ocorrem simultaneamente ou isoladamente do predador *C. sanguinea* em sistema de algodão solteiro e em sistema de algodão consorciado com erva-doce.

Figura 4.5 – Dendrograma para o estudo de *A. gossypii* e *C. sanguinea* em cultivo de algodão solteiro e consorciado com erva-doce

Analisando o dendrograma do ápice para a base é possível verificar no primeiro subgrupo que a ocorrência de *C. sanguinea* proveniente do algodão solteiro está agrupada à *C. sanguinea* no algodão consorciado, como também a época de ocorrência de *C. sanguinea* está agrupada à *A. gossypii* alado no algodão solteiro e à *A. gossypii* alado no algodão consorciado com erva-doce. Os resultados indicam que as populações de *C. sanguinea* tem a opção de dispersar do sistema de cultivo solteiro para o sistema de cultivo de algodão consorciado com erva-doce e que a principal atração provavelmente foi a dispersão de *A. gossypii* alado do sistema de cultivo de algodão solteiro para o sistema de algodão consorciado com erva-doce (Figura 4.5). Seguindo o mesmo critério de análise é possível observar que no segundo subgrupo a ocorrência de *A. gossypii* áptero no sistema de cultivo de algodão solteiro está agrupada a *A. gossypii* áptero no sistema de cultivo de algodão consorciado com erva-doce (Figura 4.5).

4.2.3 Discussão

Na presente pesquisa, os resultados encontrados para coocorrência de *H. foeniculi* versus *C. sanguinea* e para *A. gossypii* versus *C. sanguinea* demonstram que nem sempre uma distribuição similar reflete uma associação positiva entre espécies de insetos dentro do sistema de cultivo de erva-doce ou algodão solteiro e em erva-doce e algodão no sistema consorciado. Porém, as espécies similares respondem a variações dentro da planta permitindo maiores associações positivas do que associações negativas ou aleatórias (FRITZ et al., 1987). A complexidade e multiplicidade de sistemas inseto planta hospedeira, e de condições ambientais associadas a estas, dificulta excessivamente a elaboração de teorias gerais sobre padrões de processos observados na natureza (RIBEIRO; FERNANDES, 2000). Estudos conduzidos por Prado e Lewinsohn (2000) sugerem que a época de florada ou fatores relacionados ao hábito alimentar do inseto (generalista ou especialista) podem influenciar as associações herbívoro versus planta em uma dada localidade. Moran e Whitham (1990) comentam que as interações entre os herbívoros são aparentemente mediadas por características químicas e fisiológicas das plantas hospedeiras. A associação de insetos praga com o hospedeiro pode também ser influenciada por fatores genéticos, pois a presença de polimorfismo genético em populações de herbívoros se associa provavelmente a fatores ecológicos, como variabilidade química da planta hospedeira (SOLFERINI; SELIVON, 2000; BILODEAU et al., 2013).

Outro estudo conduzido por Coll et al. (1997) indica que a distribuição do predador e da praga em várias espécies de plantas pode ser diferente e que as características morfológicas das plantas tem efeito direto sobre as interações predador versus presa. De forma similar Cooper et al., (1990) concluíram que a imigração ou emigração de pragas e inimigos naturais pode ocasionar variação em suas taxas de dispersão e colonização em diferentes sistemas e habitats. Além disso, a resposta comportamental do predador pode influenciar a distribuição e abundância da praga (MAIN, 1987). De acordo com Coll e Bottrell (1995), a mortalidade da praga pode ser independente da densidade em monocultivo e dependente da densidade no consórcio de plantas. Todavia, respostas individuais do predador e da praga podem variar diante de fatores bióticos ou abióticos que limitam o habitat ou a diversidade de cultivo, o que provavelmente explica as variações nos estudos das associações dos pulgões (*H. foeniculi* e *A. gossypii*) com *C. sanguinea* nos três anos de experimento.

Os pulgões geralmente estão positivamente associados a plantas hospedeiras que possuem néctar extrafloral (OFFENBERG, 2000), porém, os resultados encontrados para o

estudo da época de ocorrência dos pulgões da erva-doce (*H. foeniculi*) com os pulgões do algodão (*A. gossypii*) em 2009, 2010 e 2011 indicam que o período de ocorrência desses insetos é distinto. Resultados similares foram constatados por Lamb (1974) que verificaram a ocorrência de *A. gossypii* se dá entre junho e setembro, *A. craccivora* Koch, 1854 entre maio e agosto, *Tetraneura nigriabdominalis* (Sasaki, 1889) entre maio e julho e *Brachycaudus helichrysi* (Kaltenbach, 1843) em maio ou julho. Os resultados verificados na presente pesquisa mostram que os períodos de ocorrência das espécies de pulgões são favoráveis à manutenção, reprodução, alimentação e preservação do predador (*C. sanguinea*) no consórcio, pois aumentam a chance de sincronia nas fases imatura e adulta, evitam a extinção local e possibilitam o controle de ambas as pragas no consórcio, já que as espécies nativas de coccinelídeos podem reduzir a comunidade de pulgões (FINLAYSON et al., 2010). Além disso, em termos época de ocorrência, os coccinelídeos e os pulgões têm flutuações populacionais semelhantes podendo apresentar maior associação com o dossel da planta (COSTA et al., 2010; SANTOS, 2011). O maior número de *C. sanguinea* pode geralmente ser constatado no estágio fenológico de folha verde e em senescência, e estes insetos estão frequentemente em ramos superiores e inferiores das plantas hospedeiras (AZEREDO et al., 2000). A conservação do controle biológico depende do correto manejo do ambiente para garantir níveis adequados de sobrevivência, fecundidade, longevidade e dos inimigos naturais, aumentando também sua efetividade sobre a praga (LANDIS et al., 2000).

O movimento dos insetos entre habitats cultivados e não cultivados é comum e pode ter importante implicação na amostragem (PEDIGO; BUNTIN, 1993). Plantas de erva-doce podadas atingem a fase reprodutiva mais rápido do que as transplantadas. Este fato pode refletir na ocorrência de *H. foeniculi* e do seu predador. Além disso, a forma do *patch* e da vegetação pode desempenhar importante papel, especialmente entre os insetos herbívoros e predadores associados à cultura consorciada no campo (GREZ; PRADO, 2000). Desta forma, os resultados para a variação da distribuição do predador em função de *H. foeniculi* alado (Tabela 4.4) em 2009 e da variação na distribuição do predador em 2010 em função dos pulgões ápteros e alados encontrados na erva-doce consorciada (Tabela 4.1), assim como a época de surgimento de *H. foeniculi* e a época de surgimento de *C. sanguinea* no terceiro ano agrícola (Tabela 4.4), são essenciais dentro do arranjo experimental adotado, pois permitem formular a hipótese de que o consórcio pode contribuir para a comunidade de insetos benéficos reduzindo a população dos pulgões *H. foeniculi* (ápteros ou alados). Estudos conduzidos por Ramalho et al. (2012a, 2012b) demonstram que o consórcio de algodão e erva-doce em diferentes combinações propiciam maior número de *C. sanguinea* e menor

número de pulgões no consórcio do que no sistema de cultivo solteiro. De forma similar, estudos conduzidos por Ma et al. (2006) evidenciam que populações de pulgões são significativamente maiores em parcelas solteiras do que em parcelas consorciadas. Isto pode proporcionar menos danos e maior produtividade aos cultivos dos trabalhadores da agricultura familiar (ZHANG et al., 2007).

Apesar de Nona et al. (2010) mostrarem que a abundância de pulgões na soja foi negativamente associada com a diversidade do habitat e que as espécies que utilizam uma vasta variação nos recursos alimentares diversificadas são intuitivamente menos eficientes na exploração de cada tipo de recurso (BARKAE et al., 2012), observou-se neste estudo, que a ocorrência de *A. gossypii* varia de cultivo para cultivo e a distribuição do predador variou em função de *A. gossypii* áptero em 2010 e 2011 ou em função de *A. gossypii* alado em 2011 (Tabela 4.5). Notou-se ainda que a distribuição do predador variou em função dos pulgões ápteros e alados em 2009 (Tabela 4.5). Desta forma, as associações baseadas no princípio de que as espécies envolvidas podem ter benefício mútuo dentro do sistema de algodão consorciado, se tornam cada vez mais evidentes (OFFENBERG, 2000), e quando a uniformidade ecológica da espécie associada é máxima, provavelmente todas as espécies pertencem a gêneros diferentes (JACCARD, 1912).

A abundância e a proporção relativa da alimentação funcional dos grupos de insetos podem variar conforme o habitat (OLIVEIRA; NESSIMIAN, 2010). Observando a proximidade no número de ocorrência do pulgão (*H. foeniculi*) alado no sistema de cultivo de erva-doce consorciada com o número de ocorrência da joaninha (*C. sanguinea*) no sistema de cultivo solteiro (0,33333), como também a proximidade no número de ocorrência do pulgão áptero em erva-doce consorciada com o número de ocorrência do pulgão alado no mesmo sistema de cultivo de erva-doce (0,33333) (Tabela 4.6) ou a proximidade no número de ocorrência de pulgões ápteros (*A. gossypii*) no algodão consorciado com o número de ocorrência dos pulgões ápteros (*A. gossypii*) provenientes do sistema de cultivo de algodão solteiro (Tabela 4.7), percebe-se ao longo dos anos a existência de similaridade entre alguns pares de associação, o que provavelmente indica uma relação positiva entre estes insetos principalmente nos sistemas de cultivo de erva-doce e algodão consorciado.

O índice de Jaccard pode ser expresso de várias maneiras e é apropriado para explicar as trocas da similaridade ou da dissimilaridade taxonômica entre as espécies (REAL; VARGAS, 1996; VILLÉGER; BROSSE, 2012), pois a similaridade faunal entre duas espécies de organismos fitófagos pode aumentar com a afinidade taxonômica do hospedeiro (FRENZEL; BRANDL, 2001). Por outro lado, análises usando o índice de Jaccard servem

para indicar alta similaridade entre diferentes habitats (ASLAN; KARACA, 2012), o que provavelmente influenciou na movimentação dos insetos.

Embora Taylor (1977), Hodek e Michaud (2008) tenham comentado que quando muitos pulgões desaparecem do cultivo e migram para árvores primárias a interação pulgão - coccinelídeo pode não existir e que durante a migração a distribuição espacial dos pulgões pode ser difusa por causa da dependência do vento, os resultados encontrados para os agrupamentos (Figura 4.1 e 4.2) dos pulgões (ápteros ou alados) e da joaninha (*C. sanguinea*) dentro dos sistemas de cultivo adotado contribuem para hipótese de que os sistemas de cultivo de algodão ou erva-doce consorciada são alvo de imigração de insetos benéficos. Esta migração se dá supostamente em função de *H. foeniculi* ou *A. gossypii* que ocorrem em épocas distintas, propiciando benefícios para o predador que ocorre durante todo ciclo produtivo, reduzindo a população do inseto-praga em cada tipo de cultivo adequadamente implantado, o que provavelmente não foi testado por Hodek e Michaud, (2008). Em cultivos agrícolas em esquemas de listas, muitas espécies de coccinelídeos não são afetados pela composição da borda do cultivo, até mesmo em casos em que as bordas são altas e permanentes (GREZ et al., 2010). Porém, as populações dos pulgões podem ser afetadas pelas barreiras físicas produzidas pelas culturas do algodão ou erva-doce no sistema de cultivo consorciado (RAMALHO et al., 2012a, 2012b).

Um dos fatores que pode afetar a movimentação de pulgões e conseqüentemente de coccinelídeos é a composição da variação nutricional de cada cultivo ou habitat (BERTOLACCINI et al., 2011). De acordo com Osawa (2000), populações de joaninhas mostram um padrão de dispersão entre sub-populações no qual seu estabelecimento é condicionado pela avaliação e acessibilidade de colônias de pulgões. Assim, habitats de coccinelídeos podem ser caracterizados dentro de habitats sustentáveis para sobrevivência, reprodução e refúgio temporal. Bertolaccini et al. (2011) estudando pulgões e predadores em plantas alternativas (*Medicago sativa* e outras culturas espontâneas) constataram 31 ocorrências de *A. fabae* especialmente em plantas de *M. sativa*, enquanto que a família Coccinellidae foi observada 199 vezes em 17 famílias de plantas espontâneas. Desta forma, este e outros resultados, justificam e demonstram a importância do estudo da utilização de sistemas de cultivo agrícola diversificado como ferramenta alternativa para redução de pragas e conservação de inimigos naturais.

4.3 Conclusão

A movimentação do predador *C. sanguinea* pode ter sido em função do sistema de cultivo consorciado e isto se deve provavelmente a movimentação de *A. gossypii* e *H. foeniculi* áptero ou alado que ocorreu em épocas distintas ao longo do ano.

Referências

- ALMEIDA, R.P. Effect of the population levels of *Aphis gossypii* on cotton agronomic traits and fibre quality. **Proceedings of the Section Experimental and Applied Entomology**, New Amsterdam, v. 12, p. 97-100, 2001.
- AMIN, S.M.R.; KUNDU, R.; RAHMAN, M.M.; ISLAM, M.S. Effect of intercropping on the diversity of insect community in brinjal. **Bulletin of the Institute of Tropical Agriculture**, Fukuoka, v. 28, p. 25-31, 2005.
- ASLAN, B.; KARACA, I. Comparative diversity of insects in various habitats of Kovada Lake National Park Basin. **Scientific Research and Essays**, Antalya, v. 7, n. 24, p. 2160-2167, 2012.
- AZEREDO, E.H.; CASSINO, P.C.R.; LIMA, E. Ocorrência de *Cycloneda sanguinea* L. (Coleoptera: Coccinellidae) como predadores de “insetos pragas”, associados à batatinha (*Solanum tuberosum* L.), no município de Pinheiral, RJ. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 7, n. 1, p. 198-207, 2000.
- BARKAE, E.D.; SCHARF, I.; ABRAMSKY, Z.; OVADIA, O. Jack of all trades, master of all: a positive association between habitat niche breadth and foraging performance in pit-building antlion larvae. **Plos One**, San Francisco, v. 7, n. 3, p. 1-7, 2012.
- BERTOLACCINI, I.; NÚÑEZ-PÉREZ, E.; TIZADO, E.J. Alternative plants hosts of legume aphids and predators in the province of León, Spain. **Ciencia e Investigación Agraria**, Santiago de Chile, v. 38, n. 2, p. 233-242, 2011.
- BILODEAU, E.; SIMON, J.C.; GUAY, J.F.; TURGEON, J.; CLOUTIER, C. Does variation in host plant association and symbiont infection of pea aphid populations induce genetic and behaviour differentiation of its main parasitoid, *Aphidius ervi*? **Evolutionary Ecology**, London, v. 27, n. 1, p. 165-184, 2013.
- BLACKMAN, R.L.; EASTOP, V.F. **Aphids on the world's crops: an identification and information guide**. West Sussex: John Wiley, 2000. 466 p.
- BRITO, L.M.P.; SANTOS, J.F.; GRANGEIRO, J.I.T.; OLIVEIRA, M.M.; SILVA, P. D.A. Controle alternativo do pulgão da erva-doce com produtos domissanitários. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 3, n. 1, p. 17-22, 2009.

COLL, M.; BOTTRELL, D.G. Predator-prey association in mono - and dicultures: effect of maize and bean vegetation. **Agriculture Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 54, p. 115-125, 1995.

COLL, M.; SMITH, L.A.; RIDGWAY, R.L. Effect of plants on the searching efficiency of a generalist predator: the importance of predator-prey spatial association. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 83, n. 1, p. 1-10, 1997.

COOPER, S.D.; WALDE, S.J.; PECKARSKY, B.L. Prey exchange rates and the impact of predators on prey populations in streams. **Ecology**, Durham, v. 71, n. 4, p. 1503-1514, 1990.

COSTA, L.L.; MARTINS, I.C.F.; BUSOLI, A.C.; CIVIDANES, F.J. Diversidade e abundância de artrópodes predadores associados a diferentes cultivares de algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 4, p. 483-490, 2010.

CRAWLEY, M.J. Classical tests. In: _____. (Ed.). **The R book**. West Sussex: John Wiley, 2007. p. 279-322.

CUI, J.; TAKEUCHI, Y. The effects of migration on persistence and extinction. In: TAKEUCHI, Y.; IWASA, Y.; SATO, K. (Ed.). **Mathematics for ecology and environmental sciences**. Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 2007. chap. 4, p. 51-81.

DICE, L.R. Measures of the amount of ecologic association between species. **Ecology**, New York, v. 26, n. 3, p. 297-302, 1945.

FINLAYSON, C.; ALYOKHIN, A.; GROSS, S.; PORTER, E. Differential consumption of four aphid species by four lady beetle species. **Journal of insect science**, Washington, v. 10, n. 31, p. 1-10, 2010.

FRENZEL, M.; BRANDL, R. Hosts as habitats: faunal similarity of phytophagous insects between host plants. **Ecological Entomology**, London, v. 26, p. 594-601, 2001.

FRITZ, R.S.; GAUD, W.S.; SACCHI, C.F.; PRICE, P.W. Patterns of intra- and interspecific association of gall-forming sawflies in relation to shoot size on their willow host plant. **Oecologia**, Berlin, v. 73, p. 159-169, 1987.

GONZAGA, J.V.; RAMALHO, F.S.; SANTOS, J. Distribuição de *Aphis gossypii* no algodoeiro nos sistemas de plantio solteiro e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, p. 1839-1844, 1991.

GREZ, A.A.; PRADO, E. Effect of plant patch shape and surrounding vegetation on the dynamics of predatory coccinellids and their prey *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae). **Environmental Entomology**, College Park, v. 29, n. 6, p. 1244-1250, 2000.

GREZ, A. A.; TORRES, C.; ZAVIEZO, T.; LAVANDERO, B.; RAMÍREZ, M. Migration of coccinellids to alfalfa fields with varying adjacent vegetation in Central Chile. **Ciencia e Investigación Agraria**, Santiago de Chile, v. 37, n. 2, p. 111-121, 2010.

HODEK, I.; MICHAUD, J.P. Why is *Coccinella septempunctata* so successful? (A point-of-view). **European Journal of Entomology**, Branisovska, v. 105, p. 1-12, 2008.

JACCARD, P. The distribution of the flora in the Alpine Zone. **New Phytologist**, London, v. 11, n. 2, p. 37-50, 1912.

LAMB, K.P. New guinea aphids and their biogeographical affinities. **Pacific Insects**, Honolulu, v. 16, n. 1, p. 61-65, 1974.

LANDIS, D.A.; WRATTEN, S.D.; GURR, G.M. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 45, p. 175-201, 2000.

LIXA, A.T.; CAMPOS, J.M.; RESENDE, A.L.S.; SILVA, J.C.; ALMEIDA, M.M.T.B.; AGUIAR-MENEZES, E.L. Diversidade de Coccinelidae (Coleoptera) em plantas aromáticas (Apiaceae) como sítios de sobrevivência e reprodução em sistema agroecológico. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 39, n. 3, p. 354-359, 2010.

LUDWIG, J.A.; REYNOLDS, J.F. **Statistical ecology: a primer on methods and computing**. New York: John Wiley, 1988. 337 p.

MA, X.M.; LIU, X.X.; ZHANG, Q.W.; ZHAO, J.Z.; CAI, Q.N.; MA, Y.A.; CHEN, D.M.. Assessment of cotton aphids, *Aphis gossypii*, and their natural enemies on aphid-resistant and aphid-susceptible wheat varieties in a wheat–cotton relay intercropping system. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 121, p. 235–241, 2006.

MAIN, K.L. Predator avoidance in seagrass meadows: prey behavior, microhabitat selection, and cryptic coloration. **Ecology**, Durham, v. 68, n. 1, p. 170-180, 1987.

MORAN, N.A.; WHITHAM, T.G. Interspecific competition between root-feeding and leaf-galling aphids mediated by host-plant resistance. **Ecology**, Durham, v. 71, n. 3, p. 1050-1058, 1990.

NOMA, T.; GRATTON, C.; COLUNGA-GARCIA, M.; BREWER, M.J.; MUELLER, E.E.; WYCKHUYS, K.A.; HEIMPEL, G.E.; O'NEAL, M.E. Relationship of soybean aphid (Hemiptera: Aphididae) to soybean plant nutrients, landscape structure, and natural enemies. **Environmental Entomology**, College Park, v. 39, n. 1, p. 31-41, 2010.

OFFENBERG, J. Correlated evolution of the association between aphids and ants and the association between aphids and plants with extrafloral nectaries. **Oikos**, Buenos Aires, v. 91, n. 1, p. 146-152, 2000.

OLIVEIRA, A.L.H.; NESSIMIAN, J.L. Spatial distribution and functional feeding groups of aquatic insect communities in Serra da Bocaina streams, southeastern Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, São Carlos, v. 22, n. 4, p. 424-441, 2010.

OSAWA, N. Population field studies on the aphidophagous ladybird beetle *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinelidae): resource tracking and population characteristics. **Population Ecology**, Tokyo, v. 42, p. 115-127, 2000.

PEDIGO, L.P.; BUNTIN, G.D. **Handbook of sampling methods for arthropodes in agriculture**. Boca Raton: CRC Press, 1993. 714 p.

PHOOFOLO, M.W.; GILES, K.L.; ELLIOTT, N.C. Effects of relay-intercropping sorghum with winter wheat, alfalfa, and cotton on lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae) abundance and species composition. **Environmental Entomology**, College Park, v. 39, n. 3, p. 763-774, 2010.

PRADO, P.I.K. L.; LEWINSOHN, T.M. Associações inseto-planta no nível local e regional: Tephritidae e Vernoniae na Serra do Espinhaço. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 8, p. 405-422, 2000.

RAMALHO, F.S.; FERNANDES, F.S.; NASCIMENTO, A.R.B.; NASCIMENTO-JÚNIOR, J.L. MALAQUIAS, J.B.; SILVA, C.A.D. Assessment of fennel aphids (Hemiptera: Aphididae) and their predators in fennel intercropped with cotton with colored fibers. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 105, n. 1, p. 113-119, 2012a.

_____. Feeding damage from cotton aphids, *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Heteroptera: Aphididae), in cotton with colored fiber intercropped with fennel. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 105, n. 1, p. 20-27, 2012b.

REAL, R.; VARGAS, J.M. The probabilistic basis of Jaccard's index of similarity. **Systematic Biology**, Washington, v. 45, n. 3, p. 380-385, 1996.

RESENDE, A.L.S.; HARO, M.M.; SILVA, V.F.; SOUZA, B.; SILVEIRA, L.C.P. Diversidade de predadores em coentro, endro e funcho sob manejo orgânico. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 79, n. 2, p. 193-199, 2012.

RESENDE, A.L.S.; VIANA, A.J.S.; OLIVEIRA, R.J.; AGUIAR-MENEZES, E.L.; RIBEIRO, R.L.D. RICCI, M.S.F.; GUERRA, J.G.M.. Consórcio couve-coentro em cultivo orgânico e sua influência nas populações de joaninhas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 1, p. 41-46, 2010.

RIBEIRO, S.P.; FERNANDES, G.W. Interações entre insetos e plantas no cerrado: teoria e hipótese de trabalho. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 8, p. 229-320, 2000.

SANTOS, R. L. **Parasitoides e predadores associados ao bicudo e lagarta rosada em algodoeiro tratado com caulim**. 2011. 57 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2011.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT user's guide**, Cary, 2006.

SCHLUTER, D. A variance test for detecting species associations, with some example applications. **Ecology**, New York, v. 65, n. 3, p. 998-1005, 1984.

SILVA, G.F.; RAMALHO, F.S.; PEREIRA, A.I.A.; NUNES JÚNIOR, E.S.; PEREIRA, R.G. Padrão de distribuição temporal de *Aphis gossypii* em algodoeiro irrigado e de sequeiro no estado do Ceará. **Revista Verde**, Mossoró, v. 5, n. 3, p. 195-203, 2010.

SOLFERINI, V.N.; SELIVON, D. Genética da associação de insetos com plantas hospedeiras. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 8, p. 423-436, 2000.

SPEIGHT, M.R.; HUNTER, M.D.; WATT, A.D. **Ecology of insects: concepts and applications**. West Sussex: John Wiley, 2008. 628 p.

TAYLOR, L.R. Migration and the spatial dynamics of an aphid, *Myzus persicae*. **Journal of Animal Ecology**, Oxford, v. 46, n. 2, p. 411-423, 1977.

VILLÉGER, S.; BROSSE, S. Measuring changes in taxonomic dissimilarity following species introductions and extirpations. **Ecological Indicators**, Amsterdam, v. 18, p. 552-558, 2012.

ZHANG, L.; WERF, W. VAN DER; ZHANG, S.; LI, B.; SPIERTZ, J.H. J. Growth, yield and quality of wheat and cotton in relay strip intercropping systems. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 103, p. 178–188, 2007.

5 MODELAGEM MATEMÁTICA DE PRAGAS E INIMIGOS NATURAIS EM SISTEMAS DE CULTIVOS SOLTEIROS E CONSORCIADOS

Resumo

A utilização de modelos matemáticos em consórcios agrícolas é fundamental para explicar comportamentos interativos entre insetos praga e seus respectivos inimigos naturais. Neste sentido, o objetivo com este capítulo foi testar modelos matemáticos para investigar a relação pulgão planta e também a relação predador *versus* presa com base na qualidade das cultivares de algodão e erva-doce solteiros e consorciados. Foram utilizados modelos de equações de diferença para explicar o comportamento de *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae), *Hyadaphis foeniculi* (Passerini, 1860) (Hemiptera: Aphididae) e *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763) (Coleoptera: Coccinelidae). A taxa de crescimento da presa (K_I), qualidade da planta de algodão (Q_a) e qualidade da planta de erva-doce (Q_e), taxa de chegada da praga na planta, resposta numérica do predador foram incluídos nos modelos e descritos por diagrama de bifurcação. A qualidade da planta, tanto no sistema de cultivo de algodão ou erva-doce solteiro quanto em algodão ou erva-doce no sistema de cultivo consorciado, mudou o comportamento dos insetos com K_I superior a 1,4. Plantas com Q_a e Q_e iguais dentro do consórcio, geraram comportamento caótico nos insetos, com menores amplitudes do que Q_a e Q_e distintos.

Palavras-chave: Manejo de pragas; Modelagem matemática; Modelos predador-presa; Modelos herbívoro-planta

Abstract

The use of mathematical models to analyze intercropping system is important to explain interactive behaviors between pests and their natural enemies. In this sense, the objective of this chapter was to test mathematical models to investigate the relationships aphid-plant and predator-prey based on plant quality of sole cotton, sole fennel and cotton-fennel intercropping system. Difference equations have been used to explain the behavior of *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae), *Hyadaphis foeniculi* (Passerini, 1860) (Hemiptera: Aphididae) and *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763) (Coleoptera: Coccinelidae). Growth rate of pest (K_I), quality of cotton plant (Q_a) and fennel plant (Q_e), pest immigration rate plant and numerical response of predator were included in the model and described by bifurcation diagrams. The plant quality in both cotton and fennel in sole crop or intercropping system, changes the insect behavior with K_I higher than 1.4. Plants with similar Q_a and Q_e within intercropping system induce chaotic behavior of the insects, with low amplitudes than different Q_a and Q_e .

Keywords: Pest management; Mathematical model; Predator-prey models; Herbivore-plant models

5.1 Introdução

Os sistemas agrícolas em que prevalecem as monoculturas geralmente oferecem poucos recursos para a permanência de alta diversidade de insetos, em especial aqueles considerados inimigos naturais (LANDIS et al., 2000). Diversas plantas hospedeiras desenvolvem diferentes mecanismos para reduzir o ataque de insetos, incluindo respostas específicas que ativam diferentes vias metabólicas, as quais alteram consideravelmente suas características químicas e físicas (MELLO; SILVA-FILHO, 2002). Outras, quando utilizadas em consórcios agrícolas, constituem uma forma de heterogeneidade em plantios, devido à intercalação de cultivares que podem agir como barreiras físicas para infestações por insetos praga ou ainda para contaminação por diferentes patógenos, além de criar refúgio para inimigos naturais (LANDIS et al., 2000; XIE et al., 2012).

A revisão feita por Andow (1991) indica que a densidade populacional de insetos praga é menor em policultivos do que em monocultivos. Outros estudos conduzidos por Banks (1998); Banks e Ekbom (1999) demonstraram que o efeito da diversidade da vegetação sobre densidades de herbívoros varia com a estratégia de cultivo ou composição da vegetação. De acordo com Gonzaga et al. (1991), o sistema de plantio de algodão consorciado proporciona uma significativa mudança no habitat dos artrópodes favorecendo o desenvolvimento e o comportamento dos inimigos naturais. Além disso, um cultivo pode ser utilizado como hospedeiro diversivo, protegendo de riscos outros cultivos mais suscetíveis ou mais valorizados economicamente (ALTIERE, 2004).

A grande diversidade de espécies desenvolvendo-se simultaneamente em policultivos, ajuda na prevenção de pragas evitando sua proliferação entre indivíduos da mesma espécie, que ali se encontram relativamente isolados uns dos outros (ALTIERE, 2004). Assim, é de fundamental importância o conhecimento dessas relações para possível aplicação de modelos matemáticos que expliquem a dinâmica espaço temporal dos insetos praga e seus respectivos inimigos naturais no consórcio de algodão com erva-doce.

A fundamentação adequada para modelar sistemas espaciais complexos, como por exemplo os consórcios agrícolas, tem base teórica nos pressupostos advindos dos modelos de difusão de espécies em sistemas ecológicos estudados em ecologia de paisagem (LANDIS et al. 2000). Problemas de difusão de insetos através de mosaicos com vegetação diversificada vêm sendo investigados mais sistematicamente com modelagem matemática por Okubo e Levin (2001). A dinâmica e distribuição espacial de insetos seguem modelos matemáticos que tem grande influência nas análises de planos de amostragem (BARRIGOSI, 1997;

MARUYAMA et al., 2006). Os modelos matemáticos que descrevem relações entre presa e predador são utilizados para estudo de interações que ocorrem entre duas populações, nas quais, uma delas depende da outra para se alimentar e sobreviver (PEIXOTO et al., 2004). Da mesma forma, modelos herbívoros planta podem ser úteis em estudos de análise da qualidade da planta (EDELSTEIN-KESHET, 1986). Edelstein-Keshet (1986) propôs teoria que leva em consideração a interação inseto planta com base na qualidade (q) da planta hospedeira em um gradiente entre 0 e 1. Quando $q = 0$ denota a inexistência de qualidade na planta, o que, por conseguinte representaria o desinteresse pela praga sobre a planta e com $q = 1$ a praga seria atraída à planta com alta abundância.

A teoria populacional pode constituir ferramenta analítica importante para sistemas agrícolas consorciados através do uso de modelos dinâmicos baseados na interação predador-presa, considerando cenários em que os insetos teriam acesso a sistemas com alta e baixa qualidade nutricional (EDELSTEIN-KESHET, 1986). Há dois formatos de modelos populacionais usuais em ecologia teórica (COSTA; GODOY, 2010). Modelos em tempo contínuo, que se prestam a análise de populações com gerações que se sobrepõem e modelos em tempo discreto, que são destinados a investigar a dinâmica de populações que não se sobrepõem (MURRAY, 1993). Ambos os modelos tem ampla aplicação em cenários como o pretendido neste estudo. Contudo, os modelos discretos permitem investigar o espaço paramétrico das constantes de forma a avaliar as implicações dos valores dos parâmetros para o comportamento dinâmico das espécies. O comportamento dinâmico é expresso em sistemas não lineares por diferentes tipos de equilíbrio, que vão desde a estabilidade até o caos determinístico (oscilações populacionais imprevisíveis), passando por oscilações cíclicas periódicas (MAY; OSTER, 1976; DENNIS et al., 2001). No presente estudo, informações desta natureza são essenciais para a construção de modelos subsequentes incluindo a dimensão do tempo contínuo, além de possibilitar a reflexão sobre novos delineamentos experimentais em função dos resultados obtidos em simulações computacionais.

Embora os ecologistas estejam entre os primeiros cientistas a estudar as implicações de dinâmicas caóticas nas populações de seres vivos, ainda não se tem relacionado dinâmica caótica com a qualidade da planta (TURCHIN; ELLNER, 2000). A teoria do caos nesses estudos é interessante, pois parte do princípio que condições iniciais a princípio negligenciados, podem perturbar sistemas dinâmicos, resultando em profundas mudanças no equilíbrio populacional, sobretudo em sistemas tróficos (ELLNER; TURCHIN, 1995). Assim, o entendimento dos modelos matemáticos expressando a teoria do caos para o estudo dos insetos praga e de inimigos naturais em plantas hospedeiras pode auxiliar o desenvolvimento

de programas de manejo integrado de pragas evidenciando padrões ecológicos inerentes do equilíbrio dinâmico das espécies, dados pelo espaço paramétrico das constantes dos modelos (CIVIDANES; SANTOS, 2003; LIMA et al., 2009). Neste sentido, o objetivo com este capítulo foi testar modelos matemáticos para investigar a relação pulgão planta e também a relação predador *versus* presa com base na qualidade das cultivares de algodão e erva-doce solteiros e consorciados.

5.2 Desenvolvimento

5.2.1 Material e métodos

Partindo das evidências de que nos dados avaliados dentro das plantas, dentro de cada sistema de cultivo e independentemente dos blocos: 1) a infestação de pulgões nos sistemas de cultivo de erva-doce ou algodão solteiro é maior do que o número de pulgões encontrados nos sistemas de cultivo consorciado; 2) há correlação positiva para o número de pulgões *versus* nó, número de pulgões *versus* altura e número de pulgões *versus* umbelas em ambos os cultivos; 3) o consórcio atenua o efeito dos danos dos pulgões sobre a erva-doce ou algodão e age como barreira, foi avaliada a relação herbívoro *versus* planta através de um modelo matemático fundamentado na teoria de Edelstein-Keshet (1986), que incorpora a ideia do sedentarismo e mobilidade do inseto herbívoro como premissa básica para modelar pulgões e inimigos naturais em sistemas de cultivos utilizados na presente pesquisa.

A base ecológica da teoria de Edelstein-Keshet (1986) é alicerçada na interação dos indivíduos com a planta, que podem afetar ou serem afetados pela qualidade da planta. Neste caso, a qualidade da erva-doce e do algodão foi representada pelo número de nós e altura da planta ao longo do tempo ou ao próprio desenvolvimento da planta, dado pelo número de umbelas ou folhas, respectivamente ao longo do tempo, já que este último fator pode afetar ou ser afetado pela população de pulgões. Isto se dá de duas maneiras: 1) à medida que aumenta o número de nós e altura da planta a tendência é aumentar o número de inflorescências ou folhas por planta, que também aumenta o número de pulgões; 2) a alta densidade de pulgões pode causar raquitismo na planta reduzindo o número de nós, inflorescências, folhas ou até mesmo a altura da planta (devido a quebra de partes mais afetadas), reduzindo consequentemente o número de pulgões.

A distribuição de frequência da qualidade da planta pode assim ser definida como $p(q,t)$ = frequência de plantas com qualidade q no tempo t . Isto pode ser formalmente escrito pela integral (eq 5.1)

$$\int_q^{q+\Delta q} p(q, t) dq, \quad (5.1)$$

que representa o número de plantas (ou equivalente em biomassa) cuja qualidade cai dentro do intervalo q e $q+\Delta q$. É perceptível que $p(q, t)$ da definição pode ser usado para descrever a vegetação se os componentes são plantas completas, folhas, ramos, flores, etc.

Partindo de observações empíricas no tocante à qualidade da planta hospedeira e diferentes intensidades de herbivoria é possível reconstruir funções f_1 , f_2 e f_3 que expressem os efeitos mútuos das duas espécies praga e do inimigo natural nos cultivos de erva-doce e algodão solteiros e consorciados. Dada a existência de um índice de qualidade de vegetação q ($Q_{\text{algodão}}$ e $Q_{\text{erva-doce}}$), uma dada densidade A_{ap} , A_{al} , H_{ap} , H_{al} para os insetos praga e uma dada densidade C para o predador, pode-se assumir que a variação de q e A_{ap} , A_{al} , H_{ap} , H_{al} , C é descrita pelas equações 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7 e 5.8 apresentadas a seguir. Estas equações descrevem a dinâmica herbívoro *versus* planta e predador *versus* presa, dada nesse estudo por pulgões e seu inimigo natural *C. sanguinea*. São equações de diferença que analisam a dinâmica em tempo discreto, onde A , H e C descrevem as populações de *A. gossypii*, *H. foeniculi* e *C. sanguinea* ao longo de gerações.

$$A_{t+1} = f_1(Q_a, A_{ap}, A_{al}) = K_1 A_t (1 - K_2 A_t Q_a) - \frac{a A_t C_t}{(1 + a T A_t)} \quad (5.2)$$

$$C_{t+1} = f_2(A_{ap}, A_{al}, C) = g \frac{a A_t C_t}{(1 + a T A_t)} - m C_t \quad (5.3)$$

$$H_{t+1} = f_1(Q_s, H_{ap}, H_{al}) = K_1 H_t (1 - K_2 H_t Q_s) - \frac{a H_t C_t}{(1 + a T H_t)} \quad (5.4)$$

$$C_{t+1} = f_2(H_{ap}, H_{al}, C) = g \frac{a A_t C_t}{(1 + a T A_t)} - m C_t \quad (5.5)$$

$$A_{t+1} = f_1(Q_a, A_{ap}, A_{al}) = K_1 A_t (1 - K_2 A_t Q_a) - \frac{a A_t C_t}{(1 + a T A_t)} \quad (5.6)$$

$$H_{t+1} = f_1(Q_s, H_{ap}, H_{al}) = K_1 H_t (1 - K_2 H_t Q_s) - \frac{a H_t C_t}{(1 + a T H_t)} \quad (5.7)$$

$$C_{t+1} = f_3(A_{ap}, A_{al}, H_{ap}, H_{al}, C) = g C_t \left(\frac{a_1 A_t C_t}{(1 + a_1 T A_t)} + \frac{a_2 H_t C_t}{(1 + a_2 T H_t)} \right) - m C_t \quad (5.8)$$

As equações anteriores são os princípios básicos para o desenvolvimento de um modelo de interação pulgão *versus* erva-doce, pulgão *versus* algodão, inimigo natural *versus* pulgão da erva-doce, ou inimigo natural *versus* pulgão do algodão, levando em consideração os pressupostos mencionados. Os demais parâmetros componentes destas equações estão apresentados na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Descrição dos parâmetros que compõem os modelos matemáticos para as equações 5.2 a 5.8

Parâmetro	Descrição
K_1	Taxa de crescimento da praga
K_2	Taxa de chegada dos insetos na planta
A	<i>A. gossypii</i> (áptero e alado) presentes na planta de algodão
H	<i>H. foeniculi</i> (áptero e alado) presentes na planta de erva-doce
C	<i>C. sanguinea</i> presente em planta de erva-doce e em planta de algodão
Q_a	Qualidade da planta de algodão
Q_e	Qualidade da planta de erva-doce
$\frac{aA_t C_t}{(1 + aTA_t)}$	Função de consumo de <i>A. gossypii</i> consumidos por <i>C. sanguinea</i> no mesmo intervalo de tempo
$\frac{aH_t C_t}{(1 + aTH_t)}$	Função de consumo de <i>H. foeniculi</i> consumidos por <i>C. sanguinea</i> no mesmo intervalo de tempo
$\frac{a_1 A_t C_t}{(1 + a_1 TA_t)} + \frac{a_2 H_t C_t}{(1 + a_2 TH_t)}$	Função de consumo de <i>A. gossypii</i> e <i>H. foeniculi</i> consumidos por <i>C. sanguinea</i> no mesmo intervalo de tempo
mC	Taxa de mortalidade de <i>C. sanguinea</i>

No formalismo de Edelstein-Keshet (1986) o passo inicial foi baseado no fato de que a vegetação tem natureza heterogênea, com componentes individuais exibindo diferentes qualidades. Nos estudos para comparar os comportamentos do predador diante de *A. gossypii* ou *H. foeniculi* e dos pulgões sobre a planta, atribuiu-se notas 0,3 (baixa qualidade), 0,5 (intermediária) e 0,6 (alta) para verificar a qualidade da planta de algodão (Q_a) ou erva-doce (Q_e) no sistema de cultivo solteiro ou consorciado. Contudo, para comparar o comportamento do predador diante de *A. gossypii* e *H. foeniculi* simultaneamente e independente da planta, atribuiu-se notas de 0,8 (menor ou igual: baixa Q_a e Q_e), 0,9 (intermediária Q_a e Q_e) e 1,0 (alta qualidade Q_a e Q_e) no consórcio. Também foi verificado o comportamento do predador diante de *A. gossypii* e *H. foeniculi* simultaneamente em plantas com qualidades distintas ($Q_{e(1,0)} > Q_{a(0,9)}$; $Q_{e(1,0)} = Q_{a(1,0)}$ e $Q_{e(0,9)} < Q_{a(1,0)}$) no consórcio.

A taxa de crescimento do pulgão (K_1) e o número de *C. sanguinea* foram obtidas a partir de dados experimentais provenientes de plantas de erva-doce e algodão nos sistemas de cultivo solteiro e consorciado. Os parâmetros K_2 , g e m foram estimados. Os demais

parâmetros foram baseados em dados da literatura. Os parâmetros K_1 , K_2 , Q_a , e Q_e (Tabela 5.1) foram analisados com base na teoria de bifurcação de May e Oster (1976), Bascompte e Solé (1994) e Zhang et al. (2005). Esta teoria permite a construção de diagramas que dão a descrição de um espaço paramétrico, mostrando em um único gráfico, todos os comportamentos possíveis do sistema para todas as respostas estimadas no parâmetro em que se deseja avaliar.

5.2.2 Resultados e discussão

5.2.2.1 Relação do parâmetro K_1 e Q_a para o comportamento de *C. sanguinea* e *A. gossypii* em algodão solteiro e consorciado com erva-doce

Considerando apenas populações dentro de cada cultivo, verificou-se que com taxa de crescimento de 1,64 e 0,86, o comportamento de *A. gossypii* e de seu predador *C. sanguinea* mudou conforme variação na qualidade da planta de algodão solteiro e algodão consorciado com erva-doce, respectivamente. Verificam-se em todos os diagramas de bifurcação da Figura 5.1 diferentes comportamentos dinâmicos com o aumento de K_1 . Para valores de K_1 entre 0 à 1,4 o comportamento observado foi equilíbrio estável de um único ponto (Figura 5.1). Valores maiores que 1,4 indicam comportamento caótico, caracterizado por oscilações imprevisíveis, uma vez que não há como mensurar modificações no estado inicial do caos no sistema (HICKEL et al., 2007). Em sistemas caóticos, subpopulações divergem rapidamente umas das outras no tocante à densidade. Esse cenário tem valor prático para o manejo integrado de pragas já que o conhecimento sobre padrões ecológicos desta natureza pode ser útil para situações de risco em que as subpopulações de organismos benéficos estão simultaneamente baixas e vulneráveis (LOGAN; ALLEN, 1992).

Figura 5.1 – Diagrama de bifurcação para o parâmetro K_1 (taxa de crescimento da presa) com resposta do predador em algodão solteiro e consorciado com erva-doce exibindo diferentes qualidades. $K_2 = 0,008$; a_1 e $a_2 = 0,058$; $T = 0,038$; $g = 0,5$; $m = 0,2$ (ISIKBER, 2005)

A qualidade da planta é uma variável complexa que depende diretamente de algumas características físicas, químicas ou biológicas das plantas capazes de influenciar a preferência ou desempenho de herbívoro (ZEHNDER, 2006). No presente trabalho, nota-se que com qualidade intermediária ($Q_a = 0,5$) o espaço paramétrico expressando o caos é maior que nas simulações com outros valores de Q_a . Esse resultado sugere que a diferença entre cultivo solteiro e consorciado somente pode ser observada com $Q_a = 0,6$ (Figura 5.1). Este tipo de comportamento sugere uma dinâmica instável na qual o predador tem a possibilidade de consumir muitas presas, ou simplesmente consumir o suficiente para geração de prole. Da mesma forma, com qualidade da planta $Q_a = 0,5$ *A. gossypii* tem a probabilidade de consumir muitas plantas ou simplesmente consumir o suficiente para se reproduzir. Contudo, a sobrevivência tanto do predador quanto da presa é altamente imprevisível pela natureza caótica do sistema gerada pela combinação dos valores dos parâmetros (HICKEL et al., 2007). Constatam-se ainda no cenário, plantas de algodão solteiro com qualidade $Q_a = 0,6$ tendendo a diminuir o espectro e a amplitude da região caótica tanto do sistema predador

versus presa quanto do herbívoro *versus* planta, condição esta mais desejável para programas de manejo (Figura 5.1).

5.2.2.2 Relação dos parâmetros K_I e Q_e para o comportamento de *C. sanguinea* e *H. foeniculi* na erva-doce solteira e consorciado com algodão de fibra colorida

Considerando apenas populações dentro de cada cultivo, observou-se que com taxa de crescimento de 1,37 e 0,55 (Figura 5.2), o comportamento de *H. foeniculi* e de seu predador (*C. sanguinea*) muda conforme a qualidade da planta aumenta no sistema de cultivo de erva-doce solteiro e erva-doce consorciada com algodão de fibra naturalmente colorida, respectivamente.

Figura 5.2 – Diagrama de bifurcação para o parâmetro K_I (taxa de crescimento da presa) com resposta do predador em erva-doce solteiro e consorciado com algodão exibindo diferentes qualidades. $K_2 = 0,008$; a_1 e $a_2 = 0,058$; $T = 0,038$; $g = 0,5$; $m = 0,2$ (ISIKBER, 2005)

Sabe-se que em muitos estudos teóricos o caos ecológico pode ter impactos significativos na dinâmica da população e da comunidade (SOLÉ et al., 1993; DENNIS et al., 2001; MOROZOV et al., 2004). Todos os diagramas de bifurcação da Figura 5.2 mostram que a variação de K_I reflete comportamento caótico e aumento no espectro do caos à medida que aumenta a qualidade da planta. Dependendo da resposta da qualidade da planta e do herbívoro, é possível obter equilíbrio estável, bem como oscilações periódicas estáveis (EDELSTEIN-KESHET, 1986). Assim, para valores de K_I entre 0 e 1,4 ocorre estabilidade em um único ponto como já observado na Figura 5.1. Plantas com altas taxas de qualidade ($Q_e = 0,6$) apresentaram maior espectro de caos do que plantas com menores taxas de qualidade ($Q_e = 0,3$ e $Q_e = 0,5$) (Figura 5.2). Este tipo de comportamento se distinguiu do verificado no sistema anterior ($Q_a = 0,6$), onde o cenário foi composto por *A. gossypii* e *C. sanguinea* ocorrendo em algodão (solteiro ou consorciado). Isto indica que no cenário *H. foeniculi* e *C. sanguinea* ocorrendo em erva-doce (solteiro ou consorciado), talvez seja necessária maior qualidade para erva-doce solteira ou consorciada com algodão de fibra naturalmente colorida, para que se distinga a diminuição no espectro e amplitude da região caótica.

5.2.2.3 Relação dos parâmetros K_I , Q_a , e Q_e para o comportamento de *C. sanguinea*, *A. gossypii* e *H. foeniculi* no consórcio independente da planta (erva-doce ou algodão)

Considerando a movimentação das populações do predador em função das pragas (*A. gossypii*, *H. foeniculi*) dentro de fileiras de algodão e erva-doce no sistema de cultivo consorciado, verificou-se que com as taxas de crescimento 0,55 e 0,85 respectivamente, ocorreu variação no comportamento das espécies de insetos. Este resultado pode estar relacionado à diversificação de espécie de planta, pois a base de tolerância para herbívoros varia muito entre espécies de plantas cultivadas (TRUMBLE et al., 1993).

Os diagramas de bifurcação da Figura 5.3 mostram variações em K_I em diferentes qualidades da planta. Plantas de algodão e erva doce com baixa qualidade (Q_e e $Q_a \leq 0,8$) resultam em equilíbrio estável de um único ponto no comportamento de *A. gossypii*, *H. foeniculi* e *C. sanguinea*. Em plantas com qualidades intermediárias (Q_a e $Q_e = 0,9$) e altas (Q_a e $Q_e = 1,0$), o comportamento dos pulgões e do inimigo natural permaneceu em equilíbrio estável com K_I entre 0 e 1,4 e caótico com K_I acima de 1,4 (Figura 5.3). Isto indica que com alta qualidade da planta, o inimigo natural tem a probabilidade de consumir tanto *A. gossypii* quanto *H. foeniculi*. Porém, nesta condição, também há chances de ocorrer alta mortalidade

dos insetos praga na ausência do predador (Figura 5.3), devido a outros fatores ambientais não especificados no trabalho, tais como precipitação, vento, pluviosidade, etc.

Na literatura, existem várias outras explicações para fenômenos que ocorrem em populações com comportamento caótico. Segundo Cavaleri e Koçak (1995) em determinadas condições uma população que encontra ciclos periódicos regulares pode se tornar caótica na ausência de mudanças de fatores ambientais. Por outro lado, as flutuações populacionais também podem ser influenciadas por perturbações ambientais aleatórias (KAITALA et al., 1998). Outros fatores como migrações de insetos estão relacionados ao mecanismo de geração de caos (ROHANI; MIRAMONTES, 1995). Fluxos migratórios de organismos podem condicionar oscilações, pois, acarretam a chegada ou a partida de grande número de indivíduos em determinada região, alterando a dinâmica das populações (HICKEL et al., 2007).

Em todos os diagramas de bifurcação da Figura 5.4, percebe-se variação em K_I . Com K_I entre 0 a 1,4 ocorre equilíbrio estável em um único ponto para populações de *A. gossypii*, *H. foeniculi* e *C. sanguinea*. Com valores de K_I acima de 1,4, o comportamento dos insetos torna-se caótico. Este comportamento pode estar relacionado a uma série de fatores abordados na literatura. Bascompte e Solé (1994) sugeriram que o comportamento dinâmico mostrado por populações estão relacionados a fatores intrínsecos, extrínsecos ou a outros fatores ambientais que acarretam variações nestas populações. Pequenas variações nos parâmetros decorrentes do tempo também pode gerar ciclo estável ou se tornar incontrollável ou imprevisível (CAVALIERI; KOÇAK, 1994).

Figura 5.3 – Diagrama de bifurcação para o parâmetro K_1 (taxa de crescimento da presa) com resposta do predador no consórcio. Qualidade da planta igual para erva-doce e algodão. $K_2 = 0,008$; a_1 e $a_2 = 0,058$; $T = 0,038$; $g = 0,5$; $m = 0,2$ (ISIKBER, 2005)

Nota-se que plantas de erva-doce com qualidade maior, menor ou igual à qualidade do algodão com fibra naturalmente colorida não geram mudanças no comportamento dos insetos em relação a espectro de caos. Entretanto, plantas com mesma qualidade (Q_a e $Q_e = 1,0$) tenderam a apresentar diferentes amplitudes em relação às plantas com qualidades distintas (Figura 5.4). Este resultado sugere que plantas de algodão ou erva-doce com alta qualidade podem influenciar a amplitude do comportamento dos pulgões, *A. gossypii*, *H. foeniculi* e consequentemente do inimigo natural (*C. sanguinea*) no consórcio. Andrievskii e Fradkov (2003) comentaram que com crescimento na amplitude de vibração as oscilações periódicas tornam-se caóticas. Este fato pode estar relacionado com a compensação ou tolerância da planta aos insetos. De acordo com Trumble et al. (1993) a compensação da planta para danos de artrópodes, de forma geral, é considerada muito importante em sistemas agrícolas e naturais, por outro lado, a tolerância de plantas para herbívoros reflete o grau em que uma planta pode crescer e reproduzir depois dos danos causados pelo herbívoro (STRAUSS; AGRAWAL, 1999).

Nas Figuras 5.3 e 5.4, é possível observar diferenças no comportamento dos insetos dentro do sistema de cultivo de erva-doce e algodão consorciado. A Figura 5.3, exibe o comportamento dos insetos (*A. gossypii*, *H. foeniculi* e *C. sanguinea*) nas plantas com mesma qualidade, enquanto que a Figura 5.4 exibe o comportamento dos insetos em plantas com diferentes qualidades. Baixas qualidades nas plantas (Q_a e $Q_e = 0,8$) no consórcio não resultaram em comportamento caótico de *A. gossypii*, *H. foeniculi* e *C. sanguinea* (Figura 5.3). Contudo, plantas com Q_a e $Q_e = 0,9$, Q_a e $Q_e = 1,0$, $Q_{e(1,0)} > Q_{a(0,9)}$, $Q_{e(1,0)} = Q_{a(1,0)}$ e $Q_{e(0,9)} < Q_{a(1,0)}$ induzem comportamento estável com valores de K_I inferiores a 1,4 e caótico, com K_I superior a 1,4 (Figuras 5.3 e 5.4). Este comportamento em populações naturais pode ser explicado pela teoria de Turchin e Taylor (1992) que comentaram que o espectro do comportamento dinâmico varia da estabilidade para o caos. Além disso, estes cenários contribuem para percepção da importância da qualidade da planta dentro do sistema de cultivo adotado, possibilitando assim a elaboração de teorias onde as pragas dependem da qualidade da planta e os inimigos naturais têm reflexos dela.

Figura 5.4 – Diagrama de bifurcação para o parâmetro K_1 (taxa de crescimento da presa) com resposta do predador no consórcio. Qualidade da planta distinta para erva-doce e algodão. $K_2 = 0,008$; a_1 e $a_2 = 0,058$; $T = 0,038$; $g = 0,5$; $m = 0,2$ (ISIKBER, 2005)

5.3 Considerações finais

A qualidade da planta, tanto no sistema de cultivo de algodão ou erva-doce solteiro quanto em algodão ou erva-doce no sistema de cultivo consorciado, pode mudar o comportamento populacional dos insetos com K_I superior a 1,4. Plantas com Q_a e Q_e iguais ou distintos dentro do consórcio, induzem ao comportamento caótico dos insetos. Todavia, a amplitude do caos dentro do consórcio é maior quando Q_a e Q_e são distintos. Os modelos propostos são premissas para elaboração de modelos matemáticos avançados que levem em consideração diversas interações e dinâmicas de insetos em tempo discreto e contínuo.

Referências

- ALTIERE, M. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004. 117 p.
- ANDOW, D.A. Vegetational diversity and arthropod population response. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 36, p. 561-86, 1991.
- ANDRIEVSKII, B.R.; FRADKOV, A.L. Control of chaos: methods and applications. **Automation and Remote Control**, New York, v. 65, n. 4, p. 505–533, 2004.
- BANKS, J.E. The scale of landscape fragmentation affects herbivore response to vegetation heterogeneity. **Oecologia**, Berlin, New York, v. 117, p. 239-246, 1998.
- BANKS, J.E.; EKBOM, B. Modelling herbivore movement and colonization: pest management potential of intercropping and trap cropping. **Agricultural and Forest Entomology**, Oxford, v. 1, p. 165-170, 1999.
- BARRIGOSSO, J.A.F. **Development of an IPM System for the Mexican bean beetle (*Epilachna varivestis* Mulsant) as a pest of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1997. 15 p. Thesis (Doctor of Philosophy in Entomology) - The Graduate College of the University of Nebraska, University of Nebraska, Nebraska, 1997.
- BASCOMPTE, J.; SOLÉ, R.V. Spatially induced bifurcations in single-species population dynamics. **Journal of Animal Ecology**, Oxford, v. 63, p. 256-264.
- CAVALIERI, L.F.; KOÇAK, H. Chaos in biological systems. **Journal of Theoretical Biology**, London, v. 169, p. 179–187, 1994.
- _____. Intermittent transition between order and chaos in an insect pest population. **Journal of Theoretical Biology**, London, v. 175, p. 231–234, 1995.
- CIVIDANES, F.J.; SANTOS, D.M.M. Flutuação populacional e distribuição vertical de *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae) em couve. **Bragantia**, Campinas, v. 62, p. 61-67, 2003.

COSTA, M.I.S.; GODOY, W.A.C. **Fundamentos da ecologia teórica**. São Paulo: Manole, 2010. 67 p.

DENNIS, B.; DESHARNAIS, R.A.; CUSHING, J.M.; HENSON, S.M.; COSTANTINO, R.F. Estimating chaos and complex dynamics in an insect population. **Ecological Monographs**, Lawrence, v. 71, n. 2, p. 277–303, 2001.

EDELSTEIN-KESHET, L. Mathematical theory for plant-herbivore systems. **Journal of Mathematical Biology**, New York, v. 24, p. 25-58, 1986.

ELLNER, S.; TURCHIN, P. Chaos in a noisy world: new methods and evidence from time-series analysis. **American Naturalist**, Chicago, v. 145, n. 3, p. 343–375, 1995.

GONZAGA, J.V.; RAMALHO, F.S.; SANTOS, J. Distribuição de *Aphis gossypii* no algodoeiro nos sistemas de plantio solteiro e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, p. 1839-1844, 1991.

HICKEL, E.R.; HICKEL, G.R.; VILELA, E.F. Por que as populações flutuam erráticamente? Tantos e tão poucos... e suas implicações no manejo integrado de pragas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 6, n. 2, p. 149–161, 2007.

ISIKBER, A.A. Functional response of two coccinellid predators, *Scymnus levaillanti* and *Cycloneda sanguinea*, to the cotton aphid, *Aphis gossypii*. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, Ankara, v. 29, p. 347-355, 2005.

KAITALA, V.; RANTA, E.; LINDSTRÖM, J. External perturbations and cyclic dynamics in stable populations. **Annales Zoologici Fennici**, Helsinki, v. 33, n. August, p. 275–282, 1996.

LANDIS, D.A.; WRATTEN, S.D.; GURR, G.M. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 45, p. 175-201, 2000.

LIMA, E.A.B.F.; FERREIRA, C.P.; GODOY, W.A.C. Ecological modeling and pest population management: a possible and necessary connection in a changing world. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 38, p. 699-707, 2009.

LOGAN, J.A.; ALLEN, J.C. Nonlinear dynamics and chaos in insect populations. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 37, p. 455–477, 1992.

MARUYAMA, W.I.; BARBOSA, J.C.; TOSCANO, L.C. Distribuição espacial de *Oncometopia facialis* (Signoret) (Hemiptera: Cicadellidae) em pomar cítrico. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 35, n. 1, p. 93-100, 2006.

MAY, R.M.; OSTER, G.F. Bifurcations and dynamic complexity in simple ecological models. **The American Naturalist**, Chicago, v. 110, n. 974, p. 573-599, 1976.

MELLO, M.O.; SILVA-FILHO, M.C. Plant-insect interactions: an evolutionary arms race between two distinct defense mechanisms. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Piracicaba, v. 14, n. 2, p. 71-81, 2002.

MOROZOV, A.; PETROVSKII, S.; LI, B.L. Bifurcations and chaos in a predator-prey system with the Allee effect. **Proceedings of the Royal Society of London**, London, v. 271, n. 1546, p. 1407–1414, 2004.

MURRAY, J.D. **Mathematical biology**: an introduction. 3rd ed. Berlin: Springer, 1993. 767 p.

OKUBO, A.; LEVIN, S. **Diffusion and ecological problems**. 2nd ed. New York: Springer, 2001. 106 p.

PEIXOTO, M.S.; BARROS, L.C.; BASSANEZI, R.C. Um modelo fuzzy presa-predador em citros: pulgões e joaninhas. **Biomatemática**, Campinas, v. 14, p. 29-38, 2004.

ROHANI, P.; MIRAMONTES, O. Immigration and the persistence of chaos in population models. **Journal of Theoretical Biology**, London, v. 175, p. 203–206, 1995.

SOLÉ, R.V.; MIRAMONTES, O.; GOODWIN, B.C. Emergent behavior in insect societies: global oscillations, chaos and computation. **Interdisciplinary Approaches to Nonlinear Complex System**, Germany, v. 62, p. 77–88, 1993.

STRAUSS, S.; AGRAWAL, A. The ecology and evolution of plant tolerance to herbivory. **Trends in Ecology & Evolution**, Amsterdam, v. 14, n. 5, p. 179–185, 1999.

TRUMBLE, J.T.; TING, I.P. Plant compensation for arthropod herbivory. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 38, p. 93–119, 1993.

TURCHIN, P.; TAYLOR, A.D. Complex dynamics in ecological times series. **Ecology**, New York, v. 73, n. 1, p. 289–305, 1992.

XIE, H.; CHEN, J.L.; CHENG, D.F.; ZHOU, H.B.; ZHOU, J.R.; ZHOU, Y.; FRANCIS, F. Impact of wheat — mung bean intercropping on English grain aphid (Hemiptera: Aphididae) populations and its natural enemy. **Journal of Economic Entomological**, Lanhan, v. 105, n. 3, p. 854-859, 2012.

ZEHNDER, C.B. **Influences of plant quality and maternal environment on the performance and population dynamics of a phloem-feeding insect herbivore**. 2006. Dissertation (Entomology Master) - University of Georgia, Athens, 2006. Disponível em: <http://athenaeum.libs.uga.edu/xmlui/bitstream/handle/10724/9467/zehnder_caralyn_200612_phd.pdf?sequence=1>. Acesso em: 02 nov. 2013.

ZHANG, Y.; XIU, Z.; CHEN, L. Dynamic complexity of a two-prey one-predator system with impulsive effect. **Chaos, Solitons and Fractals**, Oxford, v. 26, p. 131-139, 2005.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Parte do artigo publicado na Revista Florida Entomologist

92

Florida Entomologist 96(1)

March 2013

WITHIN PLANT DISTRIBUTION AND DYNAMICS OF
HYADAPHIS FOENICULI (HEMIPTERA: APHIDIDAE) IN FIELD FENNEL
 INTERCROPPED WITH NATURALLY COLORED COTTON

F. S. FERNANDES¹, F. S. RAMALHO^{1,*}, W. A. C. GODOY², J. K. S. PACHU¹, R. B. NASCIMENTO¹, J. B. MALAQUIAS¹
 AND J. C. ZANUNCIO³

¹Embrapa Algodão, Biological Control Unit, Av. Osvaldo Cruz, 1143, 58107-720 Campina Grande, Paraíba, Brazil

²Lab. Ecologia de Insetos e Entomologia Florestal, Depto. Entomologia e Acarologia - ESALQ - USP,
 Av. Pádua Dias, 11, 13418-900, Piracicaba, São Paulo, Brazil

³Departamento de Biologia Animal/UFV-Viçosa, Minas Gerais, Brazil

*Corresponding author; E-mail: ramalhohvv@globo.com

ABSTRACT

Intercropping fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) with naturally colored cotton (*Gossypium hirsutum* L.) may provide a beneficial socioeconomic, ecological and environmental alternative for recuperating agribusiness in fennel and cotton cultivations in northeast Brazil because these crops do not compete for nutrients. The objectives of this study were to investigate the vertical and horizontal distribution of *Hyadaphis foeniculi* (Pass.) within fennel plants and its population dynamics in fennel crops and fennel intercropped with naturally colored cotton as a function of plant age during 2 fennel seasons by examining plants throughout the entire growing seasons. The vertical and horizontal distributions and the dynamics of the fennel aphids on the monocultured fennel and fennel intercropped with cotton were determined at intervals of 7 days, sampling 5 whole plants per plot from 55 days after transplanting the fennel seedlings until the first harvest (195 days after transplanting). The vertical distribution of apterous or alate aphids on the fennel plants evidenced no significant interactions within the cropping system, plant age, or vertical region of the plant, or between the cropping system and the vertical region of the plant. However for the number of fennel aphids per plant, there was an interaction between cropping system and plant age (apterous aphids) and between plant age and vertical region of the plant (apterous or alate aphids). In the fennel system, the apterous aphid population peaked at 153 and 188 days after transplanting, whereas the alate aphid population peaked at 139 and 174 days after transplanting. In the intercropped fennel/cotton system, the apterous aphid population peaked at 188 days after transplanting, and the alate aphid population peaked at 195 days after transplanting. The numbers of apterous aphids found per fennel plant in the monocultured fennel for the entire study were significantly higher than the numbers found in the fennel-cotton intercropped system.

The results of our study are extremely important for understanding the vertical and horizontal distribution of *H. foeniculi* on fennel plants in both monoculture and the fennel-cotton intercropping system and may be useful in decision-making in relation to implementing controls and determining the timing of population peaks of this important fennel pest.

Key Words: Fennel, *Hyadaphis foeniculi*, cotton with colored fibers, intercropping system, dynamics, behavior

RESUMO

O consórcio de erva-doce (*Foeniculum vulgare* Mill.) com algodão com fibras naturalmente coloridas, poderá ser uma alternativa sócio-econômica, ecológica e ambiental para recuperar o agronegócio dos cultivos da erva-doce e do algodão no nordeste do Brasil, já que essas culturas não competem entre si por nutrientes. Os objetivos da pesquisa foram estudar as distribuições vertical e horizontal de *Hyadaphis foeniculi* (Pass.) nas plantas de erva-doce e suas dinâmicas populacionais na cultura da erva-doce solteira e consorciada com algodão com fibras coloridas em função da idade, durante dois anos, examinando as plantas durante o ciclo da cultura. As distribuições vertical e horizontal e as dinâmicas de pulgões da erva-doce nas culturas de erva-doce e erva-doce consorciada com algodão foram determinadas em intervalos de sete dias, amostrando totalmente cinco plantas por parcela, a partir de 55 dias após o transplântio das plantinhas de erva-doce até a primeira colheita (195 dias após o transplântio). A distribuição vertical de pulgões ápteros ou alados dentro das plantas de erva-doce não evidenciaram interações significativas entre sistema de cultivo, idade da

APÊNDICE B – Parte do artigo publicado nos Annals of the Entomological Society of America

ARTHROPOD BIOLOGY

Within-Plant Distribution of Cotton Aphid (Hemiptera: Aphididae), in Cotton With Colored Fibers and Cotton-Fennel Intercropping System

F. S. FERNANDES,¹ F. S. RAMALHO,^{1,2} A.R.B. NASCIMENTO,¹ J. B. MALAQUIAS,¹
C.A.D. DA SILVA¹, AND J. C. ZANUNCIO³

Ann. Entomol. Soc. Am. 105(4): 599–607 (2012); DOI: <http://dx.doi.org/10.1603/AN12018>

ABSTRACT It is known that intercropping systems maintain biodiversity and control pest populations. The aim of this study was to describe the vertical and horizontal distribution of the cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover, within the cotton plant (*Gossypium hirsutum* L.) in cotton with colored fibers and cotton-fennel (*Foeniculum vulgare* Miller) intercropping system over time, during two cotton seasons. Measurements of the aphid population's dynamics and distribution in the cotton plants were recorded at intervals of 7 d, from plant emergence until the appearance of the first open bolls. The number of aphids and their specific locations on the plant were recorded in relation to reference points (nodes on the plant's main stem as well as on leaves and fruit structures). The number of cotton aphids found on the cotton crop (11,444 cotton aphids) was significantly higher than the number found on the cotton-fennel intercrop (8,106). Considering the vertical distribution of cotton aphids on the plants, no significant interactions were observed among the crop system, plant age and plant region, between the crop system and plant age, or between the crop system and plant region. In the cotton system, aphid populations peaked between 74 and 95 d, whereas in the cotton-fennel intercropping system, aphid populations peaked between 74 and 102 d. The results obtained in this study could be useful in decision-making, implementing controls and determining the timing of population peaks of this aphid.

KEY WORDS *Gossypium hirsutum* L., cotton aphid, *Foeniculum vulgare* Miller, intercropping system, predator

Intercropping systems represent a return to a more natural environment; they exhibit a higher biological diversity and, therefore, greater stability (Sarker et al. 2007). In addition, these systems bring both dietary benefits as well as economic returns to the farmer, reducing the risk of total crop failure because of water stress, pest damage or losses incurred as a result of fluctuating market prices (Araújo et al. 2008). According to Zhang et al. (2007), intercropping cotton (*Gossypium hirsutum* L.) also increases the farmer's net income. We believe that intercropping naturally colored cotton with fennel (*Foeniculum vulgare* Miller) can provide an alternative socio-economic, ecological, and environmental strategy, as these crops do not compete with each other for nutrients and create jobs as well as income for small farmers in Paraíba, Brazil.

Intercropping has been studied to assess its effects on the incidence of various insect species: intercropping cotton × corn (*Zea mays* L.) × sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) × beans (*Vigna unguiculata* (L.) or sesame (*Sesamum indicum* L.) (Gonzaga et al. 1991); cotton × alfalfa (*Medicago sativa* L.) (Lin

et al. 2003); cotton × corn (*Zea mays* L.) (Fabião and Sousa 2007); cotton × wheat (*Triticum aestivum* L.) (Zhang et al. 2007); and cotton × wheat × alfalfa × sorghum (Phoofolo et al. 2010). The distribution of arthropods in a cotton monoculture has also been studied (Wilson et al. 1984, Fernandes et al. 2003). According to Gonzaga et al. (1991), intercropping significantly alters the arthropod habitat, favoring the development and behavior of its natural enemies. The spatial distribution of insects is one of their most characteristic ecological features (Taylor 1984). Thus, elucidation of the population dynamics and vertical distribution of insect pests and their natural enemies on host plants is fundamental to the development of Integrated Pest Management programs (Cividanes and Santos 2003).

Among the various factors that limit cotton farming for all of the production systems used in Brazil, insect pests, such as aphids, thrips, bugs, caterpillars, stinkbugs, and spider mites (Ramalho 1994, Oliveira et al. 2008), are fundamentally important. The cotton aphid *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae), is a plant-sucking, cosmopolitan (Kersting et al. 1999, Satar et al. 1999) and polyphagous (Almeida 2001, Oliveira et al. 2008) species that can attack cotton soon after the plant emerges (Fernandes et al. 2001, Ma et al. 2006).

¹ Biological Control Unit/Embrapa Algodão, Av. Osvaldo Cruz, 1143 Campina Grande, Paraíba, 58107-720, Brazil.

² Corresponding author, e-mail: ramalhohv@globo.com.

³ Departamento de Biologia Animal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 36570-000, Brazil.