



ERNESTO DE OLIVEIRA CANEDO JÚNIOR

**A INTERAÇÃO FORMIGA-AFÍDEO E SUAS
IMPLICAÇÕES SOBRE UM PREDADOR
GENERALISTA**

LAVRAS - MG

2014

ERNESTO DE OLIVEIRA CANEDO JÚNIOR

**A INTERAÇÃO FORMIGA-AFÍDEO E SUAS IMPLICAÇÕES SOBRE
UM PREDADOR GENERALISTA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós - Graduação em Ecologia Aplicada, área de concentração Ecologia e Conservação de Recursos Naturais em Ecossistemas Fragmentados e Agrossistemas, para obtenção do título de Mestre.

Orientadora

Dra. Carla Rodrigues Ribas

Coorientadora

Dra. Bígida de Souza

LAVRAS – MG

2014

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

Canedo Júnior, Ernesto Oliveira.

A interação formiga-afídeos e suas implicações sobre um
predador generalista / Ernesto Oliveira Canedo Júnior. – Lavras :
UFLA, 2014.

66 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2014.

Orientador: Carla Rodrigues Ribas.

Bibliografia.

1. *Phaseolus vulgaris*. 2. Dinâmica populacional. 3. Mesocosmo.
4. Mirmecofilia. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 574.5

ERNESTO DE OLIVEIRA CANEDO JÚNIOR

**A INTERAÇÃO FORMIGA-AFÍDEO E SUAS IMPLICAÇÕES SOBRE
UM PREDADOR GENERALISTA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós - Graduação em Ecologia Aplicada, área de concentração Ecologia e Conservação de Recursos Naturais em Ecossistemas Fragmentados e Agrossistemas, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 25 de fevereiro de 2014.

| | |
|-----------------------------------|------|
| Dr. Lucas Del Bianco Faria | UFLA |
| Dr. Luís Cláudio Paterno Silveira | UFLA |
| Dra. Brígida de Souza | UFLA |

Dra. Carla Rodrigues Ribas
Orientadora

LAVRAS – MG

2014

À Minha Tia Margarida Canedo Garcia,
à minha mãe Maria Natalina Muniz Canedo
e ao meu pai Ernesto de Oliveira Canedo.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer à Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada pelo empenho conosco, alunos, nestes dois anos de mestrado. Ao Centro Universitário da Fundação de Ensino Octávio Bastos, que durante a graduação me deu subsídios para ingressar em um curso de pós-graduação.

Ao Departamento de Entomologia da Universidade Federal de Lavras pelo apoio logístico em todas as etapas deste trabalho. E à Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos, sem a qual eu não conseguiria concluir meu mestrado.

Meus eternos agradecimentos a minha orientadora, chefe, professora, psicóloga, conciliadora, companheira e acima de tudo amiga, professora Carla Rodrigues Ribas. Obrigado por ter acreditado no meu potencial desde o primeiro e-mail que trocamos, mesmo sabendo que eu não tinha experiência nenhuma na área de pesquisa e menos ainda em relação às formigas. Obrigado por ter aceitado trabalhar com um projeto que não é exatamente em sua área e por ter viajado nesse sonho junto comigo. Obrigado por ter barrado minhas ideias quando elas chegavam ao número cem e por ter tentando entender quando eu falava na velocidade da luz te deixando desnorteada. Obrigado pela pessoa maravilhosa que você é para todos que te rodeiam.

Agradeço de coração minha coorientadora professora Brígida de Souza, por ter aceitado de imediato participar do meu projeto e ter se empolgado tanto quanto eu, por ter fornecido subsídios teóricos sobre os crisopídeos e sobre os afídeos, os quais eu não sabia quase nada e agora sei um pouquinho. E principalmente pelas risadas gostosas ao ver minha loucura e desespero.

Aos Professores Martín Pareja e Lucas Kaminsk, por terem contribuído com meu trabalho em minha qualificação. Aos professores Luís Cláudio Paterno

Silveira e Lucas Del Bianco Faria, por terem aceitado compor a banca da minha defesa, contribuindo com seus saberes para a melhoria do meu trabalho.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Ecologia pelos conhecimentos que compartilharam conosco durante esses dois anos. E em especial ao professor Lucas Del Bianco Faria por ter me proporcionado participar do programa de Docência Voluntária em sua disciplina, o que me trouxe grande aprendizado na arte de lecionar e me deu mais certeza que é isso que quero fazer pelo resto da minha vida.

Às pessoas que já fizeram parte do Laboratório de Ecologia de Formigas, mas deixaram muitas saudades: Fefo, Tamara, Fernanda. Aos estagiários que participaram de parte do projeto: Esther, Mariana, Juan, Gabriel e as BicJr Denise e Yasmin. Aos amigos do Laboratório de Ecologia de Formigas, por me aguentarem e por compartilharem momentos de grande aprendizado e alegria em minha vida. À Elis por ser louca e me fazer dar muita risada, além de me ajudar furtar sorrateiramente coffee break, quando não participávamos das defesas. À Danielle por me ajudar a ser um pouquinho mais metódico e organizado. Ao Antônio pelas ajudas com as estatísticas e pelas altas risadas. À Ananza por me infernizar o tempo todo e me fazer mais feliz todos os dias. Ao Verde e Chaim, por formarem comigo o trio das “super poderosas” e por me ensinarem muito sobre formigas. Ao Guilherme por ter participado do projeto desde o início e me apoiado em todos os momentos. À Grazi pelo apoio e as deliciosas gargalhas no campo. Às minhas filhas lindas, Luana e Rafaela, que estiveram firmes comigo desde o princípio do projeto e as quais eu tenho um amor imenso.

A minha turma de mestrado que tem muito “borogodó” e por ter compartilhado muitos momentos especiais comigo. Especialmente à “patota” Guilherme, Lilian e Polly por serem irmãos que Deus me deu e me apoiarem em todos os momentos.

Aos amigos da Ecologia que muito me fazem rir e me ensinam outro bocado, Wallace, Ronara, Vanesca, Vitor, Lisi e especialmente a Cristiane por ser essa amiga especial que acolhe minhas inseguranças e dores a qualquer momento, além de ser uma Siriema. Ao Nelson, Juliana e Eduarda, por terem adotado o Guilherme e eu como parte da família, pela amizade e ótimos churrascos. À Aline e João por terem me acolhido em Lavras e me ajudado na adaptação. À Lila e Maura por ser tornarem amigas leais que eu amo tanto.

À minha eterna turma Aline, Raisa, Graziela, Marina, Ed e Carol, que mesmo distante sempre torceram por mim. Aos meus amigos do coração que me apoiam em tudo Ana Paula, Luciano, Bruna, Maria Amélia, Fernanda, Marlene, Viviane, Padre Eduardo, Bruno e Gustavo.

À Escola Pingo de Gente por ter me ensinado durante dois anos e meio o que é ser um professor.

À minha família pelo amor incondicional e por sonharem comigo em todo o tempo, por me darem forças pra suportar e distância e a saudade. Meus pais, Ernesto e Maria Natalina, e meus irmãos Sandra, Paulo Henrique, Selma e Simone, meus sobrinhos e cunhados meu muito obrigado.

A Deus pela força e perseverança!

A todos meus agradecimentos!

*“Sonho que se sonha só
é só um sonho que se sonha só,
mas sonho que se sonha junto é realidade”*

John Lennon

RESUMO GERAL

As formigas (Hymenoptera: Formicidae) são insetos sociais que apresentam grande distribuição mundial, ocorrendo inclusive em ambientes antropizados como cidades e áreas de cultivo. As formigas podem ter interações com diversos organismos, entre eles Hemípteros, que são considerados pragas agrícolas, especialmente afídeos. A presença da interação formiga-afídeo em áreas de cultivo agrícola representa um grande desafio na elaboração de técnicas de manejo de pragas através do controle biológico. Foram realizados dois experimentos em mesocosmos em áreas de cultivo orgânico de feijão comum *Phaseolus vulgaris*. O objetivo deste trabalho foi avaliar o papel das formigas na estruturação populacional dos afídeos e a eficiência de sua proteção contra inimigos naturais (predadores) de afídeos. Os resultados encontrados mostram que o atendimento das formigas tem efeito positivo sobre a população de afídeos, bem como na produção de indivíduos alados. A presença das formigas não afetou a presença dos crisopídeos. A presença das formigas associadas aos afídeos se mostra potencialmente nociva ao desenvolvimento das plantas com ciclo de vida curto, uma vez que as formigas propiciam o crescimento das populações de afídeos durante todo o período de vida das plantas. Apesar de a presença das formigas não ter afetado a presença do biocontrolador, outros estudos são necessário para averiguar se este padrão se repete com outros biocontroladores e em outros cultivos. Conhecer a ecologia da interação formiga-afídeo permitirá o desenvolvimento de técnicas de controle biológico mais eficientes.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*. Dinâmica populacional. Mesocosmo. Mirmecofilia.

GENERAL ABSTRACT

The ants (Hymenoptera : Formicidae), are social insects that have large worldwide distribution, occurring even in anthropic environments such as cities and crop areas . Ants may have interactions with several organisms, including Hemiptera that are considered agricultural pests, especially aphids. The presence of ant-aphid interactions in crop areas is a major challenge for developing technical pest management through biological control. We conducted two experiments in mesocosms in areas of organic cultivation of common bean *Phaseolus vulgaris*. Our aim was to evaluate the role of ants in the population structure of aphids and efficiency of their protection against natural enemies (predators) of aphids. Our results shown that the attendance of ants has a positive effect on the aphid population, as well as in the production of alate individuals. The presence of ants did not affect the presence of lacewings. The presence of ants associated with aphids is shown potentially harmful to the development of short-lived plants, since ants provide the growth of the aphid populations throughout the lifetime of the plants. Despite the presence of ants was not affected the presence of biocontroller, further studies are needed to determine if this pattern is repeated with other biocontrollers and other crops. Know about ecology of ant - aphid interaction will enable the development of more efficient biological control techniques.

Key-words: *Phaseolus vulgaris*. Population dynamics. Mesocosm. Myrmecophily.

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-----------------|--|----|
| Figura 1 | Gaiola utilizada para a criação do mesocosmo nos dois experimentos. | 24 |
| Figura 2 | Gradil instalado nos vasos para evitar o prostramento das plantas e o acesso das formigas..... | 25 |
| Figura 3 | Aplicação do Formifuu® na borda do vaso e forro de Voil no fundo do mesmo..... | 25 |
| Figura 4 | <i>Aphis craccivora</i> nas formas áptera a) e forma alada b) | 26 |
| Figura 5 | Coleta ativa de formigas realizadas semanalmente..... | 27 |
| Figura 6 | Formigas atendendo afídeos. a) formigas do gênero <i>Camponotus</i> ; e b) formigas do gênero <i>Pheidole</i> | 31 |
| Figura 7 | Dinâmica populacional de afídeos ao longo do tempo, com e sem a presença de formigas. Círculos vazios e linha contínua – tratamento com presença de formigas; círculos preenchidos e linha pontilhada – tratamento com exclusão de formigas..... | 32 |
| Figura 8 | a) planta do tratamento de exclusão (sem formigas) com grande deposição de “honeydew” e exúvias e formação de “Fumagina”; b) planta do tratamento com formigas com pouca deposição de “honeydew” e exúvias e sem o aparecimento de “Fumagina”..... | 33 |
| Figura 9 | Comparação do número de afídeos alados nos tratamentos com presença de formigas e com exclusão de formigas..... | 34 |
| Figura 10 | Larva de <i>C. externa</i> predando afídeos nas folhas de feijoeiro..... | 35 |
| Figura 11 | Comparação do número de crisopídeos nos tratamentos com formigas e de exclusão (sem formigas)..... | 35 |
| Figura 12 | Comparação do número de crisopídeos entre as duas simulações de controle biológico (um e dois meses após a infestação) com crisopídeos, nos tratamentos com formigas e de exclusão (sem formigas)..... | 36 |
| Figura 13 | Comparação do número de crisopídeos remanescentes nas plantas onde os afídeos eram atendidos por apenas uma espécie de formiga com plantas onde os afídeos eram atendidos por duas espécies de formigas..... | 37 |
| ARTIGO 1 | | |
| Figura 1 | Gaiola utilizada para a criação do mesocosmo nos dois experimentos. | 30 |
| Figura 2 | Gradil instalado nos vasos para evitar o prostramento das plantas e o acesso das formigas..... | 30 |
| Figura 3 | Aplicação do Formifuu® na borda do vaso e forro de Voil no | 31 |

| | | |
|-----------|--|----|
| | fundo do mesmo..... | |
| Figura 4 | <i>Aphis craccivora</i> nas formas áptera a) e forma alada b) | 32 |
| Figura 5 | Coleta ativa de formigas realizadas semanalmente..... | 33 |
| Figura 6 | Formigas atendendo afídeos. a) formigas do gênero <i>Camponotus</i> ; e b) formigas do gênero <i>Pheidole</i> | 38 |
| Figura 7 | Dinâmica populacional de afídeos ao longo do tempo, com e sem a presença de formigas. Círculos vazios e linha contínua – tratamento com presença de formigas; Círculos preenchidos e linha pontilhada – tratamento com exclusão de formigas..... | 39 |
| Figura 8 | a) planta do tratamento de exclusão (sem formigas) com grande deposição de “honeydew” e exúvias e formação de “Fumagina”; b) planta do tratamento com formigas com pouca deposição de “honeydew” e exúvias e sem o aparecimento de “Fumagina”..... | 40 |
| Figura 9 | Comparação do número de afídeos alados nos tratamentos com presença de formigas e com exclusão de formigas..... | 41 |
| Figura 10 | Larva de <i>C. externa</i> predando afídeos nas folhas de feijoeiro..... | 42 |
| Figura 11 | Comparação do número de crisopídeos nos tratamentos com formigas e de exclusão (sem formigas)..... | 43 |
| Figura 12 | Comparação do número de crisopídeos entre as duas simulações de controle biológico (um e dois meses após a infestação) com crisopídeos, nos tratamentos com formigas e de exclusão (sem formigas)..... | 44 |
| Figura 13 | Comparação do número de crisopídeos remanescentes nas plantas onde os afídeos eram atendidos por apenas uma espécie de formiga com plantas onde os afídeos eram atendidos por duas espécies de formigas..... | 45 |

SUMÁRIO

| | |
|---|--|
| PRIMEIRA PARTE | |
| 1 | INTRODUÇÃO GERAL..... 13 |
| | REFERÊNCIAS..... 15 |
| SEGUNDA PARTE – ARTIGO..... 17 | |
| A INTERAÇÃO FORMIGA-AFÍDEO E SUAS IMPLICAÇÕES PARA O CONTROLE BIOLÓGICO..... 18 | |
| 1 | INTRODUÇÃO..... 21 |
| 2 | METODOLOGIA..... 24 |
| 2.1 | Área de Estudo..... 24 |
| 2.2 | Desenho Amostral..... 24 |
| 2.3 | Planta Hospedeira..... 25 |
| 2.4 | Infestação com Afídeos..... 27 |
| 2.5 | Coleta de Formigas..... 28 |
| 2.6 | Experimento 1: Efeito das formigas na população de afídeos..... 29 |
| 2.7 | Experimento 2: Efeito das formigas sobre os predadores de afídeos..... 30 |
| 3 | RESULTADOS..... 32 |
| 4 | DISCUSSÃO..... 39 |
| | AGRADECIMENTOS..... 47 |
| | REFERÊNCIAS..... 48 |
| | CONCLUSÃO GERAL..... 54 |
| PRIMEIRA PARTE | |
| 1 | INTRODUÇÃO GERAL..... 14 |
| | REFERÊNCIAS..... 17 |
| SEGUNDA PARTE – ARTIGO..... 20 | |
| ARTIGO 1 A INTERAÇÃO FORMIGA-AFÍDEO E SUAS IMPLICAÇÕES PARA O CONTROLE BIOLÓGICO..... 21 | |
| 1 | INTRODUÇÃO..... 24 |
| 2 | METODOLOGIA..... 28 |
| 2.1 | Área de Estudo..... 28 |
| 2.2 | Desenho Amostral..... 28 |
| 2.3 | Planta Hospedeira..... 29 |
| 2.4 | Infestação com Afídeos..... 31 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 2.5 | Coleta de Formigas | 32 |
| 2.6 | Experimento 1: Efeito das formigas na população de afídeos..... | 34 |
| 2.7 | Experimento 2: Efeito das formigas sobre os predadores de afídeos..... | 35 |
| 3 | RESULTADOS | 38 |
| 4 | DISCUSSÃO..... | 46 |
| | AGRADECIMENTOS..... | 56 |
| | CONCLUSÃO GERAL..... | 57 |
| | REFERENCIAS..... | 58 |

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO GERAL

As formigas (Hymenoptera:Formicidae) são insetos sociais que possuem uma grande distribuição mundial ocorrendo em praticamente todos os ambientes com exceção dos polos, nos picos congelados de montanhas e nos oceanos (LACH et al., 2010). Apresentam uma gama de comportamentos diferentes, no forrageio (hipogeicas, epigeicas ou arborícolas) e no hábito alimentar, podendo ser carnívoras, necrófagas, fungívoras, granívoras e nectarívoras (GORDON, 2010).

As características sociais das formigas lhes concedem grande eficiência no uso de recursos e grande influência sobre os ecossistemas em que estão inseridas (HÖLLDOBLER; WILSON, 1999). São extremamente agressivas na defesa de seu ninho e em fontes de alimento, pois a manutenção do domínio do território é essencial para a sobrevivência da colônia (SUDD; FRANKS, 1987; SLEIGH, 2003), tendo êxito inclusive contra competidores exóticos (MASCIOCCHI et al. 2010). Graças a tais características estão presentes em ambientes antropizados como cidades (SOARES et al., 2006) e plantações (STUTZ; ENTLING, 2011).

Em sistemas de cultivo agrícola, principalmente em sistemas de cultivo orgânico, as formigas são chave de diversos processos ecológicos (WAY; KHOO, 1992). Entre esses processos podem ser citados quatro principais que exercem impactos sobre tais habitats: a predação sobre outros artrópodes, podendo assim regular suas populações, principalmente de pragas (RICO-GRAY; OLIVEIRA, 2007; OFFENBERG et al., 2013); o mutualismo com plantas que possuem nectários extraflorais (NEFs), fornecendo a estas proteção contra predadores (BECERRA; VENABLE, 1989; KATAYAMA; SUZUKI, 2010); a herbivoria de formigas cortadeiras sobre as plantas para a criação de fungos (WIRTH et al., 2003); e a interação com hemípteros, que são apontados

como as principais pragas agrícolas (DELABIE, 2001; DELABIE, 2003; McPHEE et al., 2008; RANDO; LIMA, 2010).

As formigas quando associadas a hemípteros podem representar um grande desafio para o uso de técnicas de controle biológico (MORAES; BERTI FILHO, 2005). Isso ocorre porque estas protegem os hemípteros contra predadores e parasitoides, podendo assim afetar toda a comunidade de artrópodes associadas à planta hospedeira. A presença de formigas pode também aumentar as taxas de crescimento dos afídeos, sua biomassa e sua taxa de reprodução, gerando maiores prejuízos em sistemas de cultivo (FLATT; WEINSSER, 2000; RENAULT et al, 2005).

A interação formiga-afídeo pode gerar efeitos em vários níveis tróficos como na planta hospedeira, na presença de inimigos naturais de pulgões e em outros herbívoros (ZHANG; SHANG, 2012). Tal interação afeta diversas outras interações que ocorrem na comunidade de insetos da planta hospedeira e isso dificulta medir os benefícios e prejuízos que a presença das formigas implica em sistemas de produção agrícola (DELABIE, 2001). Assim, a compreensão da interação formiga-afídeo pode ser a chave para a criação de técnicas de manejo de pragas mais eficazes (MORAES; BERTI FILHO, 2005).

A compreensão do funcionamento das comunidades ecológicas em sistemas de cultivo permitirá não apenas a criação de técnicas mais eficazes no controle biológico de pragas, mas também em técnicas menos impactantes ao funcionamento do ecossistema local. A introdução de um bio controlador pode afetar outros insetos que não a praga em questão, podendo colapsar toda a comunidade local (van LENTEREN et al, 2003), principalmente as interações indiretas que são pobremente estudadas nesses ambientes e que possuem papel fundamental no funcionamento desses ecossistemas (UTSUMI et al, 2010).

Assim, devido a crescente demanda de alimentos orgânicos e consequente aumento na utilização de técnicas de controle de pragas por meios

biológicos, principalmente em países essencialmente agrícolas como o Brasil (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 2012), há uma emergência na criação de métodos de controle de pragas que propiciem o desenvolvimento humano juntamente com a conservação da biodiversidade e do funcionamento dos ecossistemas.

REFERÊNCIAS

BECERRA, J. X. I.; VENABLE, D. L. Extrafloral nectaries: a defense against ant-Homoptera mutualism?. **Oikos**, Gainesville, EUA, 1989.

DELABIE, J. H. C. Interações das formigas com pulgões, cochonilhas e outros bichos: por que sempre há formigas subindo nas plantas do meu quintal?. **Jornal Agora Meio ambiente**, Itabuna, Ba, mai/jun, 2003.

DELABIE, J. H. C. Trophobiosis Between Formicidae and Hemiptera (Sternorrhyncha and Auchenorrhyncha): an Overview. **Neotropical Entomology**, Londrina, Brasil,30(4): 501-516, dec, 2001.

GORDON, D. M. **Ants encounters: interactions networks and colony behavior**. Princeton: Princeton University Press, 2010.

HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. O. **The Ants**. Cambridge: Havard University Press, 1999.

KATAYAMA, N.; SUZUKI, N. Extrafloral nectaries indirectly protect small aphid colonies via ant-mediated interactions. **Appl. Entomol. Zool.** Tóquio, Japão, 45 (3): 505–511, 2010.

LACH, L.; PARR, C. L.; ABBOTT, K. L. **Ant Ecology**. New York: Oxford University Press, 2010.

MASCIOCCHI, M; FARJI-BRENER, A.G.; SACKMANN, P. Competition for food between the exotic wasp *Vespula germanica* and the native ant assemblage of NW Patagonia: evidence of biotic resistance? **Biol Invasions**, Tennessee, EUA, 12:625–631, 2010.

McPHEE, K. E.; GRODEN, E.; DRUMMOND, F. A. Ant–Homopteran Relationships: Relevance to an Ant Invasion in Maine. **Technical Bulletin**, Orono, EUA, 199, 2008.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Orgânicos**. 2012. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/organicos>>. MORAES, G. J. de.; BERTI FILHO, E.. Controle biológico de pragas no Brasil. **Rev. USP**, São Paulo, 64, 2005.

OFFENBERG, J.; CUC, N. T. T; WIWATWITAYA, D. The effectiveness of weaver ant (*Oecophylla smaragdina*) biocontrol in Southeast Asian citrus and mango. **Asian Myrmecology**, Ulaanbaatar, Mongólia5: 139–149, 2013.

RANDO, J.S.S.; LIMA, C.B. Detecção de *Aethalion reticulatum* (L., 1767) (Hemiptera: Aethalionidae) em alfavacacravo (*Ocimum gratissimum* L.) e observações sobre sua ocorrência. **Rev. Bras. Pl. Med.**, Botucatu, Brasil, 12(2): 239-242, 2010.

RENAULT, C. K.; BUFFA, L. M.; DELFINO, M. A. An aphid-ant interaction: effects on different trophic levels. **Ecol Res.**, Tsukuba, Japão, 20: 71–74, 2005. RICO-GRAY, V.; OLIVEIRA, P. S. **The Ecology and Evolution of Ant-Plant Interactions**. Chicago: The University of Chicago Press, 2007.

SLEIGH, C. **Ant**. London: Reaktion Books, 2003. SOARES, N. S.; ALMEIDA, L. O.; GONÇALVES, C. A.; MARCUS, T.; MARCOLINO, M. T.; BONETTI, A. M. Levantamento da Diversidade de Formigas (Hymenoptera: Formicidae) na Região Urbana de Uberlândia, MG. **Neotropical Entomology**, Londrina, Brasil, 35(3): 324-328, 2006.

STUTZ, S.; ENTLING, M. H. Effects of the landscape context on aphid-ant-predator interactions on cherry trees. **Biological Control**, Sophia Antipolis Cedex, France, 57, 37–43, 2011.

SUDD, J. H.; FRANKS, N. R. **The Behavioural Ecology of Ants**. New York: Chapman & Hall, 1987.

VAN LENTEREN, J.C.; BABENDREIER, D.; BIGLER, F.; BURGIO, G.; HOKKANEN, H.M.T.; KUSKE, S.; LOOMANS, A.J.M.; MENZLER-HOKKANEN, I.; VAN RIJN, P.C.J.; THOMAS, M.B.; TOMMASINI, M.G.; ZENG, Q.-Q. Environmental risk assessment of exotic natural enemies used in inundative biological control. **BioControl**, Dordrecht, Holanda ,48: 3–38, 2003.

UTSUMI, S.; KISHIDA, O.; OHGUSHI, T. Trait-mediated indirect interactions in ecological communities. **Popul Ecol**, Hamamatsu, Japão, 52:457–459, 2010.
WAY, M. J.; KHOO, K. C. Role of ants in pest Management. **Annu. Rev. Entomol**, Palo Alto, EUA, 37:479-503, 1992.

WIRTH, R.; HERZ, H.; RYEL, R. J.; BEYSCHLAG, W.; HÖLLDOBLER, B. **Herbivory of Leaf-Cutting Ants: A case study on *Atta colombica* in the tropical rainforest of Panamá**. Berlim: Springer, 2003.

ZHANG, S.; SHANG, Y.; MA, K. The ecological effects of the ant-hemipteran mutualism: A meta-analysis. **Basic and Applied Ecology**, Gesellschaft für Ökologie, Alemanha, 13, 116-124, 2012.

SEGUNDA PARTE
ARTIGO

ARTIGO 1

**A INTERAÇÃO FORMIGA-AFÍDEO E SUAS IMPLICAÇÕES SOBRE
UM PREDADOR GENERALISTA**

RESUMO

A interação formiga-afídeo é caracterizada pelo atendimento das formigas aos afídeos para coletar o “honeydew” e em troca fornecerem proteção contra os predadores. Quando esta interação está presente em sistemas de cultivo agrícola pode gerar diversos problemas às plantas e ao controle biológico. Assim, nosso objetivo foi avaliar o papel das formigas na estruturação populacional dos afídeos e a eficiência de sua proteção contra inimigos naturais (predadores) de afídeos. Foram realizados dois experimentos manipulativos em campo utilizando plantas de feijão comum *Phaseolus vulgaris*. O primeiro teve como objetivo avaliar o papel das formigas na população de afídeos (*Aphis craccivora*) assistidos e o segundo, avaliar o efeito das formigas em um biocontrolador dos afídeos (*Chrysoperla externa*). A presença das formigas tem efeito positivo sobre o crescimento da população de afídeos, bem como na produção de afídeos alados. A presença de formigas não afetou a abundância das larvas de *C. externa*, mas fatores como: pilosidade da planta hospedeira, temperatura do ar e baixa ocorrência de mais de uma espécie de formigas atendendo os afídeos, podem ter causado a nulidade do efeito das formigas sobre os crisopídeos. A interação formiga-afídeo se mostra potencialmente prejudicial ao cultivo de plantas de ciclo de vida curto, pois as formigas mantêm o crescimento da população de afídeos durante todo o ciclo de vida da planta, causando danos na produtividade das plantas. A aplicação do controle biológico no início da interação pode garantir maior eficácia na extirpação dos afídeos, além de causar menos danos às comunidades locais e circunvizinhas com a introdução de predadores exóticos, aliando o desenvolvimento humano e a conservação funcional dos ecossistemas agrícolas.

Palavras-chave: Cultivo Orgânico. Mirmecofilia. *Chrysoperla externa*. *Aphis craccivora*. Mesocosmo.

ABSTRACT

The ant-aphid interaction is characterized by the attendance of ants to the aphids in order to collect "honeydew", and in turn provide protection against predators. This interaction may generate many problems to plants and to biological control processes when present in agricultural cropping systems. Our aim was to evaluate the role of ants in the population structure of aphids, and their protection capacity against natural enemies (predators) of aphids. We conducted two manipulative field experiments using plants of common bean *Phaseolus vulgaris*. The first one was intended to evaluate the role of ants in population of the attended aphid (*Aphis craccivora*), and the second was performed to evaluate the effect of ants on an aphid natural enemy (*Chrysoperla externa*). Presence of ants had a positive effect on population growth of aphids, as well as in the production of winged aphids. The presence of ants did not affect the abundance of *C. externa* larvae, but factors such as host plant, air temperature and low occurrence of more than one species of ants attending aphids may have caused the invalidation of the effect of ants on lacewings. The ant-aphid interaction rises as a potential harm to short-lived plants crops, because ants maintain the growth of aphid population throughout plant life cycle, causing decreases in plant productivity. The application of biological control in the earlier stages of the interaction can ensure greater efficiency in the removal of aphids. This may ensure less damage to local and surrounding communities since the number of introduced predators needed to aphid population control will be lower during these earlier interaction stages. Based on our data, we conclude that the use of biological control may ally human development and functional conservation of agricultural ecosystems.

Key-words: Organic Cultivation. Myrmecophily. *Chrysoperla externa*. *Aphis craccivora*. Mesocosm.

1 INTRODUÇÃO

A mirmecofilia é caracterizada como a interação mutualística entre formigas e diversos organismos (HÖLLDOBLER; WILSON, 1999; RICO-GRAY; OLIVEIRA, 2007). Entre estas interações podem-se citar plantas que possuem nectários extraflorais (NEFs) (BECERRA, VENABLE, 1989), fungos (WIRTH et al., 2003), lagartas das famílias Lycaenidae e Riodinidae (KAMINSKI et al., 2009) e insetos da ordem Hemiptera, como cigarrinhas (RANDO; LIMA, 2010), cochonilhas e afídeos (DELABIE, 2001).

Tal interação começa quando uma formiga acidentalmente encontra e se alimenta do líquido açucarado chamado “honeydew” que é excretado pelos afídeos (REZNIKOVA; NOVGORODOVA, 1998). A partir do primeiro contato com o “honeydew” as formigas recrutam mais operárias que passam a defender ativamente a nova fonte de recurso (DETRAIN, 2010).

A fidelidade do atendimento (e.g. frequência e intensidade de atendimento) das formigas aos afídeos pode variar entre obrigatória (atendimento contínuo), sazonal (algumas épocas do ano) ou oportunista (somente no momento do forrageio sem haver recrutamento de outras formigas) (DELABIE, 2001). A determinação do tipo e do grau de obrigatoriedade dessa interação depende de vários fatores, como a espécie de formiga associada, as necessidades nutricionais da colônia de formigas (SUZUKI et al, 2004; McPHEE et al., 2008), bem como a espécie de afídeo atendido (FLATT; WEINSSER, 2000) e sua densidade populacional (SAKATA, 1995).

A interação mirmecófila que ocorre entre formigas e afídeos não é constante, podendo variar de mutualística (e.g. proteção contra inimigos naturais) a antagônica (e.g. predação) (STADLER; DIXON, 2005). O atendimento das formigas pode gerar benefícios à população de pulgões, como a

proteção contra inimigos naturais e serviços de higiene (SCHOWALTER, 2006). Estes serviços consistem na retirada das exúvias e do excesso de “honeydew” que pode se acumular sobre os afídeos, diminuindo seu crescimento e propiciando o desenvolvimento de entomopatógenos, podendo levá-los a morte (REIS FILHO et al., 2002).

Contudo este atendimento pode também gerar altos custos aos afídeos, uma vez que estes podem mudar a constituição do “honeydew” tornando-o mais atrativo às formigas (STADLER; DIXON, 2008). Além disso, os afídeos podem aumentar suas taxas de alimentação, mantendo satisfatórios o volume e a qualidade do “honeydew” ofertado, garantindo os benefícios da interação para as formigas. Este fato pode ocasionar uma menor assimilação de nutrientes pelos afídeos, levando a menores taxas de crescimento corpóreo e menores taxas reprodutivas (STADLER; DIXON, 1998, 1999).

As formigas também podem predar os afídeos. Isso ocorre principalmente em elevadas densidades populacionais de afídeos onde há grande oferta de “honeydew” e a predação tem como efeito a seleção dos afídeos que produzem “honeydew” de melhor qualidade (BILLICK et al., 2007). Em outros casos as formigas podem predar os afídeos quando há oferta de outras fontes de carboidratos; então, estas passam a utilizar os afídeos como fonte de proteínas (OFFENBERG, 2001).

A presença das formigas pode afetar também aspectos comportamentais dos afídeos, uma vez que o atendimento das formigas pode interferir no ciclo reprodutivo dos afídeos, podendo influir positiva (COPPLER et al., 2007) ou negativamente (TEGELAR, 2012) na produção de indivíduos alados que são a principal forma de dispersão dos afídeos em longas distâncias (WAY, 1963).

Além da interação com os afídeos, as formigas associadas aos mesmos afetam a comunidade de artrópodes associada à planta hospedeira, podendo diminuir a incidência de inimigos naturais de pulgões, além de indiretamente

proteger a planta hospedeira contra outros insetos herbívoros, inclusive afídeos não mirmecófilos (DEL-CLARO, 2008). Ainda, em relação à planta hospedeira, com a coleta de “honeydew” as formigas diminuem o seu acúmulo sobre as folhas, o que inibe a formação de fungos do gênero *Capnodium* que forma a “Fumagina”, a qual afeta as atividades fotossintéticas e respiratórias das plantas (BARRAGALLO et al., 1997). Desta forma, essas interferências tanto na população de afídeos assistidos quanto na comunidade de artrópodes associados, principalmente de herbívoros não mirmecófilos, podem gerar benefícios à planta hospedeira (MOREIRA; DEL-CLARO, 2005, ZHANG et al., 2012).

Contudo, essa interferência das formigas nas comunidades associadas à planta infestada por afídeos assistidos pode se tornar preocupante, especialmente em sistemas orgânicos de cultivo agrícola onde o controle de pragas, especialmente de afídeos, é feito através do controle biológico (MORAES; BERTI FILHO, 2005). Isso ocorre porque as formigas associadas aos afídeos afetam a eficiência de predação dos inimigos naturais utilizados para combater os afídeos, podendo causar grandes perdas na produtividade das plantas, seja pelo grande desequilíbrio nutricional causado pela extração de nutrientes por grandes populações de afídeos (RENAULT et al., 2005) ou pelas diversas doenças das quais os afídeos são os principais vetores (CHRISTENSON; SMITH, 1952).

Desta forma, a compreensão do real papel das formigas na população de pulgões mirmecófilos e na relação entre os inimigos naturais e os afídeos assistidos se faz necessária para a criação de técnicas de controle biológicos mais eficientes (DELABIE, 2001; MORAES; BERTI FILHO, 2005). Essa necessidade surge juntamente com a crescente utilização do cultivo orgânico (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 2012), principalmente em culturas de ciclo de vida curto onde os efeitos da interação formiga-afídeo tem carência de estudos (STYRSKY; EUBANKS, 2007).

Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o papel das formigas na estruturação populacional dos afídeos e a eficiência de sua proteção contra inimigos naturais (predadores) de afídeos. Para tanto, foram testadas as seguintes hipóteses: i) as formigas associadas controlam o tamanho da população de afídeos ao longo do tempo; ii) as formigas diminuem a produção de indivíduos alados nas populações de afídeos assistidos; iii) em plantas sem a interação formiga-afídeo há uma maior permanência de predadores do que em plantas com a interação; iv) a efetividade da proteção contra predadores oferecida pelas formigas aos pulgões é afetada negativamente pelo tempo de duração da interação; v) a eficiência da proteção contra predadores é maior em populações atendidas por apenas uma espécie de formiga se comparada com populações atendidas por várias espécies de formigas.

2 METODOLOGIA

2.1 Área de Estudo

O estudo foi conduzido na área sob manejo orgânico no Setor de Olericultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Minas Gerais (21° 14' S 45° 00' W), no período de julho a outubro de 2013. O município de Lavras apresenta classificação climática do tipo Cwa, conforme Köeppen, com inverno seco (de maio à agosto) e verão chuvoso (de dezembro à março). A temperatura média anual varia em torno de 19,3°C, com altitude de 919 m e precipitação média anual de 1.530 mm (BRASIL, 1992).

A área do estudo é utilizada como área experimental para trabalhos de manejo de pragas por meio do controle biológico. O solo é preparado para receber as culturas experimentais com esterco de gado curtido e/ou composto orgânico oriundo do centro de compostagem da UFLA e posteriores aplicações de adubos orgânicos. O controle de ervas daninhas é feito através da capina manual e por máquinas roçadeiras.

2.2 Desenho Experimental

Foram realizados dois experimentos em mesocosmos (experimentos manipulativos realizados em ambientes naturais): o primeiro para testar o efeito das formigas nas populações de afídeos assistidos e o segundo para testar o efeito das formigas sobre uma de suas espécies predadoras. Em ambos os experimentos utilizou-se o delineamento aninhado, pois este aumenta a precisão dos resultados para as comparações entre e intratamentos, uma vez que se

utiliza a média das subamostras de cada réplica para as análises comparativas (GOTELLI; ELLISON, 2011).

Os dois experimentos foram instalados simultaneamente no campo. Foram utilizadas plantas diferentes em cada experimento, pois com a liberação dos crisopídeos haveria perdas de afídeos comprometendo os resultados no primeiro experimento. Em cada um dos experimentos as plantas foram dispostas em 10 blocos distribuídos aleatoriamente, sendo cinco blocos do tratamento com formigas e cinco blocos do tratamento sem formigas (exclusão). Cada bloco possuía cinco plantas (subamostras), totalizando 25 plantas por tratamento e 50 plantas por experimento.

2.3 Planta Hospedeira

Os experimentos ocorreram em um plantio experimental de feijão (*Phaseolus vulgaris*) da variedade Carioquinha com manejo orgânico, sem capina das plantas daninhas na área, apenas limpeza na área dos blocos. Os feijões foram plantados em vasos de plástico (35 cm de diâmetro e 20 cm de altura) semeando cinco sementes de feijão em cada vaso. Foram preenchidos todos os vasos com terra e esterco bovino na mesma proporção além de aproximadamente 300 g de fosfato natural. Todos os vasos foram protegidos individualmente por gaiola cilíndrica recoberta de tecido Voil, com intuito de evitar a saída dos pulgões e a entrada de insetos voadores (Figura 1). A irrigação foi realizada manualmente a cada dois dias.

Após o surgimento da primeira folha verdadeira dos feijoeiros, selecionou-se o indivíduo mais vigoroso de cada vaso e descartaram-se os demais. A fim de evitar que a planta se prostrasse e permitisse o acesso das formigas nos tratamentos com exclusão das mesmas, foram instalados em todos os vasos um gradil (Figura 2).

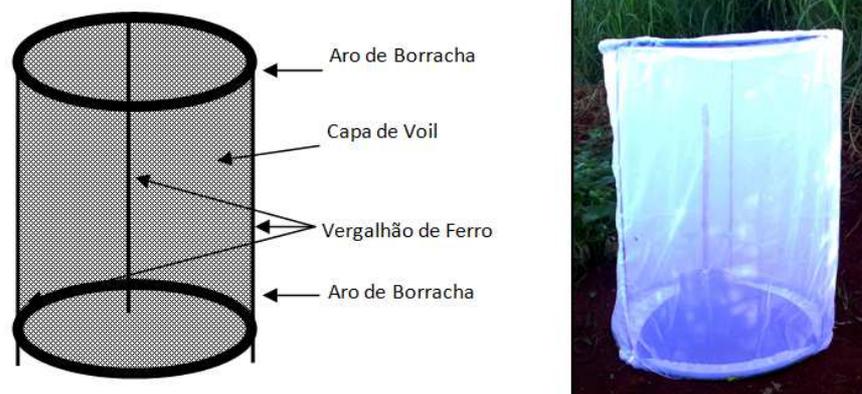


Figura 1 Gaiola utilizada para a criação do mesocosmo nos dois experimentos. Cada gaiola era constituída de dois aros de borracha, três vergalhões de ferro e uma capa de tecido Voil.

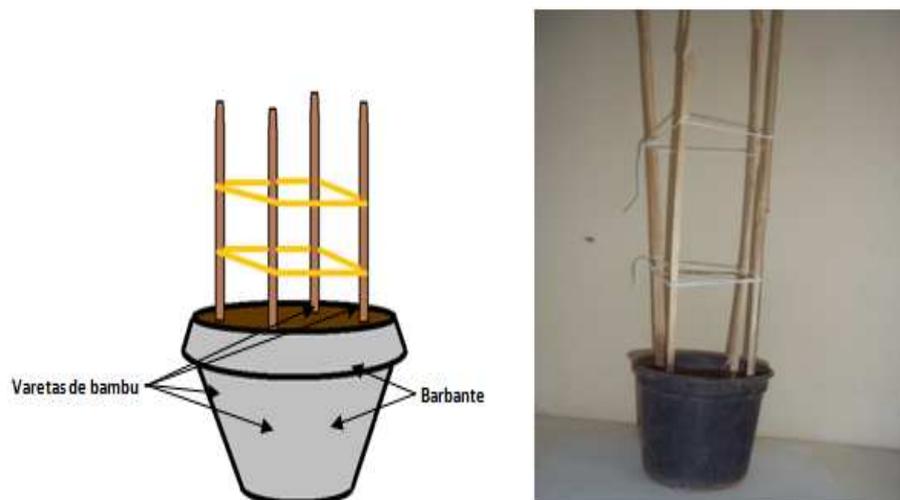


Figura 2 Gradil instalado nos vasos para evitar o prostramento das plantas e o acesso das formigas. Para a instalação dos gradis utilizamos quatro varetas de bambu afixadas verticalmente no substrato do vaso e barbante que foi instalado ligando as varetas horizontalmente em duas alturas.

Além dos gradis, para os tratamentos de exclusão (sem formigas), para evitar o acesso das mesmas, aplicou-se na borda externa dos vasos 5 cm da barreira física Formifuu®. Este produto consiste de uma pasta atóxica resultante da combinação de polímeros sintéticos, agentes minerais de controle reológico e corantes (FORMIFUU, 2013), além de forrar seu fundo com tecido voil (Figura 3).



Figura 3 Aplicação do Formifuu® na borda do vaso e forro de Voil no fundo do mesmo. Tais medidas foram tomadas a fim de impedir o acesso das formigas tanto pelas laterais do vaso quanto pelos orifícios de escoamento de água.

2.4 Infestação com Afídeos

Após o desbaste das plantas com a permanência de apenas uma muda por vaso, foi realizada a infestação das plantas com afídeos. Para isso utilizaram-se exemplares coletados em cultivo de feijão no setor de Olericultura da Universidade Federal de Lavras e criados em plantas de feijão mantidos em casa de vegetação. Os afídeos identificados como *Aphis craccivora* Koch, 1854 (FAVRET; MILLER, 2012). Possuem cor marrom escura com escudo dorsal

preto brilhante e normalmente ocorrem em plantas da família Fabaceae; podem, no entanto infestar o cultivo de cerca de 50 espécies de plantas pertencentes a 19 famílias (BLACKMAN; EASTOP, 2007) (Figura 4).



Figura 4 Afídeo utilizado para a realização dos experimentos. Indivíduos de *Aphis craccivora* nas formas áptera **a)** e forma alada **b)**

Com o intuito de diminuir os possíveis danos causados no aparelho bucal dos afídeos no momento da coleta, assopraram-se levemente as hastes/folhas infestadas para que os afídeos se soltassem e caíssem sobre uma folha de papel branco, posicionada abaixo da haste. Com o auxílio de um pincel foram selecionados apenas indivíduos ápteros (adultas e/ou jovens de 4º instar), que foram transportadas para o plantio. Cada planta recebeu em suas folhas apicais duas fêmeas, totalizando 200 indivíduos utilizados.

2.5 Coleta de Formigas

Após uma semana da etapa de infestação com afídeos realizaram-se coletas ativas de formigas de 8:00h às 12:30h em todas as plantas do tratamento

com presença de formigas. As coletas eram simultâneas nos dois experimentos e ocorreram semanalmente totalizando 10 coletas.

Em cada bloco (cinco no total), em um período de cinco minutos em cada planta, realizou-se a coleta das espécies de formigas (um indivíduo de cada) que atendiam os pulgões com pincel embebido em álcool ou pinça (Figura 5). As formigas coletadas eram reservadas em Eppendorfs devidamente identificados contendo álcool 95%. A fim de homogeneizar o horário de início das coletas de cada bloco, alternaram-se ordenadamente as mesmas em cada semana.



Figura 5 Coleta ativa de formigas realizadas semanalmente na área de manejo sob manejo orgânico no Setor de Olericultura da Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais no período de Agosto a Outubro de 2013.

Semanalmente foram monitoradas as plantas sem formigas (exclusão) e caso houvesse formigas nessas plantas, estas eram retiradas manualmente. Quando se encontravam formigas, medidas eram tomadas de forma a impedir o acesso destas nessas plantas através da aplicação de mais Formifuu® ou pela amarração dos ramos que se encontravam prostrados.

As formigas coletadas foram levadas para o Laboratório de Ecologia Aplicada da Universidade Federal de Lavras – MG, onde foram triadas e identificadas ao nível de gênero segundo Fernandez (2003), seguida de morfo-especação e, quando possível, identificadas ao nível de espécie utilizando a coleção do Laboratório de Ecologia de Formigas da Universidade Federal de Lavras como referência.

2.6 Experimento 1: Efeito das formigas na população de afídeos

Após uma semana da infestação com os afídeos foram feitas estimativas semanais do tamanho populacional dos afídeos nos dois tratamentos (com e sem formigas), totalizando sete censos. Para aumentar a confiabilidade das estimativas, estas foram realizadas apenas por uma pessoa em todos os censos. As plantas onde a população de afídeos havia ido a zero, ou que tenha sido invadida por formigas, foram excluídas dos censos. Não foram consideradas as últimas três semanas do experimento no censo, pelo fato de a maioria das plantas do tratamento sem formigas (exclusão) ter a população de afídeos extinta, não havendo assim número amostral suficiente para comparação.

Como os afídeos se encontravam na parte abaxial dos folíolos e na haste do feijoeiro o censo das populações foi feito através da contagem direta dos afídeos nos folíolos (pois ocorriam em menor número) somado a estimativa do número de afídeos nas hastes. Para tanto, mediu-se um centímetro da haste infestada, contou-se os afídeos nesse espaço e multiplicou-se pelo número de centímetros de haste infestada, obtendo assim a estimativa populacional de cada planta, sendo que quando a haste estava coberta por afídeos apenas em um lado considerou-se metade do valor em centímetros. Além disso, foram contados também o número de indivíduos alados presentes na planta ou presos na parte

interna da capa de tecido da gaiola. Durante as observações foram retirados manualmente os eventuais artrópodes que estivessem dentro da gaiola.

Para análise dos dados foram utilizados modelos lineares generalizados mistos (GLMM) ajustados à distribuição adequada dos dados. O uso de GLMMs foi necessário uma vez que havia medidas repetidas no mesmo ponto amostral ao longo do tempo, permitindo uma diminuição das correlações que possam existir entre as subamostras, evitando assim a pseudorrepetição (PINHEIRO; BATES, 2000). Todas as análises foram realizadas utilizando o pacote Lme4 do software R 2.15.1 (R CORE TEAM, 2013).

Para avaliar a hipótese (i), se as formigas associadas controlam o tamanho da população de afídeos ao longo do tempo, utilizou-se como variável preditora o tempo, e como variável resposta o número de afídeos em cada tratamento, sendo os tratamentos com e sem formigas a covariável. Para avaliar a hipótese (ii), se as formigas diminuem a produção de indivíduos alados nas populações de afídeos assistidos, comparou-se o número de afídeos alados entre os tratamentos com e sem formigas.

2.7 Experimento 2: Efeito das formigas sobre os predadores de afídeos

O predador selecionado como modelo para o experimento foi *Chrysoperla externa* Hagen, 1861 (Neuroptera Chrysopidae). As larvas predam durante toda fase jovem e suas características bioecológicas lhes conferem grande potencial como predadores de insetos-praga (ULHÔA, 2011).

As larvas utilizadas no experimento foram oriundas de uma criação para fins experimentais do Laboratório de Biologia de Insetos do Departamento de Entomologia da Universidade Federal de Lavras, onde foram criadas em uma sala climatizada segundo as exigências da espécie, com temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $70\pm 10\%$ e fotoperíodo de 12 horas. As larvas foram criadas

em gaiolas cilíndricas de PVC com 20 cm de diâmetro e 20 cm de altura, que são preenchidas com fitas de papel para aumentar a área e diminuir os encontros, uma vez que as larvas podem apresentar canibalismo. A alimentação consistiu em ovos de *Anagasta kuehniella* Zeller, 1879, em todos os três instares do desenvolvimento.

Semanalmente também foram monitoradas todas as plantas deste experimento e, diferentemente do primeiro experimento, foram reinfestadas as plantas onde não existiam mais afídeos nessas populações.. Estas foram reinfestadas com uma quantidade de afídeos proporcional ao tamanho das populações estimadas no outro experimento (número médio).

Realizaram-se duas simulações de controle biológico dos afídeos utilizando larvas de *Chrysoperla externa* de segundo instar. As simulações ocorreram aproximadamente um mês e dois meses após a infestação dos feijoeiros com os afídeos. Em cada simulação 10 larvas de crisopídeo foram liberadas em cada planta, com o auxílio de pincel, nos dois tratamentos (com e sem formigas). O número de crisopídeos utilizados em cada planta foi estimado de acordo com os experimentos pilotos de forma a haver uma permanência significativa de larvas no período de 24 horas. Realizou-se a contagem dos crisopídeos remanescentes em cada planta 24 horas após a liberação. Considerou-se na contagem somente os crisopídeos que estavam nas plantas, pois os gradis foram apontados como refúgios e os indivíduos presentes neles não foram considerados.

Para as análises deste experimento também utilizaram-se GLMMs. Com o intuito de testar a hipótese (iii), se a presença das formigas afeta a permanência dos crisopídeos na planta, comparou-se o número de crisopídeos em cada um dos dois tratamentos (com e sem formigas). Para testar a hipótese (iv), se a qualidade da proteção das formigas aos afídeos contra os crisopídeos é afetada pelo tempo de interação, comparou-se o número de crisopídeos remanescentes

na primeira com os da segunda simulação (um e dois meses após a infestação com afídeos) 24 horas após a liberação dos crisopídeos. Já para testar a hipótese (v), se o número de espécies de formigas que atendem os afídeos afeta o número de larvas de crisopídeos remanescentes, dividiram-se as plantas do tratamento com formigas em duas categorias: 1ª categoria, onde apenas uma espécie de formiga foi coletada atendendo os afídeos; e 2ª categoria, onde pelo menos duas espécies de formigas foram coletadas atendendo os afídeos. Considerou-se para esta análise somente as formigas que foram coletadas na semana a qual ocorreram cada uma das simulações de controle biológico. Comparou-se o número de larvas de crisopídeos entre as duas categorias em ambas simulações de controle biológico. Todas as análises foram realizadas utilizando o pacote Lme4 do software R 2.15.1 (R CORE TEAM, 2013).

3 RESULTADOS

Foi coletado um total de 13 espécies de formigas pertencentes a sete gêneros atendendo os afídeos. Os gêneros com maior número de espécies foram *Camponotus* e *Pheidole* com três espécies cada (Figura 6), seguido por *Linepithema* e *Brachymyrmex* com duas espécies cada e por último os gêneros *Dorymyrmex*, *Ectatomma* e *Hylomyrma* com apenas uma espécie cada. *Ectatomma* e *Hylomyrma* tiveram apenas um indivíduo coletado em apenas uma coleta.

As espécies mais frequentes nas coletas foram *Camponotus rufipes* coletada em 20,4% das coletas, seguida de *Pheidole sp.2* (15,2%), *Dorymyrmex brunneus* (15%) e *Linepithema sp.1* coletada em 12,6% das coletas.



Figura 6 Formigas atendendo afídeos. a) formigas do gênero *Camponotus*; e b) formigas do gênero *Pheidole*. Formigas observadas nos experimento realizados na área sob manejo orgânico no Setor de Olericultura da Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais no período de Agosto a Outubro de 2013.

Experimento 1: Efeito das formigas na população de afídeos

Em ambos os tratamentos (com e sem formigas) houve uma correlação positiva entre o tempo e os tamanhos populacionais, mas no tratamento de

exclusão houve um aumento no número de afídeos, e logo após a terceira semana houve uma diminuição no número de afídeos (Figura 7). Isso indica que as formigas neste experimento não controlam o tamanho populacional de *A. craccivora*.

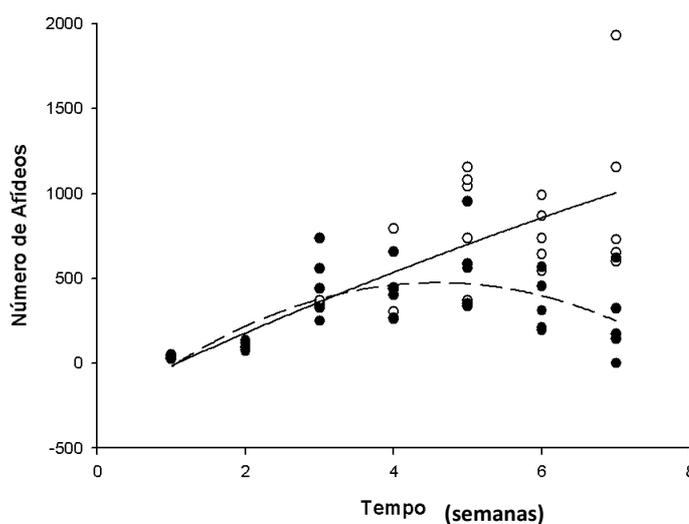


Figura 7 Dinâmica populacional de afídeos ao longo do tempo, com e sem a presença de formigas. Círculos vazios e linha contínua – tratamento com presença de formigas; Círculos preenchidos e linha pontilhada – tratamento com exclusão de formigas. Experimento realizado na área sob manejo orgânico no Setor de Olericultura da Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais no período de Agosto a Outubro de 2013.

Observou-se que com o aumento nas populações de afídeos em ambos os tratamentos houve uma maior deposição de “honeydew” e exúvias sobre as plantas, no tratamento sem formigas e consequente aparecimento de fungos do gênero *Capnodium* causador da “Fumagina” (Figura 8).

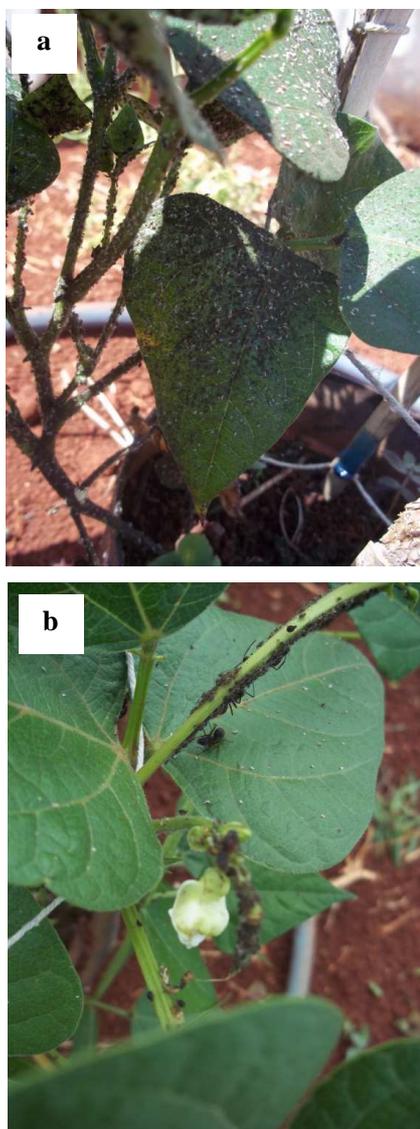


Figura 8 **a)** planta do tratamento com exclusão de formigas com grande deposição de “honeydew” e exúvias e formação de “Fumagina”; **b)** planta do tratamento sem exclusão de formigas com pouca deposição de “honeydew” e exúvias e sem o aparecimento de “Fumagina”. Experimento realizado na área sob manejo orgânico no Setor de Olericultura da Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais no período de Agosto a Outubro de 2013.

Ao comparar se a presença das formigas afeta a produção de afídeos alados, observou-se que há um maior número de indivíduos alados na presença de formigas ($p < 0,001$) (Figura 9), resultado este que refuta a hipótese levantada.

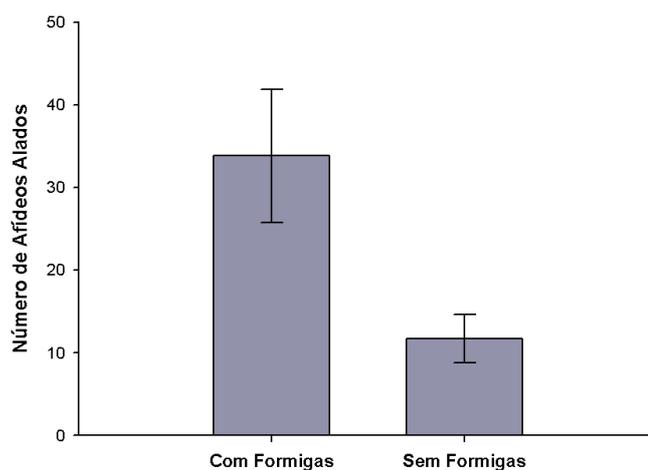


Figura 9 Comparação do número de afídeos alados nos tratamentos com presença de formigas e com exclusão de formigas. Experimento realizado na área sob manejo orgânico no Setor de Olericultura da Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais no período de Agosto a Outubro de 2013.

Experimento 2: Efeito das formigas sobre os predadores de afídeos

A maioria das larvas de crisopídeos encontradas durante as contagens em ambas as simulações estavam predando pequenos grupos de afídeos nas folhas (Figura 10) ou abrigadas no gradil, porém estas não foram consideradas na contagem.



Figura 10 Larva de *C. externa* predando afídeos nas folhas de feijoeiro. . Experimento realizado na área sob manejo orgânico no Setor de Olericultura da Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais no período de Agosto a Outubro de 2013.

Em plantas sem a interação formiga-afídeo não há uma maior permanência de predadores do que em plantas com a interação, pois não há diferença no número de larvas de crisopídeos remanescentes entre plantas com a interação formiga-afídeos e plantas com exclusão de formigas 24 após sua liberação ($p=0,38$)(Figura 11).

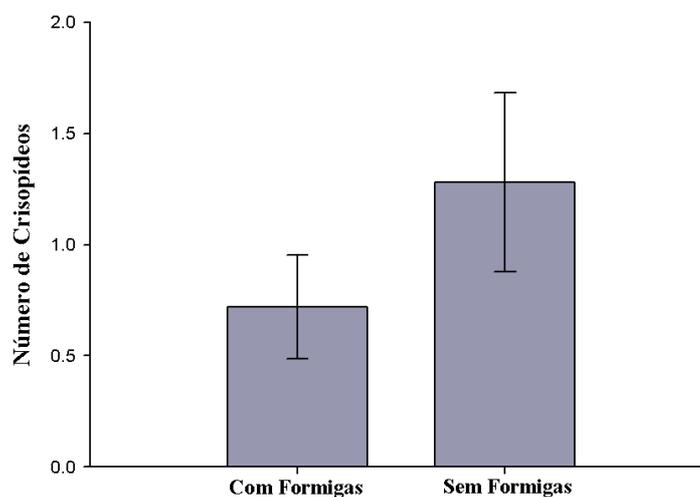


Figura 11 Comparação do número de crisopídeos nos tratamentos com formigas e de exclusão (sem formigas). Experimento realizado na área sob manejo orgânico no Setor de Olericultura da Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais no período de Agosto a Outubro de 2013.

Ao se comparar a efetividade da proteção de formigas contra os crisopídeos entre as duas simulações de controle biológico (um e dois meses após a infestação) há um maior número de crisopídeos remanescentes nas plantas na primeira simulação em ambos os tratamentos, com formiga ($p=0,04$) e sem formigas ($p < 0.001$) (Figura 12).

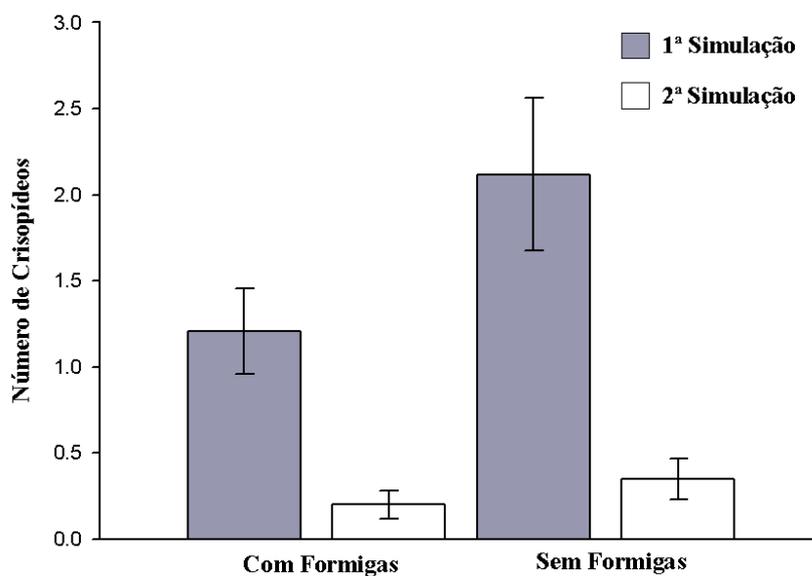


Figura 12 Comparação do número de crisopídeos entre as duas simulações de controle biológico (um e dois meses após a infestação) com crisopídeos, nos tratamentos com formigas e de exclusão (sem formigas). . Experimento realizado na área sob manejo orgânico no Setor de Olericultura da Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais no período de Agosto a Outubro de 2013.

Em relação à efetividade da proteção contra crisopídeos e o número de formigas atendendo os afídeos observou-se maior permanência de crisopídeos em plantas onde havia apenas uma espécie de formiga atendendo os afídeos ($p=0,029$). Entretanto, das 36 plantas avaliadas, em somente 10 delas foi encontrada mais de uma espécie de formiga atendendo os afídeos; e destas foram encontradas larvas de crisopídeos em apenas uma planta, já com apenas uma espécie de formiga (Figura 13).

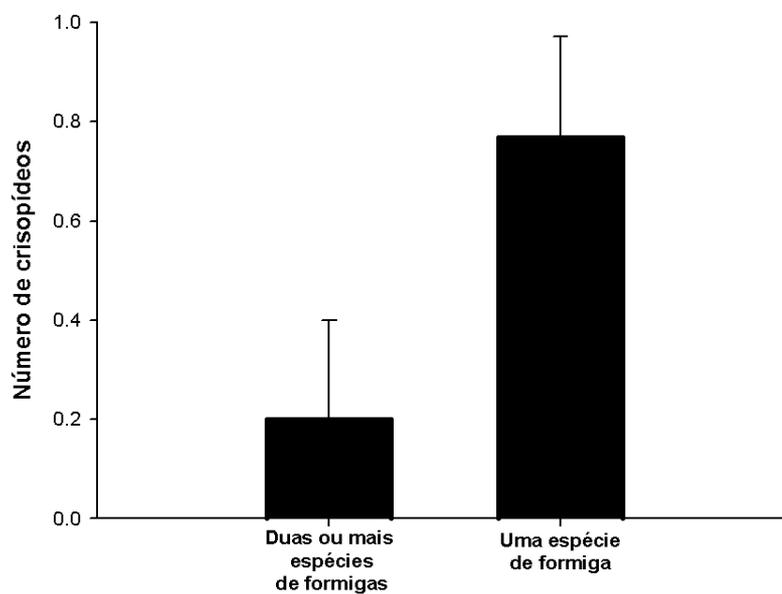


Figura 13 Comparação do número de crisopídeos remanescentes nas plantas onde os afídeos eram atendidos por apenas uma espécie de formiga com plantas onde os afídeos eram atendidos por duas espécies de formigas. . Experimento realizado na área sob manejo orgânico no Setor de Olericultura da Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais no período de Agosto a Outubro de 2013.

4 DISCUSSÃO

Apesar das alterações no funcionamento natural das interações que ocorrem em ambientes naturais devido a criação de mesocosmos, este trabalho apresenta indícios de como a interação formiga-afídeo pode afetar os sistemas agrícolas de plantas com ciclo de vida curto.

Dessa forma o presente trabalho mostra que as formigas têm efeito positivo sobre o tamanho populacional de *A. craccivora* e que as mesmas provocam maior produção de indivíduos alados nas colônias assistidas, resultados contrários às nossas hipóteses. Tais resultados apontam a interação formiga-afídeo como potencialmente nociva para os sistemas de produção de plantas de ciclo de vida curto, uma vez que a presença das formigas pode manter as colônias de *A. craccivora* em crescimento durante praticamente todo o ciclo de vida da planta, podendo afetar o seu crescimento e produtividade.

Além disso, observou-se que a presença das formigas não leva a uma menor permanência de predadores nas plantas e que o tempo de interação formiga-afídeo não tem efeito sobre a eficiência de proteção contra os crisopídeos, uma vez que o número de crisopídeos diminui independente da presença das formigas. Quando há mais de uma espécie de formigas atendendo os afídeos em uma mesma planta pode haver um efeito negativo sobre a abundância de crisopídeos, entretanto, devido à baixa ocorrência de plantas sendo atendidas por mais de uma espécie de formigas, não há efeito sobre o controle biológico.

Portanto, esses resultados mostram evidências de que a interação formiga-afídeo pode comprometer os cultivos de plantas de ciclo de vida curto, podendo prejudicar seu desenvolvimento e produtividade.

Experimento 1: Efeito das formigas na população de afídeos

Foi avaliado o efeito isolado das formigas sobre as populações de afídeos assistidos, uma vez que nas gaiolas os afídeos estavam isentos da ação de predadores, parasitoides e competidores interespecíficos. Desta forma, observou-se que as populações de afídeos sem o atendimento das formigas cresceram até a quarta semana do experimento, onde o número de afídeos nos dois tratamentos foram parecidos (com formigas média= 482.4 e erro padrão= 54.05 e sem formigas média= 403.76 e erro padrão= 53.57). Logo após houve uma diminuição no número de indivíduos, sendo que no último censo foram encontradas diferenças entre os tratamentos (com formigas média= 1013.64 e erro padrão= 194.76 e sem formigas média= 251.12 e erro padrão= 109.47).

Estes resultados também foram encontrados por Shingleton e Foster (2000), onde a ausência de formigas causou uma diminuição na população de afídeos. Isso pode ter sido causado pelo aumento inicial da densidade populacional de afídeos que diminui a disponibilidade de espaço e aumenta o consumo de floema, resultando em menor disponibilidade de energia a ser empregada em crescimento vegetativo da planta (GALLO et al., 2012) e, conseqüentemente, aumenta a competição por recursos entre os afídeos. Além disso, com o aumento no número de afídeos pode ter havido um aumento na excreção de “honeydew” e deposição de exúvias sobre as folhas e ramos, que na ausência de formigas ficam acumulados propiciando o desenvolvimento de fungos do gênero *Capnodium* causador da “fumagina” que compromete as taxas fotossintéticas e respiratórias da mesma (BARRAGALLO et al., 1997). Dessa forma, além da carência nutricional que pode ter comprometido as taxas reprodutivas dos afídeos (STADLER; DIXON 1998; AWMACK; LEATHER 2002), o excesso de “honeydew” excretado, além de afetar a planta, pode ter

levado ao aparecimento de entomopatógenos (REIS FILHO et al., 2002; RHAINDS; MESSING 2005) que afetam diretamente o crescimento populacional dos afídeos.

Já as populações de afídeos atendidas por formigas conseguiram atingir maiores tamanhos populacionais, mantendo um crescimento quase exponencial durante a realização do experimento. Esse fato pode ser atribuído à “ordenha” realizada pelas formigas associadas, que diminui o acúmulo de “honeydew” sobre as plantas além da retirada de exúvias, diminuindo assim o aparecimento da “fumagina”, amenizando os danos causados pelos afídeos, uma vez que as taxas fotossintéticas e respiratórias da planta hospedeira não devem ter sido tão comprometidas. Assim, houve maior disponibilidade de recursos alimentares para os afídeos e consequente investimento em reprodução. Outro fato que explica este resultado é que com os serviços de limpeza oferecidos pelas formigas há uma diminuição na incidência de entomopatógenos nocivos aos afídeos. Dessa forma, o atendimento das formigas, como encontrado no estudo de Flatt e Weinsser (2000), garantiu maior longevidade e fecundidade às populações de afídeos assistidas.

Entretanto, o atendimento das formigas mostrou-se oneroso aos afídeos, como documentado por Stadler e Dixon (1999) em experimentos com colônias de *Aphis fabae cirsiacanthoides* Scop., pois neste trabalho foram obtidos resultados semelhantes acerca da produção de indivíduos alados, que foi maior em populações atendidas por formigas. Apesar de trazer benefícios para os afídeos, a interação com as formigas exige que estes mantenham a qualidade e quantidade de “honeydew” satisfatórias para as mesmas (STADLER; DIXON,1998). Desta forma, os afídeos investiram tanto em número de indivíduos ápteros quanto na produção de indivíduos alados, provavelmente como forma de colonizar outras plantas, encontrando plantas com maior disponibilidade de recursos e sem a pressão exercida pelas formigas.

Por outro lado, a menor produção de indivíduos alados nas colônias de afídeos sem o atendimento por formigas pode ser reflexo de sua carência nutricional e da ação dos entomopatógenos sofridos por eles. Sem a disponibilidade de recursos e doentes, os afídeos não dispunham de energia suficiente para a produção de formas de dispersão alada (KAWADA, 1987).

Acredita-se que a principal causa na diminuição tanto do número de indivíduos ápteros quanto na produção de indivíduos alados tenha sido causada principalmente pela grande deposição de “honeydew” e exúvias, pois observou-se em campo que nas plantas do tratamento de exclusão de formigas, grande parte das superfícies fotossintéticas foram cobertas por fumagina, além de essas plantas apresentarem uma aparência debilitada quando comparadas às do tratamento com presença de formigas.

Experimento 2: Efeito das formigas sobre os predadores de afídeos

Os resultados deste trabalho mostram que as formigas não oferecem proteção efetiva para os afídeos contra os crisopídeos, entretanto outros trabalhos mostram que a presença das formigas afeta a presença de predadores de afídeos em plantas de porte herbáceo (DELFINO; BUFFÁ, 2000; RENAULT et al, 2005). Assim, através desses dados e resultados acredita-se que se pode atribuir a ineficiência das formigas sobre os crisopídeos neste experimento pelos fatores enumerados a seguir.

As larvas de crisopídeos são documentadas como predadores vorazes de diversas pragas agrícolas (BEZERRA et al., 2009) e graças a suas características bioecológicas possuem grande potencial como controladores naturais (ULHÔA, 2011). Entretanto, sua capacidade predatória pode ser afetada pelo tamanho e mobilidade dos afídeos (LIRA: BATISTA, 2006), além do número de tricomas na planta hospedeira (SANTOS et al., 2003). Estes padrões foram observados

durante as coletas, onde os crisopídeos geralmente estavam nas extremidades das plantas predando pequenos grupos isolados de afídeos, principalmente ninfas de instares iniciais. Neste caso geralmente visualiza-se um deslocamento dos grupos de afídeos atacados para outras partes da planta.

Visto que os crisopídeos foram liberados sobre as folhas dos feijoeiros e estas possuem diversos tricomas (DAHLIN et al., 1992), pode-se inferir que as características pubescentes das folhas podem ter interferido no deslocamento dos crisopídeos para os ramos centrais das plantas onde se encontravam maiores aglomerações de afídeos.

Com a restrição de movimento dos crisopídeos às extremidades das folhas, pode ter ocorrido uma diminuição dos encontros entre os crisopídeos e as formigas, uma vez que a maior atividade de atendimento das formigas aos afídeos ocorria nas porções centrais da planta. Desta forma, as características dos afídeos e da planta hospedeira podem ter gerado maior efeito na permanência das larvas de crisopídeo na planta hospedeira do que a presença das formigas, gerando a ausência do efeito das formigas sobre tais predadores, como observado.

Outro fato, relatado por Zhang e Shang (2012), é que as formigas protegem melhor hemípteros contra predadores em árvores e arbustos do que em plantas herbáceas. Este padrão pode ser relacionado ao fato de as ervas anuais terem período de vida curto, e as formigas utilizarem os afídeos nestas plantas como uma fonte de alimento temporária, intensificando o atendimento, mas não investindo muito em proteção, uma vez que a curto e médio prazo tal fonte se cessará e elas deverão descobrir outras colônias.

Apesar de não ter havido diferenças entre o número de crisopídeos nos tratamentos com formigas e de exclusão (sem formigas), os resultados deste trabalho mostram uma relação negativa entre o tempo de interação e o número de crisopídeos nas plantas. Assim, em um primeiro momento somos levados a

acreditar que há uma relação entre o tempo de interação e a proteção das formigas aos pulgões. Entretanto, essa conclusão seria incoerente com o resultado discutido anteriormente, onde a presença das formigas não afetou o número de crisopídeos, além de este resultado do tempo de interação ter ocorrido nas plantas com e sem formigas. Experimentos manipulativos em campo (mesocosmos) são poderosos por se aproximarem da realidade do ecossistema, entretanto, não há controle de todas as variáveis, o que muitas vezes pode mascarar os resultados, levando a conclusões errôneas sobre os experimentos (GOTELLI; ELLISON, 2011). Desta forma, ao se avaliar as plantas do tratamento de exclusão (sem formigas), percebe-se que o padrão é semelhante ao encontrado no tratamento com formigas. Assim, acredita-se que outros fatores, que não as formigas, possam ter influenciado a diminuição dos crisopídeos nos dois tratamentos quando comparadas as duas simulações.

Segundo Cardoso e Lazzari (2003), as larvas de *C. externa* de segundo instar tem sua taxa de predação sobre afídeos negativamente afetada pelo aumento na temperatura, sendo que na temperatura de 25°C estas apresentam as menores taxas de predação. Foram realizadas as simulações de controle biológico nos meses de setembro e outubro, os quais marcam o início da primavera e apresentam um aumento na temperatura média (DANTAS et al., 2007). Assim, segundo os dados publicados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), as temperaturas médias do ar em Lavras-MG no ano de 2013 foram 21°C para Setembro e 24 °C em outubro (INMET, 2014). O aumento médio de três graus na temperatura do primeiro mês para o segundo pode ter influenciado a permanência das larvas na planta, uma vez que *P. vulgaris* tem porte pequeno, e dessa forma podem não ter condições microclimáticas semelhantes ao do ambiente. Assim, as larvas podem ter abandonado a planta em busca de refúgios, pois o aumento na temperatura pode

causar desidratação pela perda de água através da cutícula podendo levar o inseto à morte (CHAPMAN et al., 2013).

Além disso, pode ter havido um aumento na densidade de tricomas foliares nos feijoeiros na segunda simulação de controle biológico, fato que pode ser explicado como uma resposta do feijoeiro aos danos causados pelos afídeos. Segundo Björkman e colaboradores, (2008) os danos causados às folhas podem induzir ao aumento na densidade de tricomas nas folhas produzidas após a exposição à herbivoria. A densidade de tricomas podem interferir nos danos causados às folhas por cigarrinhas (KAPLAN et al., 2009), na escolha de local de postura de ovos e no número de ovos ovopositados em mariposas (HANDLEY et al., 2005); em feijoeiros a ação dos tricomas afetou negativamente a taxa de predação de *Diabrotica speciosa* como documentado por Paron e Lara, (2005).

Outro fato que nos auxilia a explicar a ausência do efeito da presença das formigas nos crisopídeos são os resultados referentes à quinta hipótese levantada neste trabalho, onde ao contrário do que foi postulado, nas plantas com mais de uma espécie de formigas, foram encontradas larvas de crisopídeo em apenas uma. O que mostra que quando há mais de uma espécie de formigas atendendo os afídeos, estas têm realmente um impacto negativo sobre os crisopídeos. Entretanto, das 36 plantas avaliadas apenas 10 possuíam mais de uma espécie de formigas atendendo os afídeos, já com apenas uma espécie encontramos 26 plantas. Esse baixo número de plantas com mais de uma espécie de formiga atendendo os afídeos pode não ter influenciado os resultados, uma vez que na maioria das plantas encontrou-se apenas uma espécie de formigas e que dessa forma os crisopídeos não são controlados efetivamente.

O decréscimo no número de crisopídeos nas plantas com mais de uma espécie de formigas pode ser atribuído às formigas da espécie *Camponotus rufipes* que apareceram em seis das dez plantas avaliadas, sendo que a grande

maioria (cinco das seis plantas com esta espécie) foi coletada apenas na segunda simulação. Esta espécie foi coletada somente a partir da sexta coleta permanecendo nas plantas até o término do experimento, aparecendo em 20,4% das coletas. A chegada de *C. rufipes* e consequente substituição das espécies de formigas pode estar ligada ao fato de que com o aumento na população de afídeos ao longo do tempo, houve um aumento na excreção do “honeydew” que pode ter caído no chão servindo de pista para as formigas encontrarem a colônia de afídeos (DEL-CLARO; OLIVEIRA, 1996).

Além disso, o gênero *Camponotus* é comumente documentado como o principal gênero interagindo com hemípteros produtores de “honeydew” e o que apresenta maior agressividade na proteção de tal recurso (STEFANI et al., 2000; RENAULT et al., 2005; DEL-CLARO et al., 2006; RODRIGUES et al., 2010; SOUZA, 2010). A espécie *Camponotus rufipes* tem contato direto com os afídeos, ou seja, ela solicita a excreção do “honeydew” e o coleta diretamente do afídeo, diferente de outras espécies oportunistas que podem coletar o “honeydew” somente quando o afídeo o produz ou sobre as folhas e ramos da planta (DELFINO; BUFFÁ, 2000). Outro ponto importante é o fato de *Camponotus rufipes* atender constantemente os afídeos durante as 24 horas do dia (DEL-CLARO; OLIVEIRA, 1999), com grande número de formigas operárias, fornecendo assim maior proteção aos afídeos assistidos.

O aumento nas populações de afídeos pode ter causado uma desagregação de suas colônias, formando pequenos grupos isolados em várias partes da planta propiciando a co-ocorrência de espécies de formigas subordinadas (BLÜTHGEN et al., 2004). Dessa forma, a espécie dominante (*C. rufipes*) atendia na região central da planta e as espécies subordinadas, que eram geralmente do gênero *Linepithema*, forrageavam nas extremidades das plantas atendendo os pequenos agregados de afídeos isolados ou coletando “honeydew” sobre as folhas. Assim, com o deslocamento das espécies subordinadas para as

extremidades da planta, pode ter havido um aumento nos encontros entre essas formigas e as larvas de crisopídeos, que geralmente foram encontradas predando grupos afastados de afídeos, diminuindo assim sua abundância nestas plantas.

Contrariando as hipóteses levantadas, os resultados deste trabalho apontam a interação formiga-afídeo como danosa para culturas de plantas de ciclo de vida curto. Isso ocorre porque nestas plantas as formigas mantêm as colônias de afídeos em crescimento durante todo o tempo de interação, prejudicando a planta, além de aumentar a produção de indivíduos alados, o que aumenta sua dispersão infestando outras plantas. Apesar de a presença de formigas não ter afetado a presença dos crisopídeos, mais estudos devem ser realizados para avaliar o efeito das formigas, principalmente quando há a presença de mais de uma espécie, sobre outros biocontroladores utilizados no controle de pragas. Além de haver a necessidade de mensurar experimentalmente os efeitos da interação formiga-afídeo para as plantas hospedeiras, verificando sua produtividade e a viabilidade das sementes produzidas.

Estes experimentos exemplificaram o efeito das formigas sobre a população de afídeos e sobre um de seus inimigos naturais, evidenciando a importância dos estudos experimentais para a compreensão de padrões ecológicos em sistemas agrícolas.

A aplicação do controle biológico no período inicial da infestação vai além de garantir maior eficácia na extirpação da praga, principalmente na aplicação do controle biológico inundativo. Com menores populações de pragas a liberação de menos biocontroladores seria suficiente para o controle da praga. Isso garantiria o funcionamento normal do ecossistema uma vez que a introdução de um inimigo natural pode afetar insetos importantes como, por exemplo, insetos polinizadores (GONÇALVES-SOUZA et al., 2008),

desestabilizando toda a estrutura da comunidade local (van LENTEREN et al., 2003).

Outros estudos são necessários para elucidar se o padrão encontrado neste trabalho se aplica em outras culturas de plantas de ciclo de vida curto e se as formigas respondem da mesma forma à presença de outros artrópodes utilizados como inimigos naturais dos afídeos. Outro ponto importante é averiguar se os mesmos resultados se repetem quando se avalia o efeito da presença das formigas juntamente com toda a comunidade associada às culturas sobre a população de afídeos.

Visto a crescente demanda por alimentos orgânicos e aumento em sua produção em nosso país (Ministério da Agricultura, 2012), conhecer os padrões ecológicos das interações que ocorrem nos sistemas agrícolas permitirá aprimorar as técnicas de manejo de pragas através do controle biológico, principalmente no que diz respeito ao papel das formigas associadas a esses habitats, uma vez que estes insetos ocorrem em praticamente todas as culturas (STUTZ; ENTLING, 2011) e são chave de muitos processos ecológicos nesses sistemas (WAY; KHOO, 1992). Dessa forma poderemos aliar desenvolvimento humano a técnicas produtivistas menos impactantes ao meio ambiente, promovendo não apenas a conservação das espécies, mas também o funcionamento dos ecossistemas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Departamento de Entomologia da Universidade de Lavras pela disponibilização da área dos experimentos, laboratórios e casa de vegetação para a criação dos insetos utilizados no presente trabalho. Agradecemos aos funcionários do Setor de Olericultura do Departamento de Agricultura da UFLA, pela ajuda na preparação da área de cultivo. Agradecemos aos estagiários que participaram de parte do trabalho: Gabriel, Mariana, Juan e Esther, além das BICjr: Yasmin e Denise. Agradecemos ao Moreno pela ajuda nas análises estatísticas. À CAPES, FAPEMIG e CNPQ pelo apoio financeiro.

CONCLUSÃO GERAL

Conclui-se que a interação formiga-afídeo parece ser potencialmente prejudicial aos sistemas de cultivo orgânico de plantas de ciclo de vida curto, uma vez que as formigas mantêm as populações de afídeos em crescimento durante praticamente todo o ciclo de vida da planta, além de aumentar a produção de indivíduos alados, aumentando sua dispersão. O aumento no número de afídeos causa um estresse contínuo, podendo conseqüentemente gerar perdas na produtividade da planta. Estes efeitos negativos na produtividade da planta, causados pelo aumento do número de afídeos, devem ser investigados de forma a se concluir sobre o real efeito da interação formiga-afídeo nas plantas de ciclo de vida curto.

As formigas associadas a afídeos só afetam a presença de inimigos naturais de afídeos se houver mais de uma espécie de formiga atendendo os afídeos. Tais resultados podem ser relacionados a alguns fatores que potencialmente interferem na predação dos crisopídeos, como o porte herbáceo da planta utilizada, as características pubescentes da planta, o aumento na temperatura e a baixa incidência de mais de uma espécie de formiga atendendo os afídeos.

Os conhecimentos sobre as interações ecológicas das comunidades em sistemas agrícolas permitirão uma melhor escolha do tipo de controle biológico a ser usado em cada tipo de cultura. Desta forma, poder-se-á aliar desenvolvimento humano e conservação da biodiversidade, bem como o funcionamento dos ecossistemas em áreas de cultivos e circunvizinhos.

REFERÊNCIAS

AWMACK, C.S.; LEATHER, S. R. Host Plant Quality and Fecundity in herbivorous Insects. **Annu. Rev. Entomol**, Palo Alto, EUA, 47:817–44, 2002.

BARRAGALLO, S.; CRAVEDI, P.; PASQUALINI, E.; PATTI, I. **Aphids of the principal fruit-bearing crops**. Milão: Bayer, 1997.

BECERRA, J. X. I.; VENABLE, D. L. Extrafloral nectaries: a defense against ant-Homoptera mutualism?. **Oikos**, Gainesville, EUA, 1989.

BEZERRA, C. E. S.; NOGUEIRA, C. H. F.; SOMBRA, K. D. da. S.; DEMARTELAERE, A. C. F.; ARAUJO, E. L. de. Crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae): Aspectos biológicos, potencial de utilização e perspectivas futuras. **Rev. Caatinga**, Mossoró, Brasil, 22(3): 01-05, 2009.

BILLICK, I.; HAMMER, S.; REITHEL, J. S.; ABBOT, P. Ant–Aphid Interactions: Are Ants Friends, Enemies, or Both? **Ann. Entomol. Soc. Am**, Lexington, EUA, 100(6): 887-892, 2007.

BJÖRKMAN, C.; DALIN, P.; AHRNÉ, K. Leaf trichome responses to herbivory in willows: induction, relaxation and costs. **New Phytologist**, Humnabad, India, 179: 176–184, 2008.

BLACKMAN, R. L.; EASTOP, V. F. In: van EMEDEM, H. F.; HARRINGTON, R. **Aphid as a Crop Pests**. Oxford : CABI, 2007.

BLÜTHGEN, N.; STORK, N. E.; FIEDLER, K. Bottom-up control and co-occurrence in complex communities: honeydew and nectar determine a rainforest ant mosaic. **Oikos**, Gainesville, EUA, 106:2, 2004.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais climatológicas** 1961-1990. Brasília: MARA, 1992. 84 p.

CARDOSO, J. T.; LAZZARI, S. M. N. Development and consumption capacity of *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera, Crhysopidae) fed with *Cinara spp.* (Hemiptera, Aphididae) under three temperatures. **Revista Brasileira de Zoologia**, São Paulo, Brasil, 20(4): 573-576, 2003.

CHAPMAN, R. F.; SIMPSON, S. J.; DOUGLAS, A. E. **The Insects: Structure and Functions**. Cambridge: Cambridge University Press, 929p, 2013.

COPPLER, L. B.; MURPHY, J. F.; EUBANKS, M. D. Red imported fire ants (Hymenoptera: Formicidae) increase the abundance of aphids in tomato. **Florida Entomologist**, Gainesville, EUA, 90(3), 2007.

CRHISTENSON, L. D.; SMITH, F. F. **Insects and the plant viruses**. US. Dept. Agr. Yearbook, 1952.

DAHLIN, R. M.; BRICK, M. A.; OGG, J. B. Characterization and density of trichomes on three common bean cultivars. **Economic Botany**, Bronx, 46(3): 299-304, 1992.

DANTAS, A. A.A; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e Tendências Climáticas em Lavras, MG. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, 31(6): 1862-1866, 2007.

DELABIE, J. H. C. Trophobiosis Between Formicidae and Hemiptera (Sternorrhyncha and Auchenorrhyncha): an Overview. **Neotropical Entomology**, Londrina, Brasil, 30(4): 501-516, 2001.

DEL-CLARO, K. **Biodiversidades Interativa: a ecologia comportamental e de interações como base para o entendimento das redes tróficas que mantém a viabilidade das comunidades naturais**. In: UFU, ano 30- Tropeçando Universos (artes, humanidades, ciências), Uberlândia, MG, p.599-614, 2008.

DEL-CLARO, K.; BYK, J.; YUGUE, G.M.; MORATO, M.G. Conservative Benefits in an Ant-Hemipteran Association in the Brazilian Tropical Savanna. **Sociobiology**, Chico, EUA, Vol. 47, No. 2, 2006.

DEL-CLARO.; OLIVEIRA, P. S. Ant-Homoptera Interactions in a Neotropical Savanna: The Honeydew-Producing Treehopper, *Guayaquila xiphias* (Membracidae), and its Associated Ant Fauna on *Didymopanaxvinosum* (Araliaceae). **Biotropica**, Washington, EUA, 31(1): 135-144 1999.

DEL-CLARO.; OLIVEIRA, P. S. Honeydew flicking by treehoppers provides cues to potential tending ants. **Anim. Behav**, Philadelphia, EUA, 51,1071–1075,1996.

DELFINO, M. A.; BUFFÁ, L. M. Algunas interacciones planta-áfido-hormiga en Córdoba (Argentina). **Zool. baetica**, Granada Espanha,11: 3-15, 2000.

DETRAIN, C.; VERHEGGEN, F. J.; DIEZ, L.; WATHELET, B.; AUBRUGE, E. Aphid-ant mutualism: how honeydew sugars influence the behaviour of ant scouts. **Physiological Entomology**, Oxford, Inglaterra, 35, 168–174, 2010.

FAVRET, C.; G.L. MILLER. 2012. *AphID. Identification Technology Program, CPHST, PPQ, APHIS*, USDA; Fort Collins, CO. Disponível em: <<http://AphID.AphidNet.org/>>.

FERNÁNDEZ, F. **Introducción a las hormigas de la región Neotropical. Instituto de Investigacion de Recursos Biologicos** .Alexander von Humboldt: Colombia, 2003.

FLATT, T.; WEINSSER, W. W. The Effects of Mutualistic Ants on Aphid life History traits. **Ecology**, Basel, Switzzland, 81:12, 2000.

FLATT, T.; WEINSSER, W. W. The Effects of Mutualistic Ants on Aphid life History traits. **Ecology**, Basel, Switzzland, 81: 12, 2000.

FORMIFUU. **Pasta Aderente Antiformiga**. 2014. Disponível em: <<http://www.formifuu.com/pasta-aderente-16>>.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BAPTISTA, G.C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIN, J.D. ; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920p.

GONÇALVES-SOUZA, T.; OMENA, P. M.; SOUZA, J. C.; ROMERO, G. Q. Trait-mediated effects on flowers: Artificial spiders deceive pollinators and decrease plant fitness. **Ecology**, Tempe, EUA, 89(9): 2407–2413, 2008.

GOTELLI, N. J.; ELLISON, A. M. **Princípios de Estatística em Ecologia**. Porto Alegre: ARTMED, 2011.

HANDLEY, R.; EKBOM, B.; ÅGREN, J. Variation in trichome density and resistance against a specialist insect herbivore in natural populations of *Arabidopsis thaliana*. **Ecological Entomology**, Londres, Inglaterra, 30: 284–292, 2005.

HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. O. **The Ants**. Cambridge: Havard University Press, 1999.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia: **Clima: Gráficos Climatológicos**, 2013. Disponível em: <[dhttp://www.inmet.gov.br/sim/gera_graficos.php](http://www.inmet.gov.br/sim/gera_graficos.php)>.

KAMINSKI, L. A.; SENDOYA, S. F.; FREITAS, A. V. L.; OLIVEIRA, P. S. Ecologia comportamental na interface Formiga-Planta-Herbívoro: Interações entre formigas e Lepidópteros. **Oecol. Bras**, Rio de Janeiro, Brasil, 13(1): 27-44, 2009.

KAPLAN, I.; DIVELY, G. P.; DENNO, R.F. The costs of anti-herbivore defense traits in agricultural crop plants: a case study involving leafhoppers and trichomes. **Ecological Applications**, Tempe, EUA, 19(4): 864–872, 2009.

KAWADA, K. (1987) Polymorphism and morph determination. In: MINKS, A. K.; HARREWIJN, P. **Aphids their biology natural enemies and control**, vol. A. Amsterdam: Elsevier. 450p.

LIRA, R. S.; BATISTA, J. de. L. Aspectos biológico de Chrysoperla externa alimentados com pulgões da Erva Doce. **Rev. de Biol. e Ciên. da Terra**, Monteiro, Brasil, 06(2): 20-35, 2006.

McPHEE, K. E.; GRODEN, E.; DRUMMOND, F. A. Ant-Homopteran Relationships: Relevance to an Ant Invasion in Maine. **Technical Bulletin**, Orono, EUA, 199, 2008.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Orgânicos**. 2012. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/organicos>>.

MORAES, G. J. de.; BERTI FILHO, E.. Controle biológico de pragas no Brasil. **Rev. USP**, São Paulo, 64, 2005 .

MOREIRA, V. S.S.; DEL-CLARO, K. The Outcomes of an Ant-Treehopper Association on *Solanum lycocarpum* St. Hill: Increased Membracid Fecundity and Reduced Damage by Chewing Herbivores. **Neotropical Entomology**, Londrina, Brasil, 34(6):881-887, 2005.

OFFENBERG, J. Balancing between mutualism and exploitation: the symbiotic interaction between Lasius ants and aphids. **Behav. Ecol. Sociobiol.**, Nova York, EUA, 49:304-310, 2001.

PARON, M. J. F. O.; LARA, F. M. Relação entre tricomas foliares de genótipos de feijoeiro comum, *Phaseolus vulgaris* L. e resistência a *Diabrotica speciosa* Germar, 1824 (Coleoptera: Chrysomelidae). **Ciênc. agrotec., Lavras**, 29(4): p. 894-898, 2005.

PINHEIRO, J. C.; BATES, D. M. **Mixed-Effects Models in S and S-Plus**. New York: Springer, 2000.

R Development Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2013. ISBN 3-900051-07-0. Disponível em: <URL <http://www.R-project.org/>>.

RANDO, J.S.S.; LIMA, C.B. Detecção de *Aethalion reticulatum* (L., 1767) (Hemiptera: Aethalionidae) em alfavacacravo (*Ocimum gratissimum* L.) e observações sobre sua ocorrência. **Rev. Bras. Pl. Med.**, Botucatu, 12(2): 239-242, 2010.

REIS FILHO, W.; QUEIRÓZ, C. de.; FARINHA, A. E. C. Formigas associadas aos Pulgões *Cínara pinivora* e *C. atlântica* (Wilson, 1919) em plantios de *Pinus spp.* No sul do Brasil. **Comunicado Técnico 76**, Colombo PR, dez, 2002.

RENAULT, C. K.; BUFFA, L. M.; DELFINO, M. A. An aphid-ant interaction: effects on different trophic levels. **Ecol Res.**, Tsukuba, Japão, 20: 71–74, 2005.

REZNIKOVA, Z. I.; NOVGORODOVA, T. A. The Importance of Individual and Social Experience for Interaction between Ants and Symbiotic Aphids. **Doklady Biological Sciences**, Novosibirsk, Russia, 359: 173–175, 1998.

RHAINDS, M.; MESSING, R. H. Spatial and temporal density dependence in a population of melon aphid, *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae), on established and sentinel taro plants. **Appl. Entomol. Zool.**, Tóquio, Japão, 40 (2): 273–282, 2005.

RICO-GRAY, V.; OLIVEIRA, P. S. **The Ecology and Evolution of Ant-Plant Interactions**. Chicago: The University of Chicago Press, 2007.

RODRIGUES, W. C.; SPOLIDORO, M. V.; ZINGER, K.; CASSINO, P. C. R. Dinâmica Populacional de Pulgão Preto dos Citros (Sternorrhyncha) em Cultivo Orgânico de Tangerina (*Citrus reticulata* Blanco) em Seropédica, RJ. **EntomoBrasilis**, Vassouras, Brasil, 3(2): 38-44, 2010.

SAKATA, H. Density-dependent predation of the ant *Lasius niger* (Hymenoptera: Formicidae) on two attended aphids *Lachnus tropicalis* and *Myzocallis kuricola* (Homoptera: Aphididae). **Res. Popul. Eco.**, Tóquio, Japão, 37(2): 159-164, 1995.

SANTOS, T. M. dos.; BOIÇA JÚNIOR, A. L.; SOARES, J. J. Influência de tricomas do algodoeiro sobre os aspectos biológicos e capacidade predatória de *Chrysoperla externa* (Hagen) alimentada com *Aphis gossypii* Glover. **Bragantia**, Campinas, 62(2): 243-254, 2003.

SCHOWALTER, T. D. **Insect Ecology: An Ecosystem Approach**. Oxford: Academic Press, 2006.

SHINGLETON, A, W; FOSTER, W. A. Ant tending influences soldier production in a social aphid. **The Royal Society**, Oxford, Inglaterra, 2000.

SOUZA, R. F. de. **Implicações do mutualismo trofobiótico com Hemipteros na atividade de forrageamento de formigas arborícolas em um ecossistema arbóreo montano**. Universidade Federal de Ouro preto, Dissertação de Mestrado, 2010.

STADLER, B.; DIXON, A.F.G. Costs of ant attendance for aphids. **Journal of Animal Ecology**, Oxford, Inglaterra, 67: 454-459, 1998.

STADLER, B; DIXON, A, F, G. Ecology and Evolution of Aphid-Ant Interactions. **Annual Review of Ecology: Evolution an Systematics**, Palo Alto, EUA, 36, 2005.

STADLER, B; DIXON, T. **Mutualism: Ants and their Insect Partners**. Cambridge: Cambridge Press, 2008.

STEFANI, V.; SEBAIO, F.; DEL-CLARO, K. Desenvolvimento de *Enchenopa brasiliensis* Strümpel (Homoptera, Membracidae) em plantas de *Solanum lycocarpum* St.Hill. (Solanaceae) no cerrado e as formigas associadas. **Rev. Bras. De Zootecnia**, Juiz de Fora, 2(1): 21-30, 2000.

STUTZ, S.; ENTLING, M. H. Effects of the landscape context on aphid-ant-predator interactions on cherry trees. **Biological Control**, Sophia Antipolis Cedex, France, 57, 37–43, 2011.

STYRSKY, J. D.; EUBANKS, M. D. Ecological consequences of interactions between ants and honeydew-producing insects. **Proc. R. Soc. B**, Londres, Inglaterra, 274: 151–164, 2007.

SUZUKI, N.; OGURA, K.; KATAYAMA, N. Efficiency of herbivore exclusion by ants attracted to aphids on the vetch *Vicia angustifolia* L. (Leguminosae). **Ecological Research**, Tsukuba, Japão, 19: 275–282, 2004.

TEGELAR, K.; HAGMAN, M.; GLINWOOD, R.; PETTERSSON, J.; LEIMAR, O. Ant – aphid mutualism: the influence of ants on the aphid summer cycle. **Oikos**, Gainesville, EUA, 121: 61-66, 2012.

ULHÔA, J. L. R. Bioecologia dos crisopídeos e sua importância no Controle Biológico de pragas. **Gnose em Revista**, Belo Horizonte, Brasil, 1(1): 101-106, 2011.

van LENTEREN, J.C.; BABENDREIER, D.; BIGLER, F.; BURGIO, G.; HOKKANEN, H.M.T.; KUSKE, S.; LOOMANS, A.J.M.; MENZLER-HOKKANEN, I.; VAN RIJN, P.C.J.; THOMAS, M.B.; TOMMASINI, M.G.; ZENG, Q.-Q. Environmental risk assessment of exotic natural enemies used in inundative biological control. **BioControl**, Dordrecht, Holanda ,48: 3–38, 2003.

WAY, M. J. Mutualism between ants and honeydew producing Homoptera. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, EUA vol. 8, p.307-344, 1963.

WAY, M. J.; KHOO, K. C. Role of ants in pest Management. **Annu. Rev. Entomol**, Palo Alto, EUA, 37:479-503, 1992.

WIRTH, R.; HERZ, H.; RYEL, R. J.; BEYSCHLAG, W.; HÖLLDOBLER, B. **Herbivory of Leaf-Cutting Ants: A case study on *Atta colombica* in the tropical rainforest of Panamá**. Berlim: Springer, 2003.

ZHANG, S.; SHANG, Y.; MA, K. The ecological effects of the ant-hemipteran mutualism: A meta-analysis. **Basic and Applied Ecology**, Gesellschaft für Ökologie, Alemanha, 13, 116-124, 2012.