



ANA LUISA GANGANA DE CASTRO

**SERVIÇOS AMBIENTAIS: REMOÇÃO DE INSETOS EM AMBIENTE
NATURAL E DE CULTURA**

**SETE LAGOAS / MG
2015**

ANA LUISA GANGANA DE CASTRO

**SERVIÇOS AMBIENTAIS: REMOÇÃO DE INSETOS EM AMBIENTE
NATURAL E DE CULTURA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal de São João Del Rei - *Campus* Sete Lagoas, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias (Área de concentração - Produção Vegetal).

Orientador: Prof. Dr. Marcos Antonio Matiello Fadini

Co-orientadores: Prof. Dr. Anderson Oliveira Latini

Dr. Ivan Cruz

**SETE LAGOAS / MG
2015**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Divisão de Biblioteca da UFSJ, MG, Brasil.

2015 Ana Luisa Gangana de Castro - 1985

Orientador: Marcos Antônio Matiello Fadini
Coorientadores: Anderson Oliveira Latini, Ivan Cruz

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de São João Del-Rei,
Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias.

Inclui bibliografia.

1. 2. 3. II. Universidade Federal de São João Del-Rei. Programa de Pós-
Graduação em Ciências Agrárias. III. Título.

CDU:

ANA LUISA GANGANA DE CASTRO

**SERVIÇOS AMBIENTAIS: REMOÇÃO DE INSETOS EM AMBIENTE
NATURAL E DE CULTURA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal de São João Del Rei - *Campus* Sete Lagoas, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias (Produção Vegetal).

Orientador: Prof. Dr. Marcos Antonio Matiello Fadini

Co-orientadores: Prof. Dr. Anderson Oliveira Latini

Dr. Ivan Cruz

Sete Lagoas, 26 de agosto de 2015.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Rafael Braga da Silva – Faculdades Santo Agostinho

Prof. Dr. Marco Antônio Alves Carneiro – Universidade Federal de Ouro Preto

Orientador: Prof. Dr. Marcos Antônio Matiello Fadini-UFSJ

SETE LAGOAS / MG

2015

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Benedito e Cirene, meus irmãos Daniela e Daniel e minha sobrinha Mell.

Pelo incentivo, apoio e amor de sempre.

Dedico e agradeço.

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo Dom da vida, e por me permitir concluir mais uma etapa em minha caminhada.

Aos meus pais Benedito de Castro Filho e Cirene Maria Gangana de Castro, por todo amor, respeito, ensinamentos e compreensão que tiveram para que eu pudesse chegar até aqui.

Aos meus irmãos Daniela Gangana de Castro e Daniel Gangana de Castro e minha sobrinha Mell, pelo incentivo e por acreditarem em mim.

À UFSJ pela oportunidade da realização do mestrado.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, pelos ensinamentos e apoio, em especial ao Prof. Dr. Ernani Clarete pela amizade.

Aos Prof. Dr. Marcos Antônio Matiello Fadini e Dr. Anderson Oliveira Latini pela orientação, ensinamento, dedicação, amizade, pelo conhecimento transmitido e distinto exemplo que contribuiu para o meu desenvolvimento profissional.

Ao Dr. Ivan Cruz pela amizade, orientação e por despertar e incentivar meu gosto pela pesquisa, em especial pela entomologia.

Aos técnicos e amigos do LACRI (Laboratório de Criação de Inseto- Embrapa Milho e Sorgo), Geraldo, Zazá, Taquinho e Márcio.

Aos colegas de trabalho do LACRI, pela amizade e companheirismo.

Aos técnicos dos campos experimentais da Embrapa Milho e Sorgo, por toda ajuda na realização dos experimentos, sem eles não teria sido possível a realização deste trabalho.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Milho e Sorgo, pela disponibilização de toda a infraestrutura para que o projeto pudesse ser realizado.

Aos Professores Dr. Rafael Braga da Silva e Dr. Marco Antônio Alves Carneiro, por aceitarem fazer parte da banca examinadora desta dissertação.

Aos amigos de turma, em especial Matilde e Adenilson pela amizade e incentivo.

À todos meus familiares pelo apoio.

À todos os velhos e bons amigos que contribuíram para o meu crescimento pessoal.

À Fapemig, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, pela concessão da bolsa de mestrado.

Enfim a todos que contribuíram direta ou indiretamente para que eu pudesse realizar mais este sonho.

Gratidão.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	1
INTRODUÇÃO	2
REFERÊNCIAS.....	5
ARTIGO 1	8
Resumo	10
Abstract.....	11
INTRODUÇÃO	12
MATERIAL E MÉTODOS	13
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
REFERÊNCIAS.....	18
ARTIGO 2	21
Resumo	23
Abstract.....	24
Introdução.....	25
Material e Métodos	28
Área de estudo	28
Teste em vasos	28
O experimento nas lavouras	29
Análises estatísticas.....	30
Resultados e Discussão	32
Conclusões	37
Referências.....	38

INTRODUÇÃO GERAL

INTRODUÇÃO

O conceito de paisagem, sob o ponto de vista científico, tem como base nos estudos de geografia proposto por naturalistas alemães do século XIX (Bertrand, 1972) e podem ser divididas em naturais e culturais. As naturais referem-se a elementos combinados de vegetação, solo, rios e lagos e culturais que são as modificações feitas pelo homem (Schier, 2003). Uma abordagem mais recente, a ecológica, segundo Ritter & Moro (2012) está relacionada na aplicação da paisagem na conservação da diversidade biológica, no manejo de recursos e na ecologia de ecossistemas. Há uma dependência espacial entre as unidades da paisagem, que por sua vez interagem com a vizinhança combinando a análise espacial com o aspecto funcional da ecologia, onde se entende como os processos ecológicos são influenciados e modificados (Metzger, 2001). A paisagem é uma unidade heterogênea, composta por um complexo de unidades interativas como matriz e fragmentos de áreas naturais, anteriormente contínuas, que formam os ecossistemas (Opdam et al., 1993). Estes fragmentos podem ser definidos como uma porção não linear da paisagem, diferindo em aparência do seu entorno (Lang & Blaschke, 2009), a maior parte da biodiversidade se encontra localizada nestes fragmentos (Lima, 2014).

O termo biodiversidade refere-se à diversidade biológica para apontar a variedade de formas de vida em todos os níveis, desde microrganismos até flora e fauna silvestres, incluindo também a espécie humana. Contudo, essa variedade de seres vivos não deve ser visualizada individualmente, mas sim em seu conjunto estrutural e funcional (relativo aos processos naturais), com uma visão ecológica do sistema natural, isto é, em um conceito mais amplo, de ecossistema (Alho, 2012). Porém essa variedade está ameaçada por diversos fatores da ação humana, um dos fatores que mais afetam essas paisagens e conseqüentemente os ecossistemas é a fragmentação de habitats (Silva, 2014). Atividades antrópicas, tais como o uso da terra para criação de áreas de pastos ou monocultura, têm alterado a configuração das paisagens de floresta tropical, sendo consideradas entre as maiores responsáveis pela crise global de biodiversidade (Sala et al., 2000). Essa fragmentação modifica ou divide e provoca descontinuidade de recursos de um ecossistema, levando a modificações na reprodução, variabilidade genética, disponibilidade de alimento, serviços ambientais entre outros fatores (Ismail, 2014).

Para entender a dinâmica dos ecossistemas, é necessário o entendimento das funções ecossistêmicas, que podem ser definidas como as constantes interações entre os elementos estruturais do ambiente natural, incluindo transferência de energia, regulação de ciclos biogeoquímicos, regulação de gás e regulação climática (Andrade e Romeiro, 2009).

Os serviços ambientais são os processos benéficos diretos e indiretos obtidos pelo homem a partir dos ecossistemas, dentre eles temos como exemplos o controle biológico (Sousa et al., 2011), a polinização (Rizzardo et al., 2012), dispersores de sementes (Brancalion et al., 2010) e ciclagem de nutrientes (Duarte, 2007), obtenção de produtos como madeira, fibras, alimentos e fármacos (Daily, 1997) e o bem-estar de todas as populações humanas do mundo, que depende diretamente dos serviços fornecidos pelos ecossistemas (Fathi e Masnavi, 2014; TEEB, 2010). No que se refere ao tipo de serviço ambiental, temos a classificação proposta pela Avaliação Ecossistêmica do Milênio (Millennium Ecosystem Assessment, 2005), de acordo com esta, os serviços ambientais podem ser classificados em quatro grandes grupos, isto é, serviços de provisão (exemplos: produção de alimentos, fibras e lenha), de regulação (exemplos: regulação climática, polinização, regulação hídrica), culturais (exemplos: recreação, turismo, espiritual e religiosa) e de suporte (exemplos: formação do solo, habitats para espécies e ciclagem de nutrientes).

É possível dar valores aos serviços ambientais, vários métodos podem ser utilizados para fazer essa valoração econômica de diferentes tipos de serviços (de Groot et al., 2002), estes autores apresentam uma proposta preliminar de métodos que têm sido utilizados na literatura internacional para a valoração de cada tipo de serviço ambiental. No Brasil o serviço de regulação climática vem sendo mensurado principalmente pelos níveis de carbono sequestrado, com a existência de mercados de carbono e de estimativas internacionais de seu valor, o serviço de regulação climática, que é dado pelo estoque de carbono, foi valorado por transferência de valores internacionais, que são diretamente multiplicados pelos estoques físicos, através de estimativas no país em questão (Soares-Filho et al., 2010). Estudos sobre a influência de perda de matas ciliares (Ditt et al., 2010) ou de áreas de manguezal (Souza & Silva, 2011) sobre a qualidade da água, permitem a avaliação dos benefícios destas áreas pelo custo do tratamento alternativo da água por estações de tratamento. Mais recentemente, Costanza et al. (2014) em seu estudo atualizaram o valor global de serviços de ecossistema e obtiveram valores da ordem de US\$ 145 trilhões anuais.

Alguns tipos de serviços como a predação de sementes, a polinização e a remoção de insetos são processos que afetam a dinâmica de alguns processos nos ecossistemas (Farwig et al., 2009). Locais com maior heterogeneidade, maior variedade e quantidade de vegetação oferecem maiores recursos aos organismos que realizam estes serviços (Sanderson et al., 2009). Habitats naturais ou habitats com menor perturbação pelo Homem podem conter maior abundância de elementos (e, portanto, de organismos) que influenciam sobre os serviços ambientais disponíveis (Kotze & Lawes, 2007).

Em agroecossistemas os serviços ambientais também são afetados pelo grau de intervenção no cultivo, como por exemplo, a remoção de insetos é influenciado pelo manejo adotado no cultivo (Menalled et al., 2007), pelas variedades geneticamente modificadas utilizadas (Bizzocchi, 2014) e pelo tipo de adubação utilizada (Costa, 2014).

Desse modo, no presente estudo, objetivou-se avaliar a remoção de insetos em ambiente natural e de cultura, com o objetivo de esclarecer as interações envolvidas nesse processo e como a atividade humana pode influenciar no mesmo. Assim, no primeiro capítulo, apresentado em forma de artigo, avaliou-se a remoção de larvas de tenébrio por invertebrados e vertebrados em diferentes paisagens (degradada por mineração, Campo Rupestre e mata), com o intuito de averiguar se estas poderiam fornecer este serviço a áreas produtivas adjacentes e se este fornecimento seria distinto entre elas. No segundo capítulo, também apresentado em forma de artigo, estudou-se processos benéficos desencadeados por inimigos naturais da praga *Helicoverpa armigera* L. sobre o seu controle, em lavoura de milho com dois diferentes tratos (refletindo a intervenção humana no cultivo) e em diferentes profundidades do solo.

REFERÊNCIAS

- ALHO, C.J.R. Importância da biodiversidade para a saúde humana: uma perspectiva ecológica. *Estudos avançados*, São Paulo, v.26, n.74, p. 151-165, 2012.
- ANDRADE, D.C.; ROMEIRO, A.R. Serviços ecossistêmicos e sua importância para o sistema econômico e o bem-estar humano. *Texto para Discussão . IE / UNICAMP*, n.155, 2009.
- BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. São Paulo: USP, 1972. 27p.
- BIZZOCCHI, L. Avaliação Dos Impactos Do Pólen De Milho Geneticamente Modificado (Bt) Sobre Colônias De *Apis Mellifera L.* 2014. 66p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.
- BRANCALION, P.H.S.; RODRIGUES R.R.; GANDOLFI S.; KAGEYAMA P.Y.; NAVE A.G.; GANDARA F.B; BARBOSA L.M.; TABARELLI, M. Legal Instruments Can Enhance High-Diversity Tropical. *Revista Árvore*, v.34, p.455–470, 2010.
- COSTA, D.M.; CAMPOS, M.B.S.; MARGARIDO, L.A.C. Levantamento de Formicidae (Hymenoptera) em adubação verde: durante seu desenvolvimento e após o manejo incorporação da matéria seca ao solo. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v.9, n.2, p.223-232, 2014.
- COSTANZA, R.; GROOT, R de; SUTTON, P.; PLOEG, S. van der; ANDERSON, S.J.; KUBISZEWSKI, I.; FARBER, S.; TURNER, R.K. Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, v.26, n.1, p.152–158, 2014.
- DAILY, G.C. *Nature's services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Washington: Island Press, 1997.412p.
- DITT, E.H.; MOURATO, S.; GHAZOUL, J.; KNIGHT, J. Forest conversion and provision of ecosystem services in the Brazilian Atlantic Forest. *Land Degradation & Development*, v.21, n.6, p.591-603, 2010.
- DUARTE, E.M.G. *Ciclagem de Nutrientes por Árvores em Sistemas Agroflorestais na Mata Atlântica*. 2007. 115p. Dissertação(Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- FARWIG, N., BAILEY D, BOCHUD E, HERRMANN JD, KINDLER E, REUSSER N, SCHÜEPP C, SCHMIDT-ENTLING MH Isolation from forest reduces pollination, seed predation and insect scavenging in Swiss farmland. *Landscape Ecological*, v.24 p.919-927, 2009.

FATHI, M.; MASNAVI, M.R. Assessing Environmental Aesthetics of Roadside Vegetation and Scenic Beauty of Highway Landscape: Preferences and Perception of Motorists. *International Journal of Environmental Research*, v.8, n.4, p.941–952, 2014.

GROOT, R.S.De; WILSON, M.A.; BOUMANS, R.M. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, v.41, n.3, p.393-408, 2002.

ISMAIL, S.A.; GHAZOUL, J.; RAVIKANTH, G.; KUSHALAPPA, C.G.; SHAANKER, R.U.; KETTLE, C.J. Fragmentation Genetics of *Vateria indica*: implications for management of forest genetic resources of an endemic dipterocarp. *Conservation Genetics*, Suíça, v. 15 n.1 p.533-545, 2014.

KOTZE, D.J.; LAWES, M.J. Viability of ecological processes in small Afromontane forest patches in South Africa. *Austral Ecology*, v.32, p.294-304. 2007.

LANG, S.; BLASCHKE, T. Análise da paisagem com SIG. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 114 p.

LIMA, L.P.Z. Influência da estrutura de paisagens em parâmetros da biodiversidade com foco em pequenos fragmentos e corredores de vegetação no bioma da Mata Atlântica, Minas Gerais, Brasil. 2014. 75p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MENALLED F.D.; SMITH, R.G.; DAUER J.T.; FOX T.B. Impact of agricultural management on carabid communities and weed seed predation. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.118, p.49–54, 2007.

METZGER, J.P. O que é ecologia de paisagens? *Biota Neotropica*, v.1, p.1-9, 2001.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. World Health Organization. *Ecosystems and human well-being: health synthesis*. Geneva: World Health Organization (2005).

OPDAM, P.; APELDOORN R.; SCHOTMANN, A.; KALKOVEN, J. Populations in fragmented landscape. *Landscape Ecology*, v.29, p.147-171, 1993.

RITTER, L.M.O.; MORO, R.S. As bases epistemológicas da ecologia da paisagem. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, v.3, n.3, p.58-61, 2012.

RIZZARDO, R.A.G; MILFONT, M.O.; SILVA, E.M.S.; FREITAS, B.M. *Apis mellifera* pollination improves agronomic productivity of anemophilous castor bean (*Ricinus communis*). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v.84, n.4, p.1137–1145, 2012.

SALA, O.E.; CHAPIN, F.S.; ARMESTO, J.J.; BERLOW, E.; BLOOMFIELD, J.; DIRZO, R.; HUBER-SANWALD, E.; HUENNEKE, L.F.; JACKSON, R.B.; KINZIG, A.;

LEEMANS, R.; LODGE, D.M.; MOONEY, H.A.; OESTERHELD, M.; POFF, N.L.; SYKES, M.T.; WALKER, B.H.; WALKER, M.; WALL, D.H. Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*, v.287, p.1770-1774, 2000.

SANDERSON, F.J.; KLOCH, A.; SANCHANOWICZ, K.; DONALD, P.F. Predicting the effects of agricultural change on farmland bird populations in Poland. *Agriculture Ecosystems & Environment*, v.129, p.37-42, 2009.

SCHIER, R.A. Trajetórias do conceito de paisagem na geografia. *Revista RA'E GA*, v.7, n.7, p.79-85, 2003.

SILVA, E.A.E.S. Estruturação de assembleias arbóreas em uma paisagem fragmentada: existe relaxamento na mortalidade dependente da densidade e distância? 2014. 168p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 2014.

SOARES-FILHO, B.; MOUTINHO, P.; NEPSTAD, D.; ANTHONY, A.; RODRIGUES, H.; GARCIA, R.; DIETZSZH, L.; MERRY, F.; BOWMAN, M.; HISSA, L.; SILVESTRINI, R.; MARETTI, C. Role of Brazilian Amazon protected areas in climate change mitigation. *Proceedings of the National Academy of Sciences - PNAS*, v.107 n.24 p.10821-10826, 2010.

SOUSA, E.H.S.; MATOS, M.C.B. ; ALMEIDA, R.S.; TEODORO, A.V. Forest Fragments' Contribution to the Natural Biological Control of *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) in Maize. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, V.54, n. 4, p755-760, 2011.

SOUZA, F.E.S.; SILVA, C.A.R. E. Ecological and economic valuation of the Potengi estuary mangrove wetlands (NE, Brazil) using ancillary spatial data. *Journal of Coastal Conservation*, v.15, p.195-206, 2011.

TEEB (THE ECONOMICS OF ECOSYSTEMS AND BIODIVERSITY). TEEB for local and regional policy makers. Malta: Progress Press, 2010. 210p.

ARTIGO 1

Artigo para submissão ao Periódico *Brazilian Archives of Biology and Technology*

Ana Luisa Gangana de Castro

Universidade Federal de São João Del-Rei, Sete Lagoas-MG

analuisagangana@yahoo.com.br

Influência da Paisagem Sobre o Serviço Ambiental de Remoção de Insetos

CASTRO, A.L.G.¹; FADINI, M.A.¹; LATINI, A.O.¹

¹ Universidade Federal de São João Del-Rei, Sete Lagoas-MG

Landscape influence on insect scavenging ecosystem service

Resumo

Serviços ambientais são processos que ocorrem naturalmente nos ecossistemas e são responsáveis pela manutenção da biodiversidade e de processos benéficos ao homem. Muitos desses serviços são realizados por organismos e dependem da qualidade do ambiente natural e da distribuição de recursos no mesmo para a sua disponibilidade. No presente trabalho, com o propósito de aumentar o conhecimento sobre o efeito da paisagem natural sobre um serviço ambiental benéfico às lavouras, estudou-se a remoção de larvas de tenébrios em diferentes paisagens, com tipos de cobertura vegetal diferentes, sendo elas Campo Rupestre, mata e área degradada por mineração e o fornecimento destes serviços por organismos vertebrados e invertebrados. Testou-se as hipóteses de que sob maior heterogeneidade do ambiente há maior remoção e maior remoção por organismos vertebrados. Contudo, houve maior remoção de tenébrios em área degradada, as menos heterogêneas, e a remoção, independente da paisagem dominante, foi em sua maior parte, executada por invertebrados, havendo pequena remoção por vertebrados. Assim, ambientes com maior heterogeneidade ambiental não afetaram a remoção de corpos de tenébrio e apesar do ambiente minerado possuir menor riqueza de elementos estruturais e menor riqueza e diversidade de organismos, apresentou maior ação de remoção de larvas de tenébrios.

Palavras chave: fragmentação de habitat, Campo Rupestre, matas, predação natural, serviço do ecossistema.

Abstract

Environmental services are processes that occur naturally in the ecosystem and are responsible for biodiversity maintenance and beneficial process to man. Most of these services are performed by organisms and depend on the quality of the natural environment and the distribution of resources therein for its availability. In this study, in order to raise knowledge of the effect of natural landscape on a beneficial environmental service to crops, studied the removal of Tenebrio larvae in different landscapes, with different types of vegetation, which were field, forest and degraded area by mining and the provision of these services by vertebrate and invertebrate organisms. We tested the hypothesis that under most heterogeneous environment no greater removal and removal by higher vertebrates. However, a higher removal Tenebrio degraded area, less heterogeneous, and removal regardless of the dominant landscape was mostly performed by invertebrates, vertebrates by removing small there. So environments more heterogeneous environment did not affect the removal of Tenebrio bodies and despite the mined environment have lower wealth of structural elements and smaller wealth and diversity of organisms, showed greater action removal mealworms larvae.

Key words: fragmentation habitat, Campo Rupestre, forest, natural predation, ecosystem services.

INTRODUÇÃO

Em sentido amplo, ecossistemas são sistemas naturais que englobam interações entre organismos e os fatores físicos do ambiente, sendo o homem parte integral do mesmo (Liu et al. 2007; Tansley, 2008). Embora este conceito seja antigo, o interesse por seu estudo tem aumentado enquanto aumenta a preocupação a respeito das consequências que as conexões entre o homem e ambiente natural podem gerar (Andrade e Romeiro 2009).

A relação entre diferentes ecossistemas como florestas, campos, lagos, áreas rurais e urbanas, caracteriza paisagens naturais, que são heterogêneas, dotadas de cobertura vegetal típica e, conseqüentemente, de relações específicas entre os organismos que possui (Metzger 1999). A maioria das paisagens é muito complexa estruturalmente e pequenas alterações podem afetar sua estrutura e as relações entre seus elementos (Andrade & Romeiro 2009; Aubry et al. 2012; Crossman et al. 2010; Grêt-Regamey et al. 2008).

Devido, principalmente, à expansão da população e exploração de recursos, a ação humana é causa principal da alteração das paisagens naturais, provocando a fragmentação de áreas de cobertura vegetal contínua, produzindo uma nova paisagem composta por pequenos fragmentos de vegetação original co-ocorrendo com ambientes dominados pelo manejo humano, como pastagens, lavouras e áreas urbanas (Ribeiro 2009). Este processo está entre as mais importantes causas de perda de biodiversidade no planeta e fomenta um conflito entre desenvolvimento humano e conservação ambiental (Bernacci et al. 2006; Dobrovolski et al. 2011; Tabarelli et al. 2010; Turner e Brandon 2007). Como consequência, há isolamento e diminuição da variabilidade genética de populações, perda de riqueza de espécies (Viana e Pinheiro 1998) e de serviços ambientais disponíveis. (Kremen et al. 2007).

Os serviços ambientais, que são passíveis de perda no processo de fragmentação das paisagens, são processos naturais gerados e mantidos pela própria natureza (Geijzendorffer e Roche 2013). Estes processos são benéficos ao Homem e são direta e indiretamente usufruídos a partir da manutenção dos ecossistemas (Andrade e Romeiro 2009). Dentre estes serviços, são exemplos a polinização (DeMarco e Coelho 2004; Fonseca e Silva 2010; Malerbo-souza e Halak 2012; Rizzardo et al. 2012), a dispersão de sementes (Brancalion et al. 2010; Traill et al. 2010), a ação de inimigos naturais sobre pragas em lavouras (Sousa et al. 2011; Veres et al. 2013), a ciclagem de nutrientes (Duarte 2007) e até mesmo o bem estar causado pela beleza do cenário sobre a sociedade (Fathi e Masnavi 2014; Jorgensen 2011).

A disponibilidade destes serviços e a sua dispersão entre e dentro das paisagens naturais tem sido objeto cada vez mais frequente de pesquisas acadêmicas (Bagstad et al. 2013; Palomo et al. 2013). Entre os motivos para que isto ocorra está o fato de que a disponibilidade destes serviços ambientais pode gerar lucros para atividades humanas (De Groot et al. 2012). Os efeitos sobre o bem-estar humano constituem modo de avaliação, mas, as percepções individuais são limitadas e muitas vezes tendenciosas (Kahneman 2011). Apesar disto, a valorização de serviços ambientais, por métodos com estimativas de custos evitados e de substituição tem obtido valores para sistemas específicos (Costanza et al. 2008; Porter et al. 2009) e até mesmo para o planeta, alcançando valores da ordem de US\$ 145 trilhões anuais (Costanza 2014).

Com o propósito de fomentar uma discussão sobre o papel de serviços ambientais em ambientes naturais e amenizar o conflito entre desenvolvimento humano e conservação ambiental, o objetivo do trabalho foi avaliar a disponibilidade do processo natural (serviço ambiental) de remoção de insetos em diferentes paisagens (diferenciadas pelos tipos de cobertura vegetal) e o fornecimento diferencial destes serviços por vertebrados e invertebrados. Com esta abordagem, focou-se na avaliação da disponibilidade de processos benéficos, que podem indicar possível ação de organismos naturalmente disponíveis nas paisagens como inimigos naturais de insetos praga. Assim, a exemplo do estudo de Farwig et al. (2009), o foco deste trabalho foi sobre a disponibilidade de processos naturais e seus possíveis efeitos sobre a remoção de pragas. As paisagens que aqui foram estudadas são fitofisionomias existentes na região Central de Minas Gerais, especificamente o Campo Rupestre e a Mata Semidecidual, além de uma área ambientalmente alterada por mineração.

As hipóteses testadas e suas respectivas predições foram: (i) Quanto maior a heterogeneidade ambiental da paisagem estudada, maior a remoção de corpos de insetos. Espera-se que quanto mais heterogêneo o ambiente, maior será a riqueza de elementos estruturais e consequentemente, maiores a riqueza e diversidade de organismos que aí se mantêm. Nesta circunstância, o grau de conectividade entre os organismos é maior, assim como a variedade e disponibilidade de processos que podem constituir serviços ambientais de remoção de insetos; (ii) Em paisagens com maior heterogeneidade ambiental, o montante de serviços disponibilizados por vertebrados é maior do que por invertebrados; A maior complexidade dos habitats naturais interfere na atividade de vertebrados dentro dos mesmos porque aumenta a função de refúgio destes ambientes. Assim, em áreas mais heterogêneas um maior número de organismos vertebrados poderá estar presente e em atividade quando comparado com uma área menos heterogênea. Desta forma, espera-se maior atividade de remoção de insetos em áreas ambientalmente mais heterogêneas.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o presente trabalho foram estudadas áreas com diferentes tipos de cobertura vegetal, sendo duas caracterizadas pelo domínio de Mata Semidecidual conservada (Mata Atlântica em transição para Cerrado), duas caracterizadas pelo domínio da fisionomia de Campo Rupestre (Cerrado) e uma área alterada por atividade minerária pretérita. Todas estas áreas estudadas representam diferentes paisagens e encontram-se no Quadrilátero Ferrífero, localizado no Estado de Minas Gerais, situado na região sudeste do país, conhecido internacionalmente por seus recursos minerais e por uma rica diversidade natural (Campos et al. 2013).

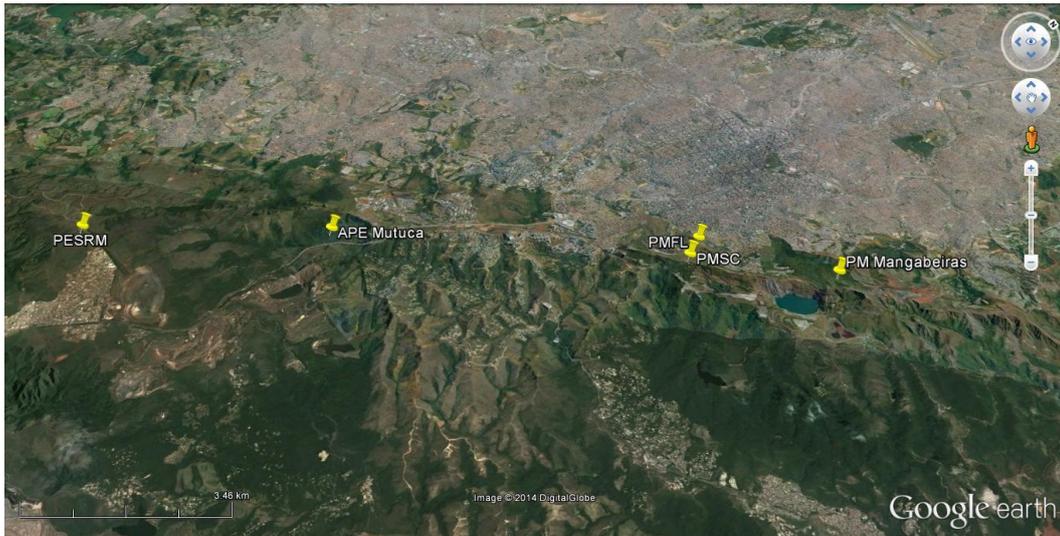
As áreas de campo rupestre que foram amostradas (Fig. 1) estão no Parque Municipal da Serra do Curral (PMSC; município de Belo Horizonte, 19°57'52" e 43°55'09") e na Área de Proteção Especial Manancial da Mutuca (APE Mutuca; município de Nova Lima, 20°00'52" e 43°58'17"). As áreas de mata estão na Área de Proteção Especial Manancial da Mutuca e Parque Estadual da Serra do Rola Moça (PESRM; município de Nova Lima, 20°03'11" e 44°00'08"). Por último, a área alterada encontra-se no Parque Municipal Fort Lauderdale (PMFL; município de Belo Horizonte, 19°57'35" e 43°55'17").

Nestas diferentes áreas foi avaliada a remoção de corpos de insetos por vertebrados e por invertebrados entre abril e julho de 2015. Em cada uma destas áreas foi escolhida uma região representativa da paisagem, onde 20 iscas foram montadas para aferição do grau de sua remoção pelos organismos naturalmente disponíveis. Em cada uma das 20 iscas foram dispostas 30 larvas de *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae). A escolha destas larvas se deveu à disponibilidade no mercado e à semelhança que podem apresentar com lagartas naturalmente disponíveis em ambientes naturais e disponíveis como pragas em sistemas de cultivo, de Lepidoptera ou Coleoptera. Todas as larvas de tenébrios foram adquiridas de criatório comercial na forma desidratada, portanto, não apresentando risco de escape do organismo (com interferência na remoção registrada) ou de introdução acidental nos ambientes naturais estudados.

Das 20 iscas que foram montadas, 10 foram dispostas de forma isolada por gaiolas confeccionadas em metal de dimensões 16 cm (altura) x 17 cm (largura) x 1 cm de malha e foram chamadas de "iscas com restrição de acesso" ou ICR (Fig. 2a), já que foram capazes de impossibilitar o acesso de organismos vertebrados aos tenébrios. O propósito deste isolamento foi o de medir a remoção dos tenébrios por somente organismos invertebrados. Outras 10 iscas não foram isoladas por gaiolas e foram chamadas de "iscas sem restrição de acesso" ou ISR (Fig. 2b) e, portanto, refletiram a remoção de tenébrios executada por organismos invertebrados e por vertebrados juntos, já que estes passaram a ter acesso às iscas. Cada isca foi separada uma da outra por 5 m de distância e a sua disposição em campo foi feita em dois transectos, um paralelo ao outro, sendo um com iscas isoladas pelas gaiolas (ICR) e o outro com iscas não isoladas (ISR).

Com este delineamento, assumiu-se que as iscas abertas foram acessadas por vertebrados e invertebrados e que as iscas fechadas foram acessadas somente por invertebrados. Esperou-se, portanto, que a diferença de remoção de larvas de tenébrios entre os dois tipos de isca (ISR-ICR), reflita a ação dos vertebrados e o valor obtido nas iscas fechadas, reflita a ação dos invertebrados.

A



B



C



D



E



F



Figura 1 - Disposição espacial das unidades de conservação (A; Fonte: Google Earth) de onde obteve-se as áreas para avaliação da remoção de corpos tenébricos. As fotos ilustram as áreas de campo rupestre do PESRM, Parque Estadual da Serra do Rola Moça (B) e do PMSC, Parque Municipal Serra do Curral (C); as áreas de mata da APE Mutuca, Área de Proteção Especial Manancial da Mutuca (D) e do PESRM (E) e; a área alterada do PMFL, Parque Municipal Fort Lauderdale (F). Ao fundo das figuras A, C e F é possível visualizar a região metropolitana de Belo Horizonte, MG.

A



B



Figura 2 - Ilustração da disposição de larvas dos tenébrios desidratados no solo, em locais de avaliação de sua remoção. Em A, disposição com a gaiola (ICR) isolando o acesso de vertebrados e em B, disposição sem a gaiola (ISR). Notar a ação de formigas na remoção das larvas em B.

A avaliação da remoção dos tenébrios foi efetuada durante um dia em cada área de estudo, entre os meses de abril e maio de 2015. O horário de amostragem foi compreendido entre 9:00h e 16:30h e a cada 1:30h foi realizado um senso de larvas em cada isca para o registro daquelas removidas, totalizando 5 sensos. Após este registro, o número de larvas removidas foi repostas, para que o poder de atração dos organismos permanecesse o mesmo. Da mesma forma, larvas que tinham sofrido danos (cortes ou perda de parte do corpo) foram registradas como removidas e repostas. Após o dia de atividade as larvas remanescentes foram descartadas fora da área de amostragem.

As aferições de larvas de tenébrio removidas nos diferentes momentos têm uma dependência implícita uma da outra, já que a sua existência prévia deve influenciar sua remoção futura. Devido a este fato, foi utilizada uma análise fatorial com três fatores, sendo um deles, considerando esta dependência temporal entre as aferições. Foi usada então, uma Análise de Variâncias (ANOVA) com Medidas Repetidas no tempo (Zar, 1999) com os fatores “paisagem” (estados = campo rupestre, mata, área degradada), “tipo de isca” (estados = ICR, ISR) e “tempo” (estados = aferição 1, 2, 3, 4, 5). Anterior à aplicação da ANOVA foi testada a homogeneidade de variâncias da distribuição de dados de remoção de tenébrios (a variável dependente) no tempo. Para comparação de resultados a posteriori, usou-se a comparação visual por meio do intervalo de confiança de 95% em gráfico. O nível de significância utilizado em todos os testes foi de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ação de organismos e conseqüente remoção de larvas de tenébrios foi afetada pelos três fatores estudados: a paisagem ($F=127,700$; $p<0,001$), o tipo de isca ($F=8,700$; $p=0,004$) e o tempo de exposição das mesmas ($F=4,700$; $p=0,001$). A interação dupla entre paisagem e tipo de isca ($F=4,200$; $p=0,018$) também afeta nesta remoção de tenébrios, mas, as interações entre tempo de exposição e paisagem ($F=1,700$; $p=0,091$) e tempo de exposição e tipo de isca ($F=1,000$; $p=0,382$) não interferiram. Contudo, a interação tripla entre tempo, paisagem e tipo de isca afetou a remoção dos tenébrios pelos organismos disponíveis ($F=3,500$; $p<0,001$; figura 3). Nestas circunstâncias, é necessário explorar a interação tripla entre tempo de exposição, paisagem e tipo de isca para adequada interpretação da influência destes fatores sobre a remoção dos tenébrios.

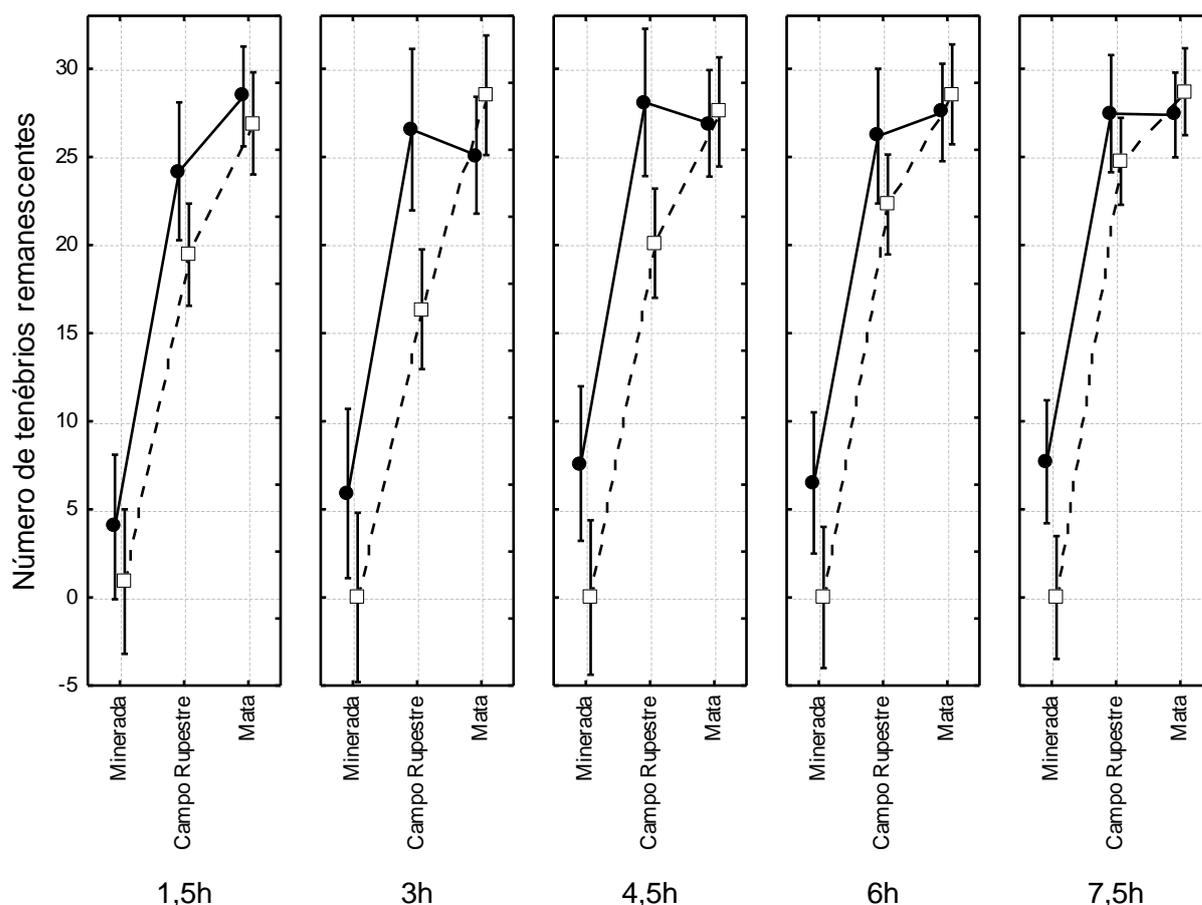


Figura 3 - Apresentação da interação tripla entre tempo de exposição (1,5, 3, 4,5, 6 e 7,5h), paisagem (minerada, Campo Rupestre e Mata) e tipo de isca (ICR – círculos fechados – ISR – quadrados abertos) sobre o número de tenébrios remanescentes (não removidos) em unidades de conservação na região metropolitana de Belo Horizonte, MG.

O número de tenébrios remanescentes na área minerada é consistentemente menor do que nas áreas conservadas, Campo Rupestre e Mata, independente do tipo de isca (ICR ou ISR). Nesta área degradada, em iscas sem restrição a remoção foi total, ou seja, dos 30 tenébrios disponibilizados, não restaram tenébrios remanescentes. Contudo, nas iscas com restrição de acesso a remoção alcançou a média de 24 tenébrios, um número também elevado, quando comparado à remoção nas outras duas paisagens. Analisando este processo do ponto de vista dos organismos removedores, pode-se dizer que invertebrados são responsáveis por 80% de toda a remoção (valores de ICR) e os vertebrados por 20% (valores de ISR-ICR). Além disto, no primeiro senso (1,5h de exposição) não houve diferença de remoção efetuada por vertebrados e invertebrados, mas, após 3h de exposição, a participação da remoção por invertebrados caiu, se tornando diferente, em cada tempo, da remoção total.

Esta elevada remoção no ambiente perturbado se deve, possivelmente, à baixa oferta de recursos na área degradada, já que esta foi biologicamente desestruturada pela atividade pretérita. Por meio de inspeção visual, verifica-se que a maior parte da área possui solo exposto e, quando plantas são presentes, gramíneas são as plantas que se desenvolvem melhor na área, mas, com grande espaçamento entre elas, possivelmente devido à dificuldade de penetração de raízes no solo, que é extremamente compacto (ver figura 2A). Esta área degradada, como quaisquer outras, além de ser mais simples, têm o ambiente típico de locais de início de sucessão ecológica e uma comunidade de vertebrados e invertebrados pouca diversa em comparação a outras em pontos mais avançados da sucessão, mas, com elevada abundância populacional proporcional das espécies dominantes (Magurran 1988; Whittaker 1965). Se estes apontamentos são corretos, então a disponibilidade de

recursos é facilmente percebida por organismos abundantes na área, se tornando comparativamente mais importante do que a mesma disponibilidade de recursos nas áreas de Mata ou de Campo Rupestre. Por consequência, a remoção de tenébrios nestas áreas foi maior.

Os valores de remoção na área minerada foram muito superiores aos obtidos no Campo Rupestre. No Campo Rupestre em média 27% dos tenébrios foram removidos por vertebrados e invertebrados nas ISR, sendo que deste total, os vertebrados contribuíram com cerca de 55% (valores médios de ISR-ICR) e os invertebrados com cerca de 45% (valores médios de ICR).

Rocha et al. (2015), ao avaliarem a riqueza em espécies e a abundância de espécies de formigas no Mato Grosso, encontraram abundâncias superiores em áreas degradadas por mineração, quando comparadas com outras áreas de vegetação. Esta maior abundância de organismos em áreas degradadas deve representar maior potencial de remoção de insetos. Apesar de não ter sido objetivo do estudo, os únicos invertebrados ocasionalmente observados na área degradada foram as formigas. Elas apresentam elevado potencial como indicadores de mudanças ocorridas no ambiente e são usadas no monitoramento ambiental de metais decorrentes de atividades antrópicas (Grzés 2010).

A presença deste grupo em áreas com baixa ou pouca diversidade de vegetação pode estar associado à facilidade de locomoção no ambiente, optando assim por áreas com menor competição por espaços e menor presença de predadores (Parr et al. 2007). Alves et al. (2008), estudando diferentes fontes de adubação, perceberam que em condições sem adubação e com menor crescimento e desenvolvimento de plantas, 83% dos organismos observados foram da ordem Hymenoptera, sendo a maioria Formicidae.

Wink et al. (2005) afirmaram que esse comportamento pode ser indicativo de áreas mal manejadas, o que torna algumas espécies deste grupo importantes bioindicadoras para avaliação de impacto ambiental. Espécies diferentes de Hymenoptera têm preferência por diferentes ambientes, um exemplo são formigas do gênero *Solenopsis* que adaptam-se com facilidade a locais perturbados, como sistemas de plantio com intenso revolvimento do solo, sendo estas também comuns em áreas ambientalmente degradadas (Nascimento et al. 2001).

Pequena queda de remoção ocorreu no Campo Rupestre com o avançar das horas. É possível que tal fenômeno se deva ao aumento da temperatura ao longo do dia, que pode reduzir a ação de invertebrados. A temperatura é um dos fatores ambientais que afetam diretamente no desenvolvimento dos insetos, já que estes não possuem um sistema de regulação (Rodrigues 2004), como estudado por (Berthe et al. 2015), que avaliou o efeito da temperatura sobre insetos coleópteros em campos de cereais, no Reino Unido, obtendo como reposta um aumento da densidade e da atividade destes insetos com o aquecimento da região estudada.

Apesar de praticamente não haver diferenças de remoção de invertebrados (ICR) entre o Campo Rupestre e a Mata, nas iscas abertas a remoção foi consistentemente superior nas áreas de Campo Rupestre. É possível que os tenébrios tenham representado mais atratividade no campo, já que é um ambiente mais pobre em recursos do que a mata. Em seu estudo Marchiori & Pentead-Dias (2002), verificaram que em áreas de pastagem houve maior abundância de parasitóides em comparação com áreas de mata, no estado de Goiás. Estes autores pontuam como possível explicação o fato de que as áreas de mata são comumente consideradas como locais de origem destes organismos que podem obter seus recursos em outras áreas, como nas pastagens. Esta abordagem leva à possibilidade de organismos benéficos estarem se deslocando de áreas conservadas para áreas degradadas, disponibilizando seus serviços ambientais. Fato como este é apontado por Sousa et al. (2011) como uma das explicações para a disponibilidade de mais serviços ambientais de controle biológico natural de *Spodoptera frugiperda* Smith em lavoura de milho: estes autores encontraram correlação negativa entre a praga e vespas parasitóides, mas, também negativa entre a abundância destas vespas e a distância de fragmentos naturais de floresta. Se este processo ocorre ou não nas áreas aqui estudadas, então é necessário um experimento adaptado ao reconhecimento da origem dos insetos benéficos.

Em mata a remoção nas ISR e ICR foi semelhante. Os números indicam, pela lógica experimental, a remoção de somente 6,7% dos tenébrios por vertebrados e invertebrados juntos (ISR), mas, a remoção de 8,7% por invertebrados (ICR), dando a vertebrados, um número matematicamente negativo (-2,0%). Esta inconsistência ocorreu, possivelmente, devido aos baixos índices de remoção

nesta área, tornando este resultado inconsistente. A lógica para explicação da baixa remoção neste ambiente inverte-se em relação à apresentada para explicar a maior remoção no ambiente minerado: a grande disponibilidade de recursos pode reduzir a atratividade dos tenébrios para os organismos existentes e suportar uma baixa remoção por invertebrados e uma remoção praticamente inexistente feita por vertebrados. Em especial esta explicação ganha peso devido ao intervalo de tempo, que teve o experimento proposto: é possível que em escala maior de tempo e, à noite, a exposição de processos benéficos de remoção seja mais frequente, incluindo de vertebrados, que podem estar se refugiando durante o dia e não realizando consumo das iscas disponibilizadas.

Dos conhecimentos obtidos a partir deste estudo, destaca-se que a maior heterogeneidade ambiental das paisagens não afetou a remoção de corpos de tenébrios, apesar da possibilidade destas paisagens mais heterogêneas fornecerem tais serviços para as menos heterogêneas. Assim, nos ambientes menos heterogêneos, a menor riqueza de elementos estruturais e menor riqueza e diversidade de organismos esperados, não alteraram a ação de organismos removedores. O montante de serviços disponibilizados por vertebrados foi insignificante se comparado com o disponibilizado pelos invertebrados, o que pode dever-se a inúmeros fatores, alguns não controláveis.

Apesar disto, a questão é complexa, exigindo abordagem mais ampla para seu esclarecimento. Exemplo é o fato de que estudos realizados sobre comunidades de parasitoides podem ou não ilustrar influência da paisagem sobre a comunidade destes insetos: em campos de cereais na Europa (Hawro et al. 2015) e em fazendas de café no México (Pak et al. 2015) o efeito da paisagem mostra-se contraditório, aumentando a riqueza de parasitoides no México, mas, não afetando esta comunidade na Europa.

As paisagens naturais exercem inúmeros benefícios para os sistemas produtivos. Dentre eles está a disponibilidade de polinizadores, a ciclagem de nutrientes, o bem estar humano e até mesmo o controle de pragas por inimigos naturais, todos estes benefícios, já comprovados academicamente (De Marco e Coelho 2004; Duarte 2007; Fathi e Masnavi 2014; Veres et al. 2013). Aqui se visou o estudo da capacidade de diferentes paisagens fornecerem o serviço de remoção de corpos de tenébrios, como indicativo da possível remoção de pragas em lavouras e indicativo de um benefício dos ambientes naturais ao sistema produtivo. Apesar de tal efeito não ter sido encontrado, isto não deve reduzir a importância destas paisagens, já que trata de somente um fator dentre os vários fatores benéficos possíveis, e de somente um estudo com abordagem experimental específica, dentre as várias possibilidades ainda disponíveis para o futuro.

REFERÊNCIAS

- Alves MV, Santos JCP, De Gois DT, Alberton JV, Baretta D. Macrofauna do solo influenciada pelo uso de fertilizantes químicos e dejetos de suínos no oeste do estado de Santa Catarina. *Rev Bras Cienc do Solo*. 2008; 32(2):589–98.
- Andrade DC, Romeiro AR. Serviços ecossistêmicos e sua importância para o sistema econômico e o bem-estar humano. Texto para Discussão . IE / UNICAMP Serviços ecossistêmicos e sua importância para o sistema econômico e o bem-estar humano. 2009.
- Aubry C, Ramamonjisoa J, Dabat MH, Rakotoarisoa J, Rakotondraibe J, Rabeharisoa L. Urban agriculture and land use in cities: An approach with the multi-functionality and sustainability concepts in the case of Antananarivo (Madagascar). *Land use policy*. 2012; 29(2):429–39.
- Bagstad KJ, Johnson GW, Voigt B, Villa F. Spatial dynamics of ecosystem service flows: A comprehensive approach to quantifying actual services. *Ecosyst Serv*. 2013; 4:117–25.
- Bernacci LC, Franco GADC, Àrbocz G de F, Catharino ELM, Durigan G, Metzger JP. O EFEITO da fragmentação florestal na composição e riqueza de árvores na região da Reserva Morro Grande (Planalto de Ibiúna, SP). *Rev. Inst. Flor*. 2006; 5(2):121–66.
- Berthe SCF, Derocles S a. P, Lunt DH, Kimball B a., Evans DM. Simulated climate-warming increases Coleoptera activity-densities and reduces community diversity in a cereal crop. *Agric Ecosyst Environ*. 2015; 210:11–4.
- Brancalion PHS, Rodrigues RR, Gandolfi S, Kageyama PY, Nave AG, Gandara FB, et al. LEGAL instruments can enhance high-diversity tropical. *Rev Árvore*. 2010; 34:455–70.

Campos RR De, Azevedo ÚR De, Vasconcelos MF De. Análise de elementos da diversidade natural na proposição de conectividade de habitats da porção sudeste do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. *Geonomos* 2013; 21(2):84–91.

Costanza R, de Groot R, Sutton P, van der Ploeg S, Anderson SJ, Kubiszewski I, et al. Changes in the global value of ecosystem services. *Glob Environ*. 2014; 26(1):152–8.

Costanza R, Pérez-Maqueo O, Martinez ML, Sutton P, Anderson SJ, Mulder K. The value of coastal wetlands for hurricane protection. *Ambio*. 2008; 37(4):241–8.

Crossman ND, Connor JD, Bryan B, Summers DM, Ginnivan J. Reconfiguring an irrigation landscape to improve provision of ecosystem services. *Ecol Econ*. 2010; 69(5):1031–42.

De Groot R, Brander L, van der Ploeg S, Costanza R, Bernard F, Braat L, et al. Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosyst Serv*. 2012; 1(1):50–61.

DeMarco PJ, Coelho FM. Services performed by the ecosystem : forest remnants influence agricultural cultures ' pollination and production. *Biodivers Conserv*. 2004; 13:1245–55.

Dobrovolski R, Diniz-Filho JAF, Loyola RD, Marco Júnior P. Agricultural expansion and the fate of global conservation priorities. *Biodivers Conserv*. 2011; 20(11):2445–59.

Duarte EMG. Ciclagem de Nutrientes por Árvores em Sistemas Agroflorestais na Mata Atlântica. Viçosa. Dissertação [Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas] - Universidade Federal de Viçosa; 2007.

Farwig N, Bailey D, Bochud E et al. Isolation from forest reduces pollination, seed predation and insect scavenging in Swiss farmland. *Landscape Ecol* 2009; 24:919–927.

Fathi M, Masnavi MR. Assessing Environmental Aesthetics of Roadside Vegetation and Scenic Beauty of Highway Landscape : Preferences and Perception of Motorists. *Int J Environ Res*. 2014; 8(4):941–52.

Fonseca VLI, Silva PN. As abelhas , os serviços ecossistêmicos e o Código Florestal Brasileiro. *Biota Neotrop.*, 2010; 10(4):59–62.

Geijzendorffer IR, Roche PK. Can biodiversity monitoring schemes provide indicators for ecosystem services? *Ecol Indic*. 2013; 33:148–57.

Grêt-Regamey A, Walz A, Bebi P. Valuing Ecosystem Services for Sustainable Landscape Planning in Alpine Regions. *Mt Res Dev*. 2008; 28(2):156–65.

Grześ IM. Ants and heavy metal pollution - A review. *Eur J Soil Biol*. 2010; 46(6):350–5.

Hawro V, Ceryngier P, Tschardt T, Thies C, Gagic V, Bengtsson J, et al. Landscape complexity is not a major trigger of species richness and food web structure of European cereal aphid parasitoids. *BioControl*. 2015; 451–61.

Jorgensen A. Beyond the view: Future directions in landscape aesthetics research. *Landsc Urban Plan* 2011; 100(4):353–5.

Kahneman D. Thinking, Fast and Slow. Macmillan. 2012.

Kremen C, Williams NM, Aizen MA, Gemmill-Herren B, LeBuhn G, Minckley R, et al. Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecol Lett*. 2007; 10(4):299–314.

Liu J, Dietz T, Carpenter SR, Folke C, Alberti M, Redman CL, et al. Coupled human and natural systems. *Ambio*. 2007; 36(8):639–49.

Magurran AE. Ecological Diversity and its Measurement. London: Cambridge University Press; 1988.

Malerbo-Souza DT, Halak AL. Agentes polinizadores e produção de grãos em cultura de café arábica cv. “ Catuaí Vermelho ” Científica 2012; 40(1):1–11.

Marchiori CH, Pentead-Dias AM. Famílias de parasitóides coletadas em área de mata e pastagens no município de Itumbiara, Estado de Goiás. *Acta Sci*. 2002; 24(4):897–9.

Metzger JP. Estrutura da paisagem e fragmentação. *Anais da Academia Brasileira de Ciência*. Rio de Janeiro (Brasil): Academia Brasileira de Ciências; 1999. 1–19.

Nascimento RP, Morini MSC, Brandão CRF Mirmecofauna do Parque natural municipal da Serra do Itapety. I. Zona de uso intensivo. In: *Encontro de Mirmecologia*, Londrina: IAPAR 2001; 339-341

Pak D, Iverson AL, Ennis KK, Gonthier DJ, Vandermeer JH. Parasitoid wasps benefit from shade tree size and landscape complexity in Mexican coffee agroecosystems. *Agric Ecosyst Environ*. 2015; 206:21–32.

Palomo I, Martín-López B, Potschin M, Haines-Young R, Montes C. National Parks, buffer zones and surrounding lands: Mapping ecosystem service flows. *Ecosyst Serv*. 2013; 4:104–16.

Parr CL, Andersen a. N, Chastagnol C, Duffaud C. Savanna fires increase rates and distances of seed dispersal by ants. *Oecologia*. 2007; 151(1):33–41.

Porter J, Costanza R, Sandhu H, Sigsgaard L, Wratten S. The value of producing food, energy, and ecosystem services within an agro-ecosystem. *Ambio* 2009; 38(4):186–93.

- Ribeiro MC, Metzger JP, Martensen AC, Ponzoni FJ, Hirota MM. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biol Conserv* 2009; 142(6):1141–53.
- Rizzardo R a G, Milfont MO, Da Silva EMS, Freitas BM. *Apis mellifera* pollination improves agronomic productivity of anemophilous castor bean (*Ricinus communis*). *An Acad Bras Cienc*. 2012; 84(4):1137–45.
- Rocha WDO, Dorval A, Filho OP, Vaez A, Ribeiro ES. Formigas (Hymenoptera : Formicidae) Bioindicadoras de Ants (Hymenoptera : Formicidae) as Bioindicators of Environmental Degradation in Poxoréu , Mato Grosso, Brazil. *Floresta e Ambient*. 2015; 22:88–98.
- Rodrigues W. Fatores que influenciam no desenvolvimento dos insetos. *Info Insetos*. 2004; 1(4):1–4.
- Sousa EHS, Matos MCB, Almeida RS, Teodoro AV. Forest Fragments ' Contribution to the Natural Biological Control of Spodoptera frugiperda Smith (Lepidoptera : Noctuidae) in Maize. *Brazilian Arch Biol Technol*. 2011; 54(4):755–60.
- Tabarelli M, Aguiar AV, Ribeiro MC, Metzger JP, Peres CA. Prospects for biodiversity conservation in the Atlantic Forest: Lessons from aging human-modified landscapes. *Biol Conserv*. 2010; 143(10):2328–40.
- Tansley AG. The Use and Abuse of Vegetational Concepts and Terms. *Ecology*. 2008; 16(3):284–307.
- Traill LW, Lim MLM, Sodhi NS, Bradshaw CJ a. Mechanisms driving change: altered species interactions and ecosystem function through global warming. *J Anim Ecol*. 2010; 79(5):937–47.
- Turner W, Brandon K. Global conservation of biodiversity and ecosystem services. *Bioscience* 2007; 57(10):868–73.
- Veres A, Petit S, Conord C, Lavigne C. Does landscape composition affect pest abundance and their control by natural enemies? A review. *Agric Ecosyst Environ*. 2013; 166:110–7.
- VERES, A. et al. Does landscape composition affect pest abundance and their control by natural enemies? A review. *Agric, Ecosys & Environ*, 2013; 166:110–117.
- Viana VM, Pinheiro LAFV. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. *Inst Pesqui e Estud Florestais*. 1998; 12:25–42.
- Whittaker RH. Dominance and diversity in land plant communities. *Science*. 1965; 147:250–60.
- Wink C, Guedes JVC, Fagundes CK, Rovedder AP Insetos edáficos como indicadores da qualidade ambiental. *Rev de Ciên Agrovet*. 2005; 4(1):60-71.
- Zar JH Biostatistical Analysis. Prentice Hall: Englewood. 2009.

ARTIGO 2

Artigo para submissão ao Periódico *Agronomy for Sustainable Development*

Ana Luisa Gangana de Castro

Universidade Federal de São João Del-Rei, Sete Lagoas-MG

analuisagangana@yahoo.com.br

Remoção natural de *Helicoverpa armigera* L. (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) em lavouras de milho sob trato convencional e orgânico de cultivo

CASTRO, A.L.G.¹; LATINI, A.O.¹; CRUZ, I.²; FADINI, M.A.¹

¹ Universidade Federal de São João Del-Rei, Sete Lagoas – MG

² Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas – MG

Natural control of *Helicoverpa armigera* L. (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) pupae at organic and conventional maize crops

Resumo

Apesar de bem conhecido o controle biológico natural de pragas da lavoura de milho na parte aérea das plantas, este é inexistente em nível de solo. Mais especificamente, não se conhece o controle da praga *Helicoverpa armigera*, nas fase de pupa, que se dá em solo tanto em lavouras com trato convencional como nas de trato orgânico. Aqui, com o propósito de aumentar o conhecimento do controle natural de *H. armigera* nestas lavouras, estudou-se a profundidade de enterramento de pré pupas e testou-se hipóteses de que o efeito do tempo de disponibilidade das pupas, o tipo de trato do cultivo, o momento em que se encontra a lavoura e a profundidade do solo sobre a remoção destas pupas afetam significativamente a remoção das mesmas. O tempo de disponibilidade de pupas não afetou a sua remoção, mas no momento de pousio, na superfície e na fase reprodutiva essa remoção foi superior. Na lavoura de milho com trato orgânico a remoção foi 15% superior. A desestruturação do solo e possíveis prejuízos associados à fauna benéfica deve ser o principal fator responsável pelas maiores remoções durante o pousio. As praticas conservacionistas associadas ao trato orgânico, são por sua vez, a principal justificativa para as maiores remoções encontradas na lavoura com trato orgânico. Estes apontamentos constituem contribuição relevante para ampliação do conhecimento sobre o controle biológico natural no solo de pragas de milho.

Palavras-Chave: controle biológico, manejo, lepidóptero, fauna edáfica, conservação, serviços ambientais, práticas agrícolas.

Comitê Orientador: Prof. Dr. Marcos Antônio Matiello Fadini– UFSJ (Orientador); Dr. Ivan Cruz Coorientador)- Embrapa-CNPMS; Prof. Dr. Anderson Oliveira Latini (Coorientador)-UFSJ.

Abstract

Although it is well known for the natural biological control maize crop pests in the area of plants, this is non-existent on the ground level. More specifically, it is not known pest control for *Helicoverpa armigera*, in the pupa stage, which occurs in both fields with soil treatment as in the conventional organic tract. For the purpose of increasing knowledge of the natural control of *H. armigera* in these crops, were studied the burial depth of the pre-pupae and tested hypotheses is that the effect of the time availability of the pupae, the type of treatment cultivation, the stage of the maize crop and soil depth on the removal of these pupae significantly affect the removal thereof. The pupae available time did not affect their removal, but at the fallow moment, on the surface and in the reproductive phase that removal was higher. The maize crop with organic tract removal was 15% higher. The soil disruption and possible losses associated with beneficial fauna should be the main factor responsible for the largest removals during the fallow. The conservation practices related to organic tract are in turn the main reason for the larger deletions found in the fields with organic tract. These notes constitute significant contribution to enhancing knowledge about the natural biological control of corn pests in the ground.

Keys words: biological control, handling, lepidopteran, edaphic fauna, conservation, environmental services, agricultural practices.

Introdução

De existência milenar, o milho (*Zea mays* L.) representa um dos principais cereais cultivados em pequenas, médias e grandes propriedades em todo o mundo. No Brasil é considerada cultura de expressão nacional, de importância social e econômica e presente de norte a sul do País (Oliveira et al. 2007). Produzido em todo o país, o milho ocupa posição de destaque entre as atividades agrícolas, sendo cultivado sob diversos sistemas de produção e diferentes níveis de tecnologia com grande parte da produção nacional consumida no mercado interno, apesar do país ser apontado como grande produtor e exportador (Campanha et al. 2012).

Entre os sistemas de cultivo do milho, há dois tipos, o convencional e o orgânico. O sistema convencional de manejo agrícola utilizado atualmente pela agricultura é geralmente caracterizado pelo uso de plantas geneticamente similares, que são selecionadas com o propósito de aumentar a produtividade, sendo dependente de insumos como pesticidas, fertilizantes, máquinas e combustíveis (Lopes et al. 2012). Esse manejo proporciona modificações nos processos de auto-regulação de pragas e doenças, afetando a estabilidade, a resiliência e a auto-suficiência que os agroecossistemas diversificados possuem (Lopes & Lopes 2011).

Para o trato orgânico de lavouras de milho há disponíveis vários conhecimentos tradicionais e técnicas de manejo, tais como práticas de recuperação e conservação do solo, métodos naturais de controle de pragas e de doenças, cultivo mínimo, manejo de ervas, cobertura morta, rotação de culturas e compostos orgânicos como adubos (Paschoal 1994). Neste tipo de trato, há redução evidente e até mesmo chegando à anulação do uso de insumos como inseticidas, fertilizantes, máquinas e combustíveis, privilegiando a manutenção de processos naturais e a resiliência dos agroecossistemas (Altieri & Nicholls 2007).

É de conhecimento notório o fato de que há maior eficiência produtiva de alimentos e grãos nos cultivos convencionais em relação aos orgânicos (Seufert et al. 2012). Apesar disto, há um mercado mundial potencial para os produtos orgânicos, sendo que na América Latina o Brasil é o país com maior consumo de produtos orgânicos (Santos et al. 2014). O mercado de alimentos orgânicos cresce anualmente em todo o mundo, como resultado da percepção dos consumidores sobre a qualidade destes produtos em relação aos convencionais, dos benefícios para a sua saúde e para o meio ambiente (Souza 2006; Santos et al. 2014) em contraposição à forma de produção de alimentos pelo trato convencional, onde há emprego de elevadas quantidades de adubos sintéticos e de pesticidas, os quais além de serem danosos à saúde, derivam de fontes de energia não renováveis, sendo um modelo de produção não sustentável (Caporal & Costabeber 2003).

O controle químico ainda é muito utilizado em cultivo convencional para reduzir a presença dos insetos fitófagos em milho, sendo que há alta frequência de disponibilização de novos inseticidas no

mercado brasileiro, o que é percebido através do número de formulações comerciais registradas no Brasil (AGROFIT 2015). Uma alternativa limpa para o controle de pragas é o controle biológico, prática adotada com a finalidade de reduzir o uso de insumos com o emprego de predadores e parasitoides. A utilização de inimigos naturais no controle de artrópodes fitófagos tem sido mencionada como uma estratégia viável para a redução da densidade populacional de pragas, tanto em casas de vegetação quanto no campo (Vail et al 2001; Cruz 2008). O uso dessa prática resulta no equilíbrio da abundância das populações dos insetos e não na extinção de uma delas, de modo que o inseto que causava danos severos deixa de ser praga e encontra-se em equilíbrio populacional junto de seus inimigos naturais (Castro et al. 2011).

Nos últimos anos, ataques severos de lagartas da espécie *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) tem sido relatados por produtores no Brasil (Bueno et al. 2014). Czepak (2013) relatou o primeiro registro de ocorrência da *H. armigera* no Brasil, que era considerada até o momento, uma praga quarentenária. A notificação ocorreu nos Estados de Goiás e Bahia, na cultura da soja; e em Mato Grosso, na cultura do algodão. *H. armigera* é uma espécie extremamente polífaga, cujas larvas foram registradas em mais de 60 espécies de plantas cultivadas e silvestres e em cerca de 67 famílias hospedeiras, incluindo, Asteraceae, Fabaceae, Malvaceae, Poaceae e Solanaceae (Fitt 1989; Pogue 2004). Esta amplitude de famílias hospedeiras significa então, danos a diferentes culturas de importância econômica, como o algodão, leguminosas em geral, sorgo, milho, tomate, plantas ornamentais e frutíferas (Reed 1965; MoralGarcia 2006).

O lepidóptero *H. armigera* é um inseto de metamorfose completa com desenvolvimento passando pelas fases de ovo, lagarta, pré-pupa, pupa e adulta. Durante o período reprodutivo, uma fêmea pode colocar de 2.200 a 3.000 ovos, em cerca de 5 dias, sobre as plantas hospedeiras (Naseri et al. 2011; Reed 1965). O período de incubação dos ovos é de cerca de 3 dias e o período larval é de seis distintos instares (Ali & Choudhury 2009), com duração de cerca de 15 dias no total. A fase de pré-pupa compreende o período entre o momento em que a lagarta cessa a sua alimentação, até a fase de pupa, sendo que o estágio de pupa dura de 10 a 14 dias e as fêmeas apresentam longevidade de cerca de 12 dias e os machos de cerca de 9 dias (Ali & Choudhury 2009).

O estágio de pupa de *H. armigera* se desenvolve no solo, mas, este desenvolvimento ainda é pouco conhecido (Crébio et al. 2013). Nessa fase pode ocorrer a remoção da pupa por inimigos naturais (por predadores ou parasitoides), o que pode possibilitar ou auxiliar no controle da população deste inseto praga. No solo há um sistema de interação de componentes vivos incluindo as raízes, a microfauna, a mesofauna e a macrofauna (Lavelle & Spain 2001; Schiavon et al. 2015) que deve contribuir para a remoção de pupas de *H. armigera*.

Segundo Wink et al. (2005) a fauna edáfica é utilizada como importante indicador biológico de qualidade do solo, podendo ser útil na avaliação de agroecossistemas degradados já que entre as

principais atividades desses organismos estão a decomposição da matéria orgânica, produção de húmus, ciclagem de nutrientes e energia e a produção de complexos que causam agregação do solo. Além disto, há a ação dos invertebrados subterrâneos como predadores de *H. armigera*, o que é menos conhecido, mas a presença constante de larvas e de adultos predadores de outros artrópodes e invertebrados tem sido citada em muitas regiões no Brasil (LimaJunior 2013; Correia 2013).

Apesar destes conhecimentos, é difícil obter informações claras sobre as interações entre as pupas de *H. armigera* e inimigos naturais, porque se encontram dentro do solo, um ambiente de difícil estudo já que qualquer interferência neste pode gerar alterações no comportamento e desenvolvimento dos organismos que se pretende estudar. Morón (2004) destaca que devido a estes fatos é difícil delinear experimentos para o estudo da fauna associada ao solo.

Considerando o recente estabelecimento de *H. armigera* como praga da lavoura de milho, os seus danos significativos a esta lavoura e a incipiência de estudos com a fauna edáfica em trato convencional e orgânico, em especial, relacionada ao controle de pragas agrícolas, os objetivos deste trabalho visam aumentar o conhecimento sobre esta praga e seu controle natural nestes sistemas. Assim, os objetivos foram: (a) identificar profundidade de enterramento de pré-pupas em solo e seu deslocamento horizontal; (b) verificar se o tempo de disponibilidade da pupa de *H. armigera* em solo (5 ou 10 dias) influencia na sua remoção natural; (c) verificar se há efeito do tipo de trato (orgânico ou convencional) do cultivo de milho sobre a remoção natural (por predadores e/ou parasitoides) de pupas de *H. armigera*; (d) investigar se a remoção de pupas de *H. armigera* é afetada pela profundidade (0, 10 e 20 cm) em que se encontram; (e) identificar se o momento em relação ao cultivo (pousio, fase vegetativa e fase reprodutiva) influencia na remoção de pupas de *H. armigera*; (f) fazer uma descrição inicial da fauna edáfica associada às amostras de solo em cada cultivo.

Considerando os objetivos apresentados, as hipóteses testadas com as suas respectivas predições foram: (i) o maior tempo de disponibilidade da pupa de *H. armigera* em solo aumenta a frequência com que é removida. A maior disponibilidade temporal deve aumentar as chances de encontro da pupa por possíveis organismos removedores, predadores ou parasitoides; (ii) a remoção de pupas de *H. armigera* é maior em lavouras orgânicas de milho. Em lavouras orgânicas não são utilizados agroquímicos e dentre estes há químicos que matam ou repelem organismos. Dentre os organismos que podem ser repelidos estão organismos benéficos, por exemplo, parasitoides e predadores de pragas da lavoura. Assim, em lavouras sem o uso de agroquímicos, espera-se maior disponibilidade de organismos benéficos e de remoção das pupas de *H. armigera*; (iii) em profundidades menores a remoção de *H. armigera* é maior. Na superfície do solo, organismos que vivem dentro do solo e em sua superfície podem co-ocorrer. Há espécies edáficas que ocorrem de dia dentro do solo e à noite na superfície do mesmo, por exemplo, besouros predadores. À medida em que a profundidade aumenta, as características dos habitats devem ser mais específicas, assim como a fauna, reduzindo o número de

espécies e as chances de remoção de *H. armigera*. (iv) durante a fase vegetativa e reprodutiva a remoção de pupas de *H. armigera* é maior do que durante o posio. A presença da cultura aumenta a heterogeneidade espacial e disponibiliza recursos temporários a insetos que podem ser atraídos e ainda realizarem controle biológico natural das pupas de *H. armigera*. Por exemplo, adultos de moscas da família Sirphidae são atraídos pela disponibilidade de pólen no milho e suas larvas exercem controle biológico de pulgões.

Material e Métodos

Área de estudo

A pesquisa foi conduzida nos campos experimentais e no Laboratório de Criação de Insetos (Lacri) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Milho e Sorgo) em Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil. A região de estudo se encontra inserida no Bioma de Cerrado e possui solo do tipo Latossolo Vermelho distrófico típico (EMBRAPA 1999) e clima, segundo a classificação de Köppen é Aw, ou seja, tropical estacional de savana (Beutler et al. 2001).

O experimento foi feito em plantio de milho, em dois sistemas de cultivo, um sob trato orgânico (19°28'13"S e 44°10'37"W) e outro sob trato convencional (19°26'46"S e 44°10'11"W). Duas áreas, uma de 0,7 ha (trato convencional) e outra 0,2 ha (trato orgânico), foram trabalhadas com grade pesada no dia 24/04/2015 e com niveladora no dia 25/04/2015 com plantio mecanizado com plantadeira no dia 6 de maio de 2015, utilizando-se a mesma variedade de milho, sendo este o BRS 451, com densidade de seis sementes por metro. A área de trato orgânico não recebe, há pelo menos 20 anos, nenhum insumo a não ser orgânico. Na área de trato convencional utilizou-se o adubo químico na formulação N:P:K (04-14-08), na concentração de 500 kg.ha⁻¹ e em mais ou menos 5 anos se fez uso o uso de insumos para controle de insetos. Entretanto, agroquímicos não foram usados neste plantio.

Teste em vasos

Para se determinar a profundidade média de enterramento das pupas e possibilitar o posterior enterramento das mesmas nestas profundidades nas lavouras, uma lagarta de último ínstar foi colocada em oito vasos de plástico preto com altura de 22,5 cm e diâmetro de 19 cm, preenchidos com solo retirado de região próxima da lavoura convencional. Os vasos foram fechados com filó de malha menor que 1 mm e em cada um foi disposto um pedaço de dieta artificial (alimento usado para criação em laboratório composta basicamente por levedo de cerveja, farelo de soja, gérmen de trigo e água) para evitar que a lagarta morra por falta de comida. As lagartas se transferiram para o solo naturalmente, passaram para o estágio de pré pupa e diariamente foi observada se havia presença da galeria para seu enterramento e posterior formação da pupa. Cinco dias após a disposição da larva, as pupas foram desenterradas e em cada vaso foi aferida a profundidade em que a pupa se encontrava,

retirando a terra cuidadosamente, a cada centímetro e quando a presença da pupa foi notada com o auxílio de uma régua esta profundidade foi determinada.

O experimento nas lavouras

As pupas utilizadas no experimento de campo foram obtidas da criação do Lacri. As amostragens ocorreram em três momentos diferentes: o momento de pousio, anterior ao plantio do milho, outro momento quando o milho ainda se encontrava em crescimento, na fase vegetativa V6 e, por último, outro momento quando o milho estava na fase reprodutiva, com espigas formadas. A execução do experimento anterior à implantação da lavoura se justifica devido ao fato de que a pupa de *H. armigera* pode se encontrar em estado de diapausa, enterrada em solo. Os outros dois momentos se justificam porque *H. armigera* causa injúrias tanto na fase vegetativa como na reprodutiva do milho.

Baseado no resultado do experimento de enterramento das pré pupas, as pupas de *H. armigera* foram dispostas em três profundidades diferentes (0 cm – superfície, figura 1A; 10 cm figura 1B; 20 cm figura 1C). Dezoito buracos foram feitos para cada profundidade com o auxílio de um trado de 8 cm de diâmetro. Assim, foram instaladas 54 pontos amostrais ou repetições, em cada tipo de cultivo. Em cada profundidade foi colocada uma pupa da praga, com um a dois dias de formação. Os pontos de amostragem foram distribuídos regularmente, espaçados 1 m, um do outro (Figura 2). A escolha da pupa se deveu ao fato de que esta não se movimenta mais e, portanto, aumentaria nossas chances de re-encontrá-las na superfície do solo (profundidade igual à 0 cm).

As análises de remoção de pupas de *H. armigera* e o inventário da fauna edáfica foram feitas através da retirada do solo onde as pupas foram dispostas. Após esta retirada foram avaliadas a remoção das pupas no quinto e no décimo dia após sua disposição no solo em cada momento (pousio, fase vegetativa, fase reprodutiva) em relação ao cultivo. Estes momentos foram escolhidos para prevenir a possibilidade das pupas se tornarem adultas e para testar se a maior persistência das pupas no ambiente influenciaria sua remoção.

Cada porção de solo retirada consistiu em uma amostra. Cada amostra foi obtida com auxílio de um gabarito quadrado de 25 cm de lado e 20 cm de altura, sendo este ajustado na profundidade desejada (10 ou 20 cm) com o uso de marreta para sua penetração no solo. Foi aberta uma pequena trincheira ao lado do gabarito com a profundidade desejada para facilitar o corte horizontal do solo. Com uma pá reta, o solo foi cortado por baixo do gabarito, sendo totalmente retirado (Figura 3). Este solo retirado consistiu a amostra que foi levada para o Lacri e, após todo seu peneiramento, foi feito o registro de remoção das pupas. Duas possíveis circunstâncias foram esperadas: ausência de pupa ou presença de partes, indicando sua remoção por predadores; e pupa presente, mas imóvel, com sinais de perfurações típicas da ação de parasitoides, indicando a ação destes últimos. Após o peneiramento, todos macro-organismos edáficos foram separados, armazenados em álcool 90%, identificados por data, lavoura e ponto amostral.

Análises estatísticas

Para o teste da hipótese i, do efeito do tempo de disponibilidade da pupa de *H. armigera* em solo sobre a sua remoção, foi utilizada a estatística T de Student (Zar 1999), onde a variável resposta (quantitativa contínua) foi o número de pupas removidas e a variável independente (qualitativa com dois níveis) o tempo de disposição das pupas, sendo cinco ou dez dias de disponibilidade.

Foi utilizada uma análise de variância (ANOVA) com três fatores (Zar 1999), para obtenção da resposta à: hipótese ii que supõe maior remoção das pupas na lavoura com trato orgânico; hipótese iii que supõe maior remoção de pupas em menores profundidades e; hipótese iv que supõe maior remoção de pupas durante a fase reprodutiva da lavoura. Testes de homogeneidade de variâncias foram realizados e nenhuma variável dependente apresentou problemas. O intervalo de confiança de 95% foi utilizado como teste a posteriori quando relações significativas foram apontadas nas análises de variância.

Dados de temperatura e precipitação do período em que as pupas permaneceram expostas nas lavouras (11 dias consecutivos) foram obtidos da estação meteorológica automática disponível na EMBRAPA e foram comparados por meio de uma ANOVA entre os três momentos para auxiliarem na compreensão dos resultados. Foi considerado o nível de 5% de significância para todos os testes realizados.

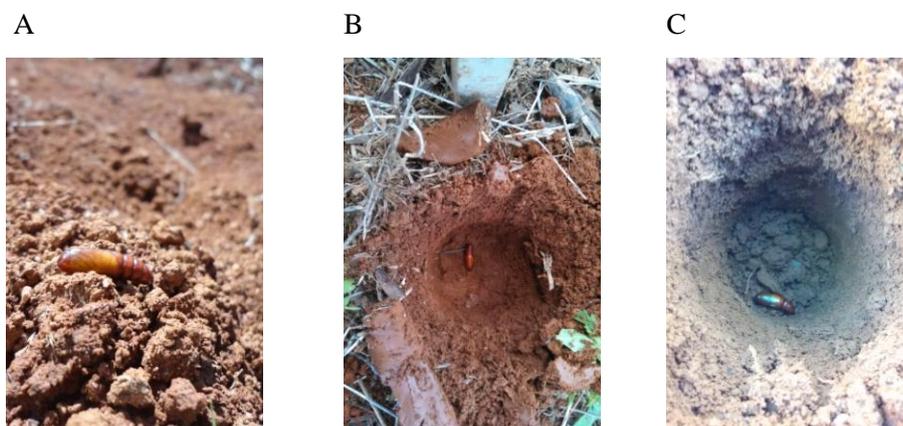


Figura 1. Pupa de *H. armigera* disposta na superfície (A), à 10 cm (B) e à 20 cm (C) de profundidade no solo das lavouras com trato orgânico e convencional na área da EMBRAPA Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.

A



B



Figura 2. Representação do experimento em campo, milho convencional (A); milho orgânico (B) na área da EMBRAPA Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG. Notar as estacas que determinam a posição de enterramento de cada pupa nas áreas.

A



B



Figura 3. Representação do gabarito no solo (A) na profundidade desejada e da retirada do gabarito com auxílio de pá reta (B). Este processo foi realizado na lavoura de milho com trato convencional e com trato orgânico na área da EMBRAPA Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.

Resultados e Discussão

A média da profundidade do enterramento da pupa foi de 7,8 cm. Porém foram encontrados valores variando entre 4 e 12,5 cm. Logo, com o intuito de representar este intervalo e valores maiores, se achou conveniente para o experimento de campo, utilizar as profundidades de superfície (0 cm), 10 e 20 cm para disposição das pupas e análise de sua remoção. O uso desta variação maior deve permitir uma especulação mais ampla a respeito da remoção destas pupas, em circunstâncias de maior profundidade de enterramento das mesmas.

Nenhuma pupa recapturada apresentou sinal de parasitoidismo, nem as vivas nem as mortas. Todas as pupas vivas foram criadas até a emergência dos adultos, comprovando a inexistência de parasitóides. As pupas foram dadas como mortas quando não foram novamente encontradas ou quando partes do corpo o foram.

Não houve diferenças de remoção de pupas de *H. armigera* entre os dois tempos de sua disponibilidade nas lavouras (hipótese i) na superfície ($t_{\text{var. sep.}}=-0,995$; $p=0,356$), ou à 10 cm ($t=-1,001$; $p=0,341$), ou à 20 cm ($t=-1,195$; $p=0,259$). Assim, o tempo maior de permanência da pupa em solo não alterou a sua probabilidade de remoção devido, provavelmente, à não alteração da percepção dos insetos benéficos em relação à presença destas pupas.

Farwig et al. (2009), estudando pastagens na área rural de Berne, Suécia, mostraram que a disposição de grilos sacrificados na superfície do solo por mais tempo, aumentou a sua percepção por organismos vertebrados e invertebrados e, conseqüentemente, a sua remoção nas iscas. Do mesmo modo, o maior tempo de disposição de sementes de plantas daninhas na superfície do solo também aumentou o seu grau de remoção por coleópteros predadores de sementes em lavouras de soja em Michigan, EUA (Menalled et al. 2007). Contudo, a disposição das pupas de *H. armigera* por mais tempo não aumentou a sua remoção nas lavouras de milho com trato orgânico ou convencional no estudo presente. Estas pupas estavam vivas e possivelmente a sua atratividade não aumentou com o tempo. No trabalho de Farwig não é mencionado o método de sacrifício dos grilos e isto pode ter influenciado no processo de decomposição aumentando, com o tempo, a sua atratividade aos removedores, mas, o mesmo não é esperado para as sementes de plantas daninhas do estudo de remoção em Michigan. Apesar destas diferenças, o esperado neste estudo com *H. armigera* era mesmo que com o passar do tempo o grau de remoção fosse maior já que a disponibilidade das pupas por mais tempo aumentaria a chance de serem encontradas e removidas por algum organismo.

Partindo do princípio de que não houve diferença de remoção entre dias 5 e 10 de exposição das pupas, então os dados de remoção das duas datas foram somados permitindo a execução de uma ANOVA com três fatores. Por meio desta análise, detectou-se efeito de momento ($F=5,707$; $p=0,012$), profundidade ($F=4,259$; $p=0,031$), trato cultural ($F=8,345$; $p=0,010$) e da interação entre momento e

profundidade ($F=5,991$; $p=0,003$; figura 4) sobre a remoção das pupas de *H. armigera*. Contudo, não houve efeito da interação entre momento e trato cultural ($F=0,534$; $p=0,595$), profundidade e trato cultural ($F=1,259$; $p=0,308$), assim como da interação tripla entre momento, profundidade e trato cultural ($F=0,509$; $p=0,730$).

Considerando o efeito existente da interação entre momento e profundidade, a discussão dos efeitos de momento e profundidade isoladamente torna-se inadequada e passível de ser incompleta. Assim, a discussão dos efeitos destes dois fatores deve considerar a sua interação. De modo geral, percebe-se que a remoção de pupas na superfície foi maior no pousio e na fase reprodutiva, sendo que estas remoções foram superiores a qualquer outra a 10 cm ou a 20 cm em qualquer fase (pousio, fase vegetativa e fase reprodutiva). Estes resultados corroboram com as expectativas do estudo já que previa-se maior remoção na superfície devido a uma provável maior riqueza e diversidade de organismos neste lugar. Exceção é o fato de que a remoção de pupas na superfície durante a fase vegetativa consistiu o menor valor de remoção detectado em qualquer profundidade (0, 10 ou 20 cm) e em qualquer momento (pousio, fase vegetativa e fase reprodutiva) nas lavouras.

Além disto, é possível que as maiores temperaturas medidas no período de exposição das pupas durante o pousio ($F=41,062$; $p<0,001$) tenham interferido positivamente sobre a atividade dos organismos removedores, vertebrados ou invertebrados, e sua remoção, em especial, sobre a remoção na superfície. Apesar das maiores temperaturas, a precipitação não foi diferente entre os três momentos de exposição das pupas ($F=1,126$; $p=0,337$).

Contudo, uma explicação também plausível é o fato de que com o preparo do solo com grade pesada e depois, niveladora, a comunidade de organismos benéficos na superfície do solo pode ter tido sua atividade reduzida em função da desestruturação de suas populações e consequentes interações. De fato, após o revolvimento do solo é visível elevada atividade de aves predando os organismos que foram expostos. A avaliação da remoção durante a fase vegetativa deu-se oito dias depois da passagem da niveladora na lavoura, provavelmente, tempo insuficiente para reestruturação da comunidade biológica associada ao solo, em especial, aquela de superfície. De fato, quando práticas de cultivo envolvem preparo do solo, elas desestruturam as comunidades biológicas edáficas, quando comparadas ao cultivo com plantio direto, ou seja, sem movimentação de solo.

Baretta et al. (2006), em seu estudo, em campos com rotação de culturas em Santa Catarina, avaliou o efeito do preparo de solo sobre a diversidade edáfica, em quatro tratamentos: convencional, com uma aração e duas gradagens; cultivo mínimo, com uma escarificação e uma gradagem; semeadura direta e; uma testemunha, com tratamento convencional, porém sem vegetação e crosta superficial. A diversidade de organismos foi superior nos sistemas com preparo utilizando semeadura direta e cultivo mínimo. Este resultado se assemelha ao encontrado na Austrália, em cultivos de sorgo, girassol e trigo, onde se avaliou a macrofauna do solo em três tratamentos, plantio direto, preparo do

solo reduzido usando apenas um arado, e preparo convencional, e no plantio direto a macrofauna amostrada foi superior em comparação aos outros tratamentos (Robertson et al. 1994). Resultados similares também são encontrados em estudos no estado do Mato Grosso do Sul em sistemas agroflorestais (Heid *et al.*, 2012), na Itália em cultivo de vinhedo e de milho (Gagnarli et al. 2015) e na França em cultivos de cevada, alfafa, aveia, soja, centeio e trigo (Pelosi et al. 2014). Assim, o resultado obtido no presente trabalho está em acordo com estes encontrados na literatura, onde evidencia-se que a movimentação de solo através de práticas agrícolas influencia negativamente na fauna edáfica de um determinado local e, conseqüentemente, em potenciais benefícios que esta pode trazer, como a remoção de uma praga.

Com relação à maior remoção no momento de pousio, provavelmente isto se deveu ao fato de que naquele momento a disponibilidade de recursos para organismos removedores na superfície do solo era baixa. Assim, a inclusão das pupas no ambiente antes do plantio do milho, significou a disponibilização de recursos para os organismos presentes tanto na superfície como na subsuperfície do solo. Resultado semelhante foi encontrado na remoção de larvas de tenébrios em áreas impactadas por mineração em comparação a áreas naturais e conservadas de Mata e Campo Rupestre (Castro et al. em preparação; ver capítulo I) e na remoção de tenébrios em áreas pastejadas e invadidas por gramíneas no Parque Nacional da Serra do Cipó, MG, em comparação às áreas conservadas de Cerradão, Campo Rupestre e Cerrado *sensu stricto* (Latini et al. em preparação). Em ambos casos a explicação é semelhante à aqui encontrada para a maior remoção de *H. armigera* no momento de pousio: nas áreas alteradas (minerada e pastejada/invadida por gramíneas) o ambiente é mais simples, pobre em espécies e típicos de início de sucessão ecológica (Whittaker 1965). Nestes ambientes as poucas espécies dominantes têm abundância populacional elevada e a distribuição das abundâncias destas espécies é do tipo geométrica (Magurran 1988) refletindo estas grandes abundâncias.

Na lavoura de milho com trato orgânico a remoção foi 15% maior do que com o trato convencional (Figura 5). Diversos estudos têm apontado para o aumento de riqueza e diversidade de organismos em lavouras com menor número de práticas de manejo. Simoni et al. (2013) em seu estudo na Itália avaliaram como a abundância e a diversidade de artrópodes é influenciada em cultivos de milho sob trato orgânico e convencional e encontraram abundância e diversidade de insetos superiores em áreas de cultivo orgânico. Jerez-Valle et al. (2014), na cidade de Granada, Espanha, encontraram maiores riqueza e diversidade de insetos em cultivos orgânicos e sem preparo convencional de solo. Em agroecossistemas olerícolas, em Agudo, Rio Grande do Sul também foi encontrada maior abundância de insetos em cultivos orgânicos (Brombal 2001). Portanto, sob trato convencional, não somente a ação de agroquímicos, mas, também a ação de implementos afeta a comunidade de organismos benéficos, assim, sob tratos com menor interferência sobre a biodiversidade do

agroecossistema, espera-se mais chances de sua manutenção e de apresentação de seus benefícios (Baretta et al. 2014).

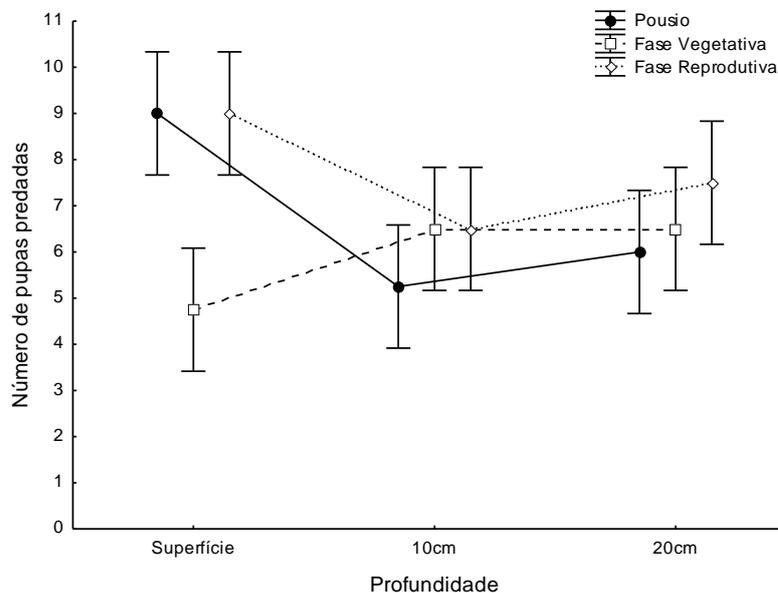


Figura 4. Frequência de remoção de pupas de *H. armigera* em diferentes profundidades do solo (superfície, 10 e 20 cm) durante o pousio, fase vegetativa e fase reprodutiva de lavoura de milho cultivado com trato convencional e com trato orgânico na área da EMBRAPA Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.

Baretta et al. (2003) em Chapecó, estudaram em áreas de rotação de culturas, pastagem e remanescentes de mata Atlântica, a influência do manejo do solo sobre a diversidade de alguns grupos de insetos e encontraram maiores abundância e riqueza de insetos em áreas de cultivo mínimo e semeadura direta. Cividanes (2002), em lavoura consorciada de milho e soja em Jaboticabal, encontrou maior atividade de organismos da ordem Hymenoptera, em especial formigas, e maior abundância de Dermaptera em sistema de plantio direto. Mais recentemente, Ricci et al. (2015), na França, em cultivo de cereal, relatou que a intensificação da agricultura reduziu a biodiversidade do solo em áreas cultivadas, com diferentes adubações e tratos culturais e encontraram maior abundância de minhocas em campos orgânicos, sem aplicação de pesticidas e plantio direto. Assim como encontrado em estudos de Silva et al. (2008) e Silva et al. (2006), ambos em Dourados, Mato Grosso do Sul, em cultivos de soja e aveia e pastagem e em cultivo de soja, aveia, trigo, nabo, soja e em vegetação nativa, respectivamente.

A fauna edáfica encontrada nos dois tipos de lavoura, nos três momentos do cultivo, em cada profundidade amostrada foi triada e taxonomicamente classificada até ordem, sendo encontrados organismos das ordens Coleoptera, Hymenoptera, Isoptera, Hemiptera e Dermaptera. No pousio foi encontrado um maior número absoluto de insetos e também maior número de ordens de insetos no milho convencional. Em relação à profundidade, no milho orgânico houve uma maior quantidade de insetos a 20 cm e no milho convencional a 10 cm. Na fase vegetativa foi encontrado um número maior

de insetos no milho orgânico e um número igual de ordens de insetos nos dois tratos. No milho orgânico houve um maior número absoluto de insetos na profundidade de 20 cm e no milho convencional na profundidade de 10 cm. Na fase reprodutiva houve um maior número de insetos no milho convencional e também um maior número de ordens. No milho orgânico foi encontrado um maior número absoluto de insetos na profundidade de 10 cm e no milho convencional foi encontrado um maior número de insetos na profundidade de 20 cm (Tabela 1).

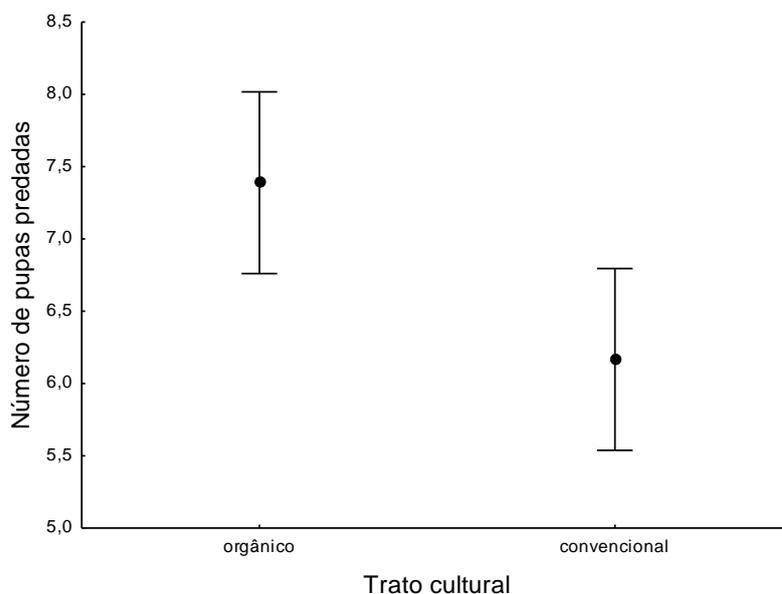


Figura 5. Percentual de remoção de pupas de *H. armigera* em lavoura de milho cultivado com trato convencional e com trato orgânico na área da EMBRAPA Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.

A identificação taxonômica não concluída não permite discussões satisfatórias sobre a relação entre riqueza e diversidade de insetos com a remoção de *H. armigera*. Apesar disso, com o propósito de melhorar a compreensão sobre o papel dos organismos edáficos sobre esta remoção, foi checado se ocorreu relação entre a abundância total de organismos edáficos (variável independente quantitativa) e a remoção das pupas (variável dependente categórica binária), não sendo encontrada nenhuma relação significativa ($X^2 = 0,658$; $p = 0,416$). Contudo, estes resultados podem não ser conclusivos, já que, dentro da fauna edáfica amostrada podem haver organismos que não são potenciais removedores destas pupas. Espera-se melhorar esta interpretação com a posterior identificação até o nível de espécie dos espécimes coletados.

Não foi aplicado nenhum tipo de defensivo agrícola durante a execução do experimento sob trato convencional, assim como no trato orgânico. Esse tipo de prática poderia reduzir o número absoluto e de ordens de insetos, assim como a remoção de *H. armigera* na lavoura com trato convencional.

Este trabalho apresenta resultados aplicáveis para o produtor: o tipo de manejo empregado nos cultivos é essencial para o agroecossistema, pois afeta processos benéficos que ali ocorrem. As

práticas adotadas em lavouras orgânicas são mais conservativas a ponto de influenciarem positivamente no controle biológico natural de uma praga que vem causando severos prejuízos a diversas culturas, dentre elas o milho. Na literatura há informações sobre controle biológico, biodiversidade, ação de inimigos naturais na parte aérea do milho, porém, as informações sobre como ocorre o controle desta praga no solo e como os fatores ambientais o controlam, somente agora começam a ser conhecidos.

Tabela 1. Descrição da fauna edáfica amostrada nos diferentes momentos (pousio, fase vegetativa e fase reprodutiva) em lavoura de milho cultivado com trato convencional e com trato orgânico na área da EMBRAPA Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG.

Momento de aferição	Ordem	Trato da lavoura					
		Orgânico			Convencional		
		Sup.	10 cm	20 cm	Sup.	10 cm	20 cm
Pousio	Coleoptera	0	6	14	21	10	4
	Hymenoptera	0	7	11	0	11	14
	Isoptera	0	0	4	0	1	1
	Hemiptera	0	0	3	0	1	0
	Dermaptera	0	0	0	0	11	12
	Total	0	13	32	21	34	31
Vegetativa	Coleoptera	0	4	8	0	0	2
	Hymenoptera	0	1	2	0	2	1
	Isoptera	0	0	0	0	0	0
	Hemiptera	0	4	10	0	0	0
	Dermaptera	0	0	0	0	6	3
	Total	0	9	20	0	8	6
Reprodutiva	Coleoptera	0	2	3	0	5	6
	Hymenoptera	0	2	0	0	0	1
	Isoptera	0	0	0	0	0	0
	Hemiptera	0	2	1	0	0	3
	Dermaptera	0	0	0	0	5	5
	Total	0	6	4	0	10	15

Conclusões

Entre os conhecimentos agora disponibilizados destacam-se: a disponibilidade temporal da pupa de *H. armigera* não afeta sua remoção; a remoção de pupas de *H. armigera* na superfície é superior no pousio e na fase reprodutiva do milho; a remoção de pupas na superfície durante a fase vegetativa consistiu o menor valor de remoção detectado em qualquer profundidade e em qualquer momento, possivelmente devido à remoção de solo anterior ao plantio; em lavouras de milho com trato orgânico a remoção é superior à detectada em lavouras com trato convencional.

Ressalta-se que é difícil obter informações claras sobre as interações entre as pupas de *H. armigera* e inimigos naturais, pois o estágio de pupa ocorre no solo, um ambiente de difícil estudo já que qualquer interferência neste pode gerar alterações no comportamento e desenvolvimento dos organismos que se pretende estudar. Logo, este estudo representa uma contribuição significativa para

o encorajamento de novos estudos com fauna edáfica e para avanço dos conhecimentos sobre a mesma.

Referências

- AGROFIT. (2015) Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. <http://www.agricultura.gov.br/portal/page/portal/Internet-MAPA/pagina-inicial/servicos-e-sistemas/sistemas/agrofit> Acesso em: 20 junho 2015.
- ALI A, CHOUDHURY RA (2009) Some biological characteristics of *Helicoverpa armigera* on chickpea. Tunisian Journal of Plant Protection 4(1):99-106.
- ALTIERI MA, NICHOLLS CI (2007) Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. Ecosistemas 16(1):3-12.
- BARETTA D, LUISE M, BARTZ C, FACHINI I, ANSELMINI R, DUARTE R, BARETTA M (2014) Fauna edáfica e sua relação com variáveis ambientais em sistemas de manejo do solo. Revista Ciência Agronômica 5:871-879.
- BARETTA D, SANTOS JCP, BERTOL I, ALVES MV, MANFOI AF, BARETTA CRSM (2006) Efeito do cultivo do solo sobre a diversidade da fauna edáfica no planalto sul catarinense. Revista de Ciências Agroveterinárias 5(2):108-117.
- BARETTA D, SANTOS JCP, MAFRA AL, WILDNER LP, MIQUELLUTI DJ (2003) Fauna edáfica avaliada por armadilhas de catação manual afetada pelo manejo do solo na região oeste catarinense. Revista de Ciências Agroveterinárias 2:97-106.
- BERTRAND M, CLUZEAU D (2014) Reducing tillage in cultivated fields increases earthworm functional diversity. Applied Soil Ecology 83:79-87. doi: 10.1016/j.apsoil.2013.10.005
- BEUTLER NA, SILVA MLN, CURI N, FERREIRA MM, CRUZ JC, PEREIRAFILHO IA (2001) Resistência à Penetração e Permeabilidade de Latossolo Vermelho Distrófico Típico Sob Sistemas de Manejo na Região dos Cerrados. Revista Brasileira de Ciência do Solo 25:167-177.
- BROMBAL JC (2001) Estudo da Fauna de Artrópodes Associada a plantas invasoras em agroecossistemas orgânicos e convencionais. Dissertação, Universidade Estadual de Campinas
- BUENO RCOF, YAMAMOTO PT, CARVALHO MM, BUENO NM (2014) Occurrence of *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) on Citrus in the State of São Paulo, Brazil. Revista Brasileira de Fruticultura 36(2):520-523.
- CAMPANHA MM, CRUZ JC, RESENDE AV, COELHO AM, KARAM D, SILVA GH, FILHO IAP, CRUZ I, MARRIEL IE, GARCIA JC, QUEIROZ LR, COTA LV, PIMENTEL MAG, NETO MMG, VIANA PA, ALBUQUERQUE PEP, COSTA RV, MENDES SM, QUEIROZ VAV (2012) Sistema de Produção Integrada de Milho para Região Central de Minas Gerais. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 74.

- CAPORAL FR, COSTABEBER JA (2003) Segurança alimentar e agricultura sustentável: uma perspectiva agroecológica. *Ciência e Ambiente* 27:153-165.
- CASTRO ALG, CRUZ I, SANTOS CV, FIGUEIREDO RJ, SILVA RB, FIGUEIREDO MLC (2011) Fertilidade de *Coleomegilla maculata* (DeGeer) (Coleoptera: Coccinellidae) alimentada com *Diatraea saccharalis* Fabr. (Lepidoptera: Crambidae). *Cadernos de Agroecologia* 6(2):1-5.
- CIVIDANES FJ (2002) Efeitos do sistema de plantio e da consorciação soja-milho sobre artrópodes capturados no solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 37:15-23.
- CORREIA ET (2013) Diversidade e Distribuição Sazonal de Carabidae (Insecta, Coleoptera) em Diferentes Culturas Dissertação, Universidade Estadual Paulista
- CREBIO JA, VIVAN LM, TOMQUELSKY GV (2013) Ocorrência, aspectos biológicos, danos e estratégias de manejo de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) nos sistemas de produção agrícolas. Embrapa Agropecuária Oeste, Brasil.
- CRUZ I (2008) Controle Biológico de Pragas na Cultura de Milho para Produção de Conservas (Minimilho), por Meio de Parasitoides e Predadores. Embrapa, Brasil
- CZEPAK C, ALBERNAZ KC, VIVA LM, GUIMARÃES HO, CARVALHAIS T (2013) Primeiro registro de ocorrência de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) no Brasil. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 43(1):110-113.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA (1999) Sistema brasileiro de classificação de solos. Ministério da Agricultura e do Abastecimento, Rio de Janeiro.
- FARWIG N, BAILEY D, BOCHUD E, HERRMANN J, KINDLER E, REUSSER N, SCHUEPP C, SCHMIDT-ENTLING M.H. (2009) Isolation from forest reduces pollination, seed predation and insect scavenging in Swiss farmland. *Landscape Ecological* 24:919–927 doi: 10.1007/s10980-009-9376-2
- FITT GP (1989) The ecology of *Heliothis* species in relation to agroecosystems. *Annual Review of Entomology*, 34(1):17-52.
- GAGNARLI E, GOGGIOLI D, TARCHI F, GUIDI S NANNELLI R, VIGNOZZI N, VALBOA G, LOTTERO M R (2015) Case study of microarthropod communities to assess soil quality in different managed vineyards. *Soil* 1:527-536. doi: 10.5194/soil-1-527-2015
- HEID, DM, DANIEL O, GLAESER DF, VITORINO ACT, PADOVAN M (2012) Edaphic mesofauna of land use systems in two soils in the State of Mato Grosso do Sul. *Journal of Agricultural and Environmental Science* 55(1):17-25. doi: 10.4322/rca.2012.032
- JEREZ-VALLE C, GARCÍA P, CAMPOS M, PASCUAL F (2014) A simple bioindication method to discriminate olive orchard management types using the soil arthropod fauna. *Applied Soil Ecology* 76:42-51. doi: 10.1016/j.apsoil.2013.12.007
- LAVELLE P, SPAIN AV (2001) Soil ecology. Kluwer Academic, Amsterdam.

- LIMAJUNIOR IS, DEGRANDE PE, BERTONCELLO TF, MELO EP, SUEKANE R (2013) Avaliação quantitativa do impacto do algodão-bt na População de araneae, carabidae e formicidae predadores Ocorrentes sobre o solo. Bioscience Journal 29(1):32-40.
- LOPES PR, ARAÚJO KCS, FERRAZ JMG, LOPES IM, FERNANDES LG (2012) Produção de café agroecológico no sul de Minas Gerais: sistemas alternativos à produção intensiva em agroquímicos. Revista Brasileira de Agroecologia 7(1):25-38.
- LOPES PR, LOPES KCSA (2011) Sistemas de Produção de Base Ecológica – A Busca por um Desenvolvimento Rural Sustentável. Revista Espaço de Diálogo e Desconexão 4(1).
- MAGURRAN AE (1988) Ecological Diversity and its Measurement. Prince-ton University Press, New Jersey
- MENALLED FD, SMITH RG, DAUER JT, FOX TB (2007) Impact of agricultural management on carabid communities and weed seed predation Agriculture, Ecosystems & Environment 118: 49-54. doi: 10.1016/j.agree.2006.04.011
- MORALGARCIA FJ (2006) Analysis of the spatiotemporal distribution of *Helicoverpa armigera* (Hübner) in a tomato field using a stochastic approach. Biosystems Engineering 93(3):253-259.
- MORÓN MA (2004) Insetos de solo. In: SALVADORI JR, ÁVILA CJ, SILVA MTB (ed.). Pragas de solo no Brasil, 1rd edn. Fundacep Fecotrigo, Brasil, pp 41-68.
- NASERI B, FATHIPOUR Y, MOHARRAMIPOUR S, HOSSEININAVEH V (2011) Comparative reproductive performance of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) reared on thirteen soybean varieties. Journal of Agricultural Science and Technology 13:7-26.
- OLIVEIRA MSS, ROEL AR, ARRUDA EJ, MARQUES AS (2007) Eficiência de produtos vegetais no controle da lagarta do cartucho do milho *Spodoptera frugiperda* (J.E.SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE). Ciência e Agrotecnologia 31(2):326-331.
- PASCHOAL AD (1994) Produção orgânica de alimentos: agricultura sustentável para os séculos XX e XXI. ESALQ/ USP, São Paulo
- PELOSI C, PEY B, HEDDE M, CARO G, CAPOWIEZ Y, GUERNION M, PEIGNÉ J, PIRON D, POGUE MG (2004) A new synonym of *Helicoverpa zea* (Boddie) and differentiation of adult males of *H. zea* and *H. armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae: Heliiothinae). Annals of the Entomological Society of America 97(6):1222-1226.
- REED, W. (1965) *Heliothis armigera* (Hb.) (Noctuidae) in western Tanganyika: II. Ecology and natural and chemical control. Bulletin of Entomological Research 56(1):127-140.
- RICCI F, BENTZE L, MONTAGNE D, HOUOT S, BERTRAND M, PELOSI C (2015) Positive effects of alternative cropping systems on terrestrial. Soil Organism 87:71-83.

- ROBERTSON LN, KETTLE BA, SIMPSON GB (1994) The influence of tillage practices on soil macrofauna in a semi-arid agroecosystem in northeastern Australia. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 48:149-156. doi: 10.1016/0167-8809(94)90085-X
- SANTOS ACF, RIBEIRO CM, FERREIRA DC, SANTOS WNP, MACEDO JP, OLIVEIRA LF, OLIVEIRA IP (2014) Discussões sobre alimentos orgânicos no Brasil e outros países. *Revista Faculdade Montes Belos* 7(1):53-63.
- SCHIAVON GA, LIMA ACR, SCHIEDECK G, SHWENGBER JE, SCHUBERT RN, PEREIRA CV (2015) O conhecimento local sobre a fauna edáfica e suas relações com o solo em agroecossistema familiar de base ecológica: um estudo de caso. *Ciência Rural* 45(4):658-660. doi: 201510.1590/0103-8478cr20121185
- SEUFERT V, RAMANKUTTY N, FOLEY JA (2012) Comparing the yields of organic and conventional Agriculture. *Nature* 485:229-235 doi:10.1038/nature11069
- SILVA RF, AQUINO A, MERCANTE FM, GUIMARÃES MF (2008) Macrofauna invertebrada do solo em sistema integrado de produção agropecuária no cerrado. *Acta Scientiarum – Agronomy* 30: 725-73. doi: 10.4025/actasciagron.v30i5.5974
- SILVA, RF, AQUINO AM, MERCANTE FM, GUIMARÃES MF (2006) Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção em Latossolo da Região do Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 41(4):697-704. doi: 10.1590/S0100-204X2006000400022
- SIMONI S, NANNELLI R, CASTAGNOLI M, GOGGIOLI D, MOSCHINI V, VAZZANA C, BENEDETTELLI S, MIGLIORINI P (2013) Abundance and biodiversity of soil arthropods in one conventional and two organic fields of maize in stockless arable systems. *Redia* 96:37-44.
- SOUZA JL (2006) Manual de horticultura orgânica. Aprenda Fácil, Viçosa
- VAIL PV, COULSON JR, KAUFFMAN WC, DIX ME (2001) History of biological control programs in the United States Department of Agriculture. *American Entomologist* 47:24-50.
- WHITTAKER Rh (1965) Dominance and diversity in land plant communities. *Science* 147:250:260.
- WINK C, GUEDES JVC, FAGUNDES CK, ROVEDDER AP (2005) Insetos edáficos como indicadores da qualidade ambiental. *Revista de Ciências Agroveterinárias* 4(1):60-71.
- ZAR JH (2009) *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall, Englewood.