

RAFAEL MACEDO DE OLIVEIRA

IMPORTÂNCIA DA VEGETAÇÃO ESPONTÂNEA NA POLINIZAÇÃO DE
PIMENTA, *Capsicum frutescens*

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2014

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

O48i
2014 Oliveira, Rafael Macedo de, 1986-
Importância da vegetação espontânea na polinização de pimenta,
Capsicum frutescens / Rafael Macedo de Oliveira. - Viçosa, MG, 2014.
ix, 50f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Madelaine Venzon.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. *Capsicum frutescens*. 2. Polinização por insetos. 3. Manejo da
vegetação. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de
Entomologia. Programa de Pós-graduação em Entomologia. II. Título.

CDD 22. ed. 633.84

RAFAEL MACEDO DE OLIVEIRA

IMPORTÂNCIA DA VEGETAÇÃO ESPONTÂNEA NA POLINIZAÇÃO DE
PIMENTA, *Capsicum frutescens*

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 14 de fevereiro de 2014

Maria Augusta Lima Siqueira
(Coorientadora)

Weyder Cristiano Santana
(Coorientador)

Cleide Maria Ferreira Pinto

Madelaine Venzon
(Orientadora)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado forças para passar no mestrado e realizar a minha pesquisa.

Aos meus pais por tanto me apoiarem desde quando entrei na universidade até o mestrado.

Aos meus irmãos pela ajuda, companheirismo, por acreditarem em mim e também pela força nas horas que tanto precisei.

A Alice de Souza que tanto me apoiou até mesmo me ajudou a avaliar os experimentos, quando achava que nunca iria acabar de contar tantas pimentas.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia pela oportunidade, pela confiança e pela excelente estrutura e qualidade de ensino.

Aos orientadores do Programa de Pós-Graduação em Entomologia pela ajuda e ensinamentos, fica a minha gratidão.

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

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) – Unidade Regional Zona da Mata pela concessão da estrutura e pessoal técnico que ajudaram no desenvolvimento da minha pesquisa.

À pesquisadora Madelaine Venzon pela confiança e pelo apoio que me ajudou, a buscar cada dia, dedicar-me mais à pesquisa.

À minha coorientadora Maria Augusta Lima pela colaboração e sugestões no desenvolvimento da minha pesquisa e na redação final da dissertação.

Ao meu coorientador Weyder Santana pela ajuda no desenvolvimento da pesquisa.

A todos os estagiários do laboratório de Entomologia da EPAMIG, em especial a Elem e Marcus Vinícius que me ajudaram a avaliar os experimentos e pelo apoio.

Aos mestrandos e doutorando do laboratório de Entomologia da EPAMIG pela ajuda.

A todos os estudantes de pós-graduação do departamento de Entomologia pela amizade e ajuda desde as disciplinas até o resultado final da minha pesquisa.

A Dra. Cleide por participar da minha banca de defesa, pelas sugestões e pela disponibilidade em ajudar no desenvolvimento da pesquisa.

Ao professor Juan Marcos Juricich por ter me dado à oportunidade de trabalhar com polinização em Mendoza na Argentina e iniciando então os meus trabalhos com os polinizadores.

A Paula Netto por ter me ensinado muito sobre abelhas no início do mestrado.

Ao José Geraldo, técnico agrícola da EPAMIG, pela paciência e colaboração.

E a todos que de alguma maneira me ajudaram a realizar este sonho, meus sinceros agradecimentos.

BIOGRAFIA

Rafael Macedo de Oliveira, filho de Maria da Consolação Macedo Gomes de Oliveira e Dimas Miranda de Oliveira, nascido em Ipatinga, Minas Gerais em 15 de julho de 1986.

Iniciou o curso de Agronomia na Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) permanecendo nesta instituição apenas um semestre. No primeiro semestre de 2007 iniciou o curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa (UFV). Durante a graduação foi estagiário voluntário e bolsista de iniciação científica no laboratório de Acarologia da UFV, também foi bolsista de iniciação científica na Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG). Foi monitor voluntário e efetivo da disciplina de Mecanização Agrícola do departamento de Engenharia Agrícola. Participou do Programa de Mobilidade Acadêmica do Mercosul (MARCA), cursando disciplinas na Universidad Nacional de Cuyo em Mendonza, Argentina. Nesta instituição foi estagiário voluntário no projeto “Fecundación Natural de abejas Reinas”, iniciando as pesquisas com polinização. Em março de 2012 iniciou o mestrado em Entomologia na Universidade Federal de Viçosa sob orientação da Dra. Madelaine Venzon e coorientação dos professores Maria Augusta Lima Siqueira e Weyder Cristiano Santana. Em fevereiro de 2014 submeteu-se à defesa da dissertação tendo como membros da banca os professores citados acima e a pesquisadora Dra. Cleide Maria Ferreira Pinto.

SUMÁRIO

Resumo	vi
Abstract	viii
Introdução Geral	1
Referências Bibliográficas.....	6
Capítulo 1 - Visitantes florais e importância da polinização em <i>Capsicum frutescens</i>	
Resumo.....	10
Introdução	11
Material e Métodos	13
Biologia floral.....	13
Importância da polinização.....	14
Análise dos dados	16
Resultados	17
Discussão	19
Referências Bibliográficas	20
Capítulo 2 – Papel da vegetação espontânea na produção de pimenta-malagueta	
Resumo.....	24
Introdução	26
Material e Métodos	29
Visitantes florais	29
Papel da vegetação espontânea na produção de pimenta-malagueta.....	31
Análise dos dados	34
Resultados	35
Visitantes florais.....	35
Papel da vegetação espontânea na produção de pimenta-malagueta.....	38
Importância da vegetação espontânea na atração de polinizadores	41
Discussão	41
Referências Bibliográficas	45
Conclusões Gerais	50

RESUMO

OLIVEIRA, Rafael Macedo de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2014. **Importância da vegetação espontânea na polinização de pimenta, *Capsicum frutescens*.** Orientadora: Madelaine Venzon. Coorientadores: Maria Augusta Lima Siqueira e Weyder Cristiano Santana

Na maioria das regiões brasileiras é encontrada uma paisagem de fragmentos de vegetação nativa em uma matriz de sistemas produtivos. Isso tem ocasionado uma diminuição na diversidade de polinizadores e conseqüentemente da produção de diversas culturas. Neste trabalho, no capítulo 1 foi estudada a duração das flores e receptividade estigmática de pimenta-malagueta *Capsicum frutescens*, e a importância da polinização na produção. No capítulo 2, foram estudados os principais visitantes florais de pimenta-malagueta, a importância da vegetação espontânea na abundância de visitantes florais e na produção de frutos. Os experimentos de duração da flor e de receptividade estigmática foram realizados no laboratório de Entomologia da EPAMIG avaliando-se 30 botões florais. Para avaliar a importância da polinização na produção foi realizado um experimento em Oratórios/MG. Foram marcados 896 botões florais para compor os tratamentos de polinização livre e restrita. Os experimentos de importância da vegetação espontânea na atração de polinizadores e produção de pimenta-malagueta foram realizados em Oratórios/MG em três áreas experimentais compostas de 100 plantas livres de vegetação espontânea e outras três áreas também com 100 plantas, porém com vegetação espontânea na borda e na entrelinha do cultivo de pimenta e em Piranga/MG em quatro áreas experimentais livres de vegetação espontânea e em quatro com vegetação espontânea na borda do cultivo e na entrelinha. A receptividade estigmática ocorreu no dia da antese de 9 às 12 h. Os principais visitantes florais foram abelhas, sendo *Tetragonisca angustula* a única espécie

comum no ambiente. A diversidade de visitantes florais foi maior na área com pimenta sem vegetação espontânea. No entanto, a área com vegetação espontânea em uma das bordas do cultivo teve maior abundância de visitantes florais. Os frutos advindos de flores polinizadas tiveram maior massa que frutos de polinização restrita. Nas áreas rodeadas com vegetação espontânea observou-se produção superior de pimenta comparado com as áreas sem vegetação espontânea. Conclui-se que a vegetação espontânea é importante para obter maior abundância de polinizadores e maior produção de pimenta.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Rafael Macedo de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February 2014. **Importance of spontaneous vegetation in the pollination of pepper, *Capsicum frutescens*.** Advisor: Madelaine Venzon. Co-advisers: Maria Augusta Lima Siqueira and Weyder Cristiano Santana

In most Brazilian regions a landscape of patches of native vegetation is found in an array of productive systems. This has caused a decrease in pollinator diversity and consequently the production of various crops. This work was initially studied the stigmatic receptivity of chilli pepper, *Capsicum frutescens* and the importance of pollination in the production (Chapter 1). Subsequently, the main pollinators of chili, the importance of spontaneous vegetation in the abundance of floral visitors and production of chilli pepper (Chapter 2) was studied. The experiments lasting flower and stigmatic receptivity were conducted in the laboratory of Entomology EPAMIG with 30 buds. Have the experiment to evaluate the importance of pollination in the production was performed in Oratorios/MG , in which 896 flower buds were marked to compose the two treatments , and restricted free pollination . Finally experiments of importance of spontaneous vegetation attract pollinators and production of chilli pepper were conducted in the municipalities of Oratorios/MG in six plants composed of 100 experimental sites, three free spontaneous vegetation and three containing spontaneous vegetation in edge and the line between the cultivation of pepper and Piranga/MG which had four of eight experimental areas free of spontaneous vegetation and the other four had the presence of spontaneous vegetation at the edge of cultivation and leading. The stigmatic receptivity occurred on the day of anthesis of 9 to 12 hours. The main floral visitors were bees, *Tetragonisca angustula* being the only species considered common in the environment. The diversity of floral visitors was higher in areas with pepper and without spontaneous vegetation.

However, the area with natural vegetation present in one of the edges of the crop had greater abundance of floral visitors, showing that spontaneous vegetation is important for attracting pollinators. The proceeds of fruits pollinated flowers had greater mass than fruits of restricted pollination. The areas surrounded with spontaneous vegetation had a higher production of pepper compared with areas without spontaneous vegetation. Therefore, the spontaneous vegetation is important for higher abundance of pollinators and increased production of pepper.

INTRODUÇÃO GERAL

A conversão das paisagens naturais em agroecossistemas altera as interações bióticas e a disponibilidade de recursos no ecossistema, podendo gerar sérias consequências em níveis local, regional e global (Matson et al., 1997). Atualmente, na maioria das regiões brasileiras, há uma paisagem de fragmentos de vegetação nativa em uma matriz de sistemas produtivos (Tscharnke et al., 2005), o que tem ocasionado uma diminuição na diversidade de polinizadores e conseqüentemente uma diminuição da produção de diversas culturas (Richards 2001).

A fragmentação de habitats é definida como um processo no qual uma extensão de território é transformada em um conjunto de manchas (fragmentos) ou áreas isoladas por uma matriz de habitat diferente do original (Fahrig, 2003). Uma paisagem pode ser qualitativamente classificada como contínua ou como fragmentada. Quantitativamente, no entanto, uma paisagem fragmentada pode apresentar uma série de parâmetros que caracterizam a estrutura da paisagem, tais como: (1) a redução do habitat; (2) o aumento do número de fragmentos; (3) a redução do tamanho dos fragmentos; e (4) o aumento do isolamento entre fragmentos. Esses parâmetros representam a base da maioria das medidas quantitativas da fragmentação (Fahrig, 2003).

O isolamento de pequenos fragmentos inseridos em uma matriz pouco permeável pode ocasionar perda da biodiversidade e até mesmo extinção local de algumas espécies (Burkey, 1989; Gascon et al., 1999). A riqueza de polinizadores e a taxa de visitação às flores diminuem exponencialmente à medida que aumenta a distância do ambiente natural (Ricketts et al., 2008). Portanto, é de fundamental

importância à manutenção de fragmentos naturais para a ocorrência do serviço de polinização realizado pelas abelhas e outros insetos.

A alteração dos ecossistemas naturais e a perda de espécies polinizadoras estão reduzindo a produtividade de diversas culturas (Manzoorulhaq Rafieuldin & Ghaffar, 1978; Bhatia et al., 1995; Moreti et al., 1996; Collevatti et al., 1997). Consequentemente tem aumentado a busca pelo desenvolvimento de práticas agrícolas ecologicamente favoráveis, tais como os sistemas agroecológicos (Altieri, 1999). Neste tipo de agricultura procura-se manter maior semelhança com os habitats naturais, facilitando a dispersão das espécies e a manutenção da biodiversidade (Vandermeer & Perfecto, 2007). Além disso, há cada vez mais o reconhecimento de que a manutenção dessa fauna pode trazer benefícios importantes para as áreas agrícolas em termos de controle de pragas (Ricketts et al., 2004, Amaral et al., 2013) e polinização das culturas (Vandermeer & Perfecto, 2006).

A manutenção de áreas com vegetação natural na vizinhança dos cultivos pode, supostamente, trazer lucro real para os agricultores. A vegetação florestal e as plantas espontâneas ao redor dos cultivos fornecem habitat e são fontes de alimento para as abelhas nativas. As plantas cultivadas, muitas vezes, suprem somente parte dos recursos necessários às abelhas, sendo necessária a coleta de recursos adicionais em outras plantas. Além disso, substratos ou locais para a construção dos ninhos muitas vezes não estão disponíveis nas áreas agrícolas e as abelhas dependem das áreas de vegetação nativa para sua reprodução (Imperatriz Fonseca, 2012).

A polinização é um processo fundamental para a reprodução sexuada das plantas superiores (Faegri & van Der Pijl, 1971). Somente por meio da transferência do pólen das anteras até o estigma das flores da mesma espécie pode ocorrer

fecundação dos óvulos e, conseqüentemente, a formação de sementes (Proctor *et al.*, 1996). Como não há deslocamento das plantas em busca de parceiros sexuais, estas utilizam intermediários para a transferência de grãos de pólen, os chamados polinizadores. A polinização adequada pode garantir um aumento na qualidade das sementes e dos frutos produzidos de algumas espécies de plantas (Richards, 2001).

Dentre os agentes polinizadores estão o vento (como em pinheiro, milho, trigo, arroz, etc.), a água (como em algumas plantas aquáticas), a gravidade (em plantas com grão de pólen pesado) e os seres vivos, como acontece com 80% das plantas com flores (Nabhan & Buchmann, 1997; Kevan & Imperatriz-Fonseca, 2002). Sem estes agentes, muitas espécies de plantas não se reproduziriam sexuadamente e, conseqüentemente, não seria possível produzir sementes, grãos, frutas, vagens, folhagens, raízes, óleos vegetais, essências e corantes naturais, utilizados em larga escala pela sociedade (Freitas, 1995).

Embora muitos tipos de animais tenham estabelecido relações de polinização com as plantas com flores, os principais polinizadores são os insetos, sendo as abelhas, o principal grupo de polinizadores (Bawa, 1990). A polinização realizada pelas abelhas, além de indispensável à reprodução para muitas espécies vegetais, ocasiona um aumento da variabilidade genética, da viabilidade das sementes e incremento na produção de frutos e sementes (Imperatriz-Fonseca *et al.*, 2012).

Diferente de outros polinizadores, as abelhas são extremamente eficientes na polinização tanto de plantas cultivadas quanto silvestres, porque utilizam os recursos florais (pólen e néctar) como suas únicas fontes de alimento. Algumas espécies utilizam outros recursos ou até mesmo condições das plantas para sobreviverem e reproduzirem, tais como essências florais, abrigo de inimigos e intempéries, resinas

vegetais, locais de acasalamento, fonte de calor, etc (Kevan & Baker, 1983). Isto obriga as abelhas a estarem em contato constante com as flores, aumentando enormemente a chance de transferência de grãos de pólen dentro da mesma flor ou entre flores diferentes da mesma espécie. As visitas às flores realizadas por outros animais são eventuais e a grande maioria não possui as flores como sua única fonte alimentar e/ou a visitam somente em momentos isolados (Free, 1993; Freitas, 1995).

Para que haja benefício dos serviços de polinização fornecidos pelos insetos, deve-se conhecer o papel dos polinizadores sobre a cultura de interesse. O cultivo de pimenta-malagueta *Capsicum frutescens* Linnaeus na Zona da Mata Mineira, em sua maioria, é realizado em pequenas unidades familiares, em áreas que variam de 0,5 a 10 hectares. Na região, a importância socioeconômica da pimenta é muito grande, por permitir a fixação de pequenos produtores e suas famílias no campo e a contratação sazonal de mão-de-obra durante o período da colheita (Rufino e Penteadó, 2006).

As espécies de *Capsicum* Linnaeus (1753) possuem flores hermafroditas e reproduzem-se, preferencialmente, por autopolinização espontânea (Bosland, 1996). Entretanto, *C. frutescens* apresenta baixa produção natural de frutos e estudos demonstraram que a polinização cruzada depende da presença de insetos polinizadores (Bosland e Votava, 1999).

No capítulo 1 objetivou-se estudar: a) a biologia floral e receptividade estigmática de pimenta-malagueta e; b) a importância da polinização para a produção desta cultura em campo. No capítulo 2, investigou-se: a) a identidade dos visitantes florais da pimenta-malagueta; b) o papel da vegetação espontânea sobre a

abundância de abelhas e; c) o aumento da produção de pimenta-malagueta com vegetação espontânea próximo aos cultivos

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altieri, MA, (1999) The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture Ecosystems & Environment* (74): 19-31.
- Amaral, DSSL, Venzon, M, Duarte, MVA, Souza, FF, Pallini, A, Harwood, JD, (2013) Non-crop vegetation associated with chili pepper agroecosystems promote the abundance and survival of aphid predators. *Biological Control* (64): 338-346.
- Bawa, KS, (1990) Plant-pollinator interactions in tropical rain forests. *Annual Review of Ecology and Systematics* (21): 399-422.
- Bhatia, R, Gupta, D, Chandel, JS, Sharma, NK, (1995) Relative abundance of insect visitors on flowers of major subtropical fruits in Himachal Pradesh and their effect on fruit set. *Indian Journal of Agricultural Sciences* (65): 907-912.
- Bosland, PW, (1996) *Capsicums: Innovative uses of an ancient crop*. In: Janick, J. (Ed.), *Progress in new crops*. ASHS Press. Arlington, p. 479-487.
- Bosland, PW, Votava, EJ, (1999) *Peppers: vegetable and spice capsicums*. Wallingford: Cabi. 248p.
- Burkey, TV, (1989) Extinction in nature reserves: the effect of fragmentation and the importance of migration between reserve fragments. *Oikos* (50): 75-81.
- Collevatti, RG, Amaral, MEC, Lopes, FS, (1997) Role of pollinators in seed set and a test of pollen limitation hypothesis in the tropical weed *Triumfetta semitriloba* (Tiliaceae). *Revista de Biologia Tropical* (45): 1401-1407.

- Faegri, K, Van Der Pijl, L, (1971) Principles of Pollination Ecology. Oxford: Pergamon. 248p.
- Fahrig, L, (2003) Effects of habitat fragmentation on biodiversity. Annual Review of Ecology and Systematics (34): 487-515.
- Free, JB, (1993) Insect pollination of crops. London: Academic Press, 684 p.
- Freitas, BM, (1995) The pollination efficiency of foraging bees on apple (*Malus domestica* Borkh) and cashew (*Anacardium occidentale* L.). (Tese de PhD) University of Wales, Cardiff - Reino Unido, 197p.
- Gascon, C, Lovejoy, TE, Bierregaard, RO, Malcolm, JR, Stouffer, PC, Vasconcelos, HL, Laurance, WF, Zimmerman, B, Tocher, M, Borges, S, (1999) Matrix habitat and species richness in tropical forest remnants. Biological Conservation (91): 223-229.
- Imperatriz-Fonseca, VL, Canhos, DAL, Araujo, D, (2012) Polinizadores do Brasil: Contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais. São Paulo, 488 p.
- Kevan, PG, Baker, HG, (1983) Insects as flower visitors and pollinators. Annual Review of Entomology (28): 407-53.
- Kevan, PG, Imperatriz-Fonseca, VL, (2002) Pollinating bees: the conservation link between agriculture and nature. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 313p.

- Manzoorulhaq Rafieuldin, M, Ghaffar, A, (1978) Effect of insect pollination on fruit bearing in kinnow mandarin (*Citrus reticulata*), and physical and chemical properties of fruit. *Journal of Apicultural Research* (17): 47-49.
- Matson, PA, Parton, WJ, Power, AG, Swift, MJ, (1997) Agricultural Intensification and Ecosystem Properties. *Science* (277): 504-509.
- Moreti, AC, Silva, RMB, Silva, ECA, Alves, MLTM, Otsuk, IP, (1996) Aumento na produção de sementes de girassol (*Helianthus annuus*) pela ação de insetos polinizadores. *Scientia Agricola* (53): 2-3.
- Nabhan, GP, Buchmann, S, (1997) Services provided by pollinators. In Daily, G.C. (ed.) *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*. Island Press: Washington D.C. p. 133-150.
- Pinto CMF, Salgado LT, Lima PC, Picanço M, Paula Júnior TJ, Moura WM, Brommonschenkel, SH, (1999) A cultura da pimenta (*Capsicum* sp.). Belo Horizonte: EPAMIG Boletim Técnico, 56, 39p.
- Proctor, M, Yeo, P, Lack, A, (1996) *The natural history of pollination*. Timber Press Oregon, 479 p.
- Richards, AJ, (2001) Does low biodiversity resulting from modern agricultural practice affect crop pollination and yield? *Annals of Botany* (88): 165-172.
- Ricketts, TH, Daily, GC, Ehrlich, PR, Michener, CD, (2004) Economic value of tropical forest to coffee production. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* (101): 12579-12582.

- Ricketts, TH, Regetz, J, Steffan-Dewenter, I, Cunningham, SS, Kremen, C, Bogdanski A, Gemmill-Herren, B, Greenleaf, SS, Klein, AM, Mayfield, MM, Morandin, LA, Ochieng, A, Viana, BF, (2008) Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? *Ecology Letters* 11 (5): 499-515.
- Rufino, JLS, Pentead, DCS, (2006) Importância econômica, perspectivas e potencialidades do mercado para pimenta. In: *Cultivo da Pimenta. Informe Agropecuário* (27): 7-15.
- Tscharntke, T, Klein, AM, Kruess, A, Steffan-Dewenter, I, Thies, C, (2005) Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. *Ecology Letters* (8): 857-874.
- Vandermeer, J, Perfecto, I, (2006) A keystone mutualism drives pattern in a power function. *Science* (311): 1000-1002.
- Vandermeer, J, Perfecto, I, (2007) The Agricultural Matrix and a Future Paradigm for Conservation. *Conservation Biology* (21): 274-277.

CAPÍTULO 1

Visitantes florais e importância da polinização em *Capsicum frutescens*

RESUMO: Os animais são responsáveis pela polinização de cerca de 30% das plantas utilizadas na dieta humana. A polinização pode resultar em maior produtividade, frutos maiores e de melhor qualidade. As modificações no ambiente tais como o uso de herbicidas, que mantém as áreas de cultivo sem vegetação espontânea, têm ocasionado diminuição na abundância de visitantes florais e consequentemente diminuição da produtividade das culturas. A pimenta-malagueta é uma espécie autopolinizável que apresenta um aumento do vingamento inicial dos frutos quando polinizada efetivamente. O objetivo foi avaliar a biologia floral e receptividade estigmática de pimenta-malagueta *Capsicum frutescens* e determinar a importância da polinização para a produção. A biologia floral foi estudada com 30 botões florais acompanhados do início do desenvolvimento até o murchamento. A receptividade estigmática foi testada utilizando uma solução de peróxido de hidrogênio (3%). A importância da polinização na produção de *C. frutescens* foi estudada em Oratórios/MG em oito áreas experimentais cultivadas com 100 plantas por área. Observou-se que a antese ocorreu principalmente no período da manhã e que as flores permaneceram abertas por, aproximadamente, 10 dias. A receptividade estigmática máxima foi observada no dia da antese, entre 9 e 12 h. Frutos advindos da polinização livre apresentaram maior massa média comparado com os frutos advindos de polinização restrita. Conclui-se que a polinização realizada pelos insetos aumenta a massa e a qualidade dos frutos de pimenta-malagueta.

INTRODUÇÃO

Os animais são responsáveis pela polinização de cerca de 30% das plantas utilizadas na dieta humana, além de aumentarem a produtividade das espécies vegetais utilizadas na fabricação de fibras, óleos comestíveis e medicamentos (Buchmann e Nablan 1996). Recentemente, o valor econômico da polinização animal para a agricultura mundial foi estimada em 200 bilhões de dólares por ano (Abrol, 2012). Estima-se que as abelhas constituam mais de 50% dos insetos polinizadores (FAO, 2004).

Para muitas plantas cultivadas a polinização realizada pelas abelhas resulta em maior produtividade, frutos maiores e de melhor qualidade (Richards, 2001). Para atraírem mais visitantes florais e serem polinizadas ocorreram adaptações no desenvolvimento das flores a exemplo de pétalas coloridas, odores e recursos tais como, néctar, pólen, essências e óleos (Kevan & Baker, 1983). A eficiência dos visitantes florais como polinizadores está relacionada à biologia floral da planta e ao comportamento de forrageamento do animal. Um visitante floral pode coletar os recursos sem, necessariamente, fazer a transferência do grão de pólen de uma flor para outra não sendo neste caso, considerado um polinizador eficiente (Freitas, 1998). Geralmente, há uma adequação entre as características da flor e do seu polinizador mais efetivo (Couto, 2006). Os polinizadores possuem sincronismos de tempo com suas principais fontes de alimento, estando presentes no ambiente quando houver maior número de flores receptivas (Freitas, 1998).

O comportamento, a riqueza, a composição das espécies e a abundância de polinizadores são comumente afetados negativamente pelas modificações nas paisagens agrícolas (Taki e Kevan, 2007; Ricketts et al, 2008), as quais provocam

redução na oferta de recursos, escassez de habitats adequados para nidificação e aumento do isolamento das populações de plantas e de polinizadores (Aizen et al., 2009, Chacoff e Aizen, 2006, Ricketts et al., 2008). Como consequência, ocorrem alterações no fluxo de pólen e na reprodução sexuada das plantas, decorrendo, na maioria dos casos, em redução da quantidade e da qualidade de frutos e de sementes produzidas (Aizen e Feisinger, 1994, Aguilar et al., 2006, Chacoff e Aizen, 2006).

A manutenção da vegetação espontânea ao redor ou dentro da cultura de interesse pode ser uma forma de modificação ambiental para atrair os visitantes florais para a área de cultivo agrícola. Supostamente, essas plantas podem fornecer pólen e néctar na época em que a cultura de interesse não esteja florida, mantendo assim os visitantes florais no campo agrícola por mais tempo, além de fornecer locais para as abelhas nidificarem (Imperatriz-Fonseca et al., 2012).

As flores de *Capsicum* são hermafroditas com autofecundação espontânea (Bosland, 1996). Entretanto, plantas de pimenta-malagueta *Capsicum frutescens* apresentam baixa produção natural de frutos (Bosland e Votava, 1999). Foi demonstrado por Cruz (2009) que a polinização realizada pelas abelhas aumenta o vingamento inicial e a persistência dos frutos de pimenta-malagueta.

Para melhor compreensão sobre o processo de polinização da pimenta-malagueta, devem ser realizados estudos sobre a sua biologia floral. Pesquisas sobre biologia floral, associadas a investigações sobre receptividade estigmática são importantes para determinar o horário de coleta dos visitantes florais. Um polinizador efetivo deve visitar as flores no horário de sua maior receptividade (Webb, 1986). A identificação dos visitantes florais é importante para atrair e mesmo manter estes visitantes florais nas áreas de cultivo. . Objetivou-se estudar a biologia

floral de *C. frutescens*, identificar os visitantes florais de pimenta-malagueta, determinar o horário e mês de maior abundância de visitantes e determinar a importância da polinização para a produção de frutos.

MATERIAL E MÉTODOS

- **Biologia Floral**

Os experimentos de biologia floral e de receptividade estigmática foram realizados no laboratório de entomologia da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), Unidade Regional Zona da Mata (UREZM) em Viçosa, MG.

Para estudar a biologia floral de *C. frutescens*, 30 botões florais de três plantas foram marcados com linha colorida e acompanhados durante seu desenvolvimento até o murchamento total da flor. As plantas foram acondicionadas em vasos plásticos com capacidade de 10 L com uma mistura de 50% de terra de barranco e 50% de substrato utilizado na produção de mudas, mantidos em uma área aberta.

A receptividade estigmática foi testada de acordo com a metodologia proposta por Dafni (1992), utilizando uma solução de peróxido de hidrogênio (3%). Segundo esse autor, a receptividade estigmática é proporcional ao número de bolhas de oxigênio que aparecem na superfície do estigma. Cinco flores de três plantas de pimenta-malagueta foram escolhidas, aleatoriamente, a cada hora e testadas no laboratório das 8 às 15 h. As observações foram feitas com o auxílio de microscópio com aumento de cinco vezes.

- Importância da polinização

O experimento foi realizado na fazenda experimental Vale do Piranga da EPAMIG em Oratórios/MG (20° 25'51'' S e 42° 48'21'' O), de maio a agosto de 2012, em área com 800 plantas cultivadas no espaçamento de 1 m entre fileiras por 1 m entre plantas. A adubação foi realizada segundo recomendações técnicas para a cultura de acordo com os resultados da análise de fertilidade do solo. A irrigação, quando necessária, foi realizada por aspersão.

O experimento consistiu dos tratamentos: polinização livre e polinização restrita. No tratamento “polinização livre”, os botões florais foram amarrados pelos pedúnculos com linhas coloridas com fim de ser identificados e colhidos para as avaliações. No tratamento “polinização restrita”, os botões florais foram inseridos em sacos de voil e amarrados pelo pedúnculo (Fig.1). Após a formação dos frutos, os sacos de voil foram retirados procedendo-se a identificação dos frutos com linhas coloridas que foram amarradas nos pedúnculos dos mesmos. Foram utilizadas 56 plantas, no total, selecionadas aleatoriamente. Em cada planta foram marcados dois botões florais com polinização restrita e dois com polinização livre. Este procedimento foi repetido em quatro datas diferentes. No total, 896 botões florais foram marcados sendo colhidos 448.

Quando maduros, os frutos foram colhidos, individualizados em sacos de papel, identificados e levados para o laboratório de Entomologia da EPAMIG/UREZM para serem pesados e as sementes contadas e pesadas (Fig. 2).

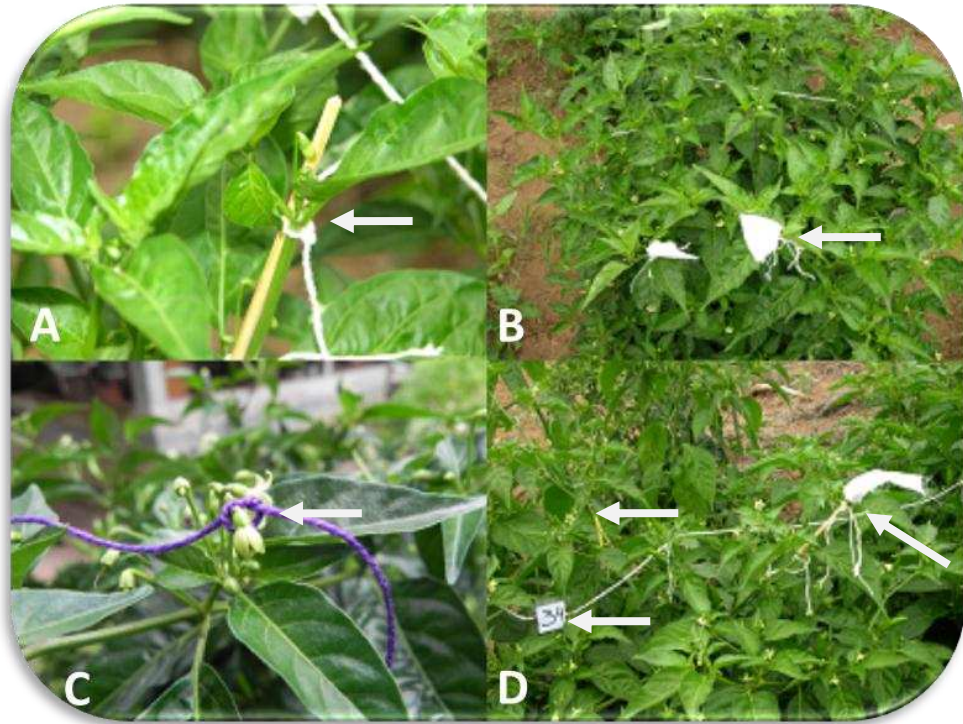


Figura 1: Tratamentos: (A e B) – Polinização restrita; (C) – Polinização livre; (D) – Identificação da planta com os dois tratamentos.

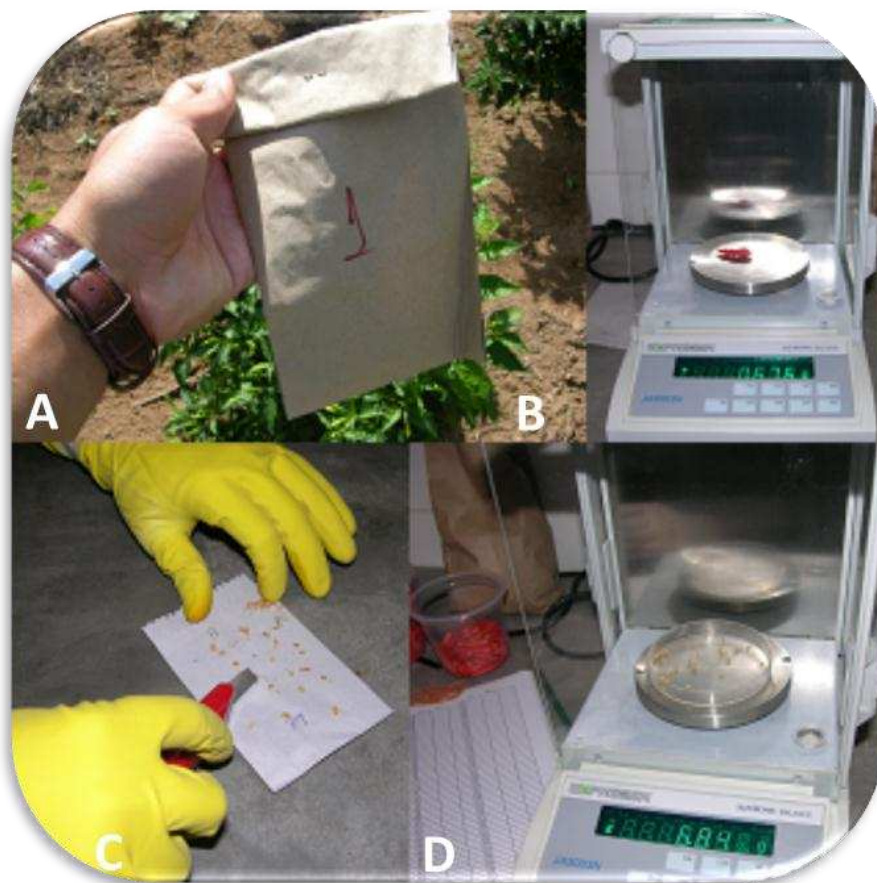


Figura 2: Avaliação da importância da polinização: (A) – Individualização e identificação dos frutos; (B) - Pesagem individual dos frutos; (C) - Contagem do número de sementes; e (D) - Pesagem das sementes.

- **Análise dos dados**

As análises dos dados de massa média dos frutos e número médio de sementes por fruto foram realizadas com o auxílio do programa R (R, 2009), utilizando a análise estatística LMER com o teste Chi^2 a 5% de probabilidade. A normalidade dos dados foi previamente verificada pelo teste de Shapiro-Wilk. Os dados que não seguiram a normalidade foram transformados segundo o método de Box-Cox (Box & Cox, 1964).

RESULTADOS

A antese ocorreu, no período da manhã, com poucas flores apresentando antese no início da tarde. As flores duraram de 8 a 12 dias com média de 10 dias para o total desprendimento da corola do pedúnculo. A receptividade estigmática máxima foi observada no dia da antese, entre 9 e 12 h (Fig. 3).

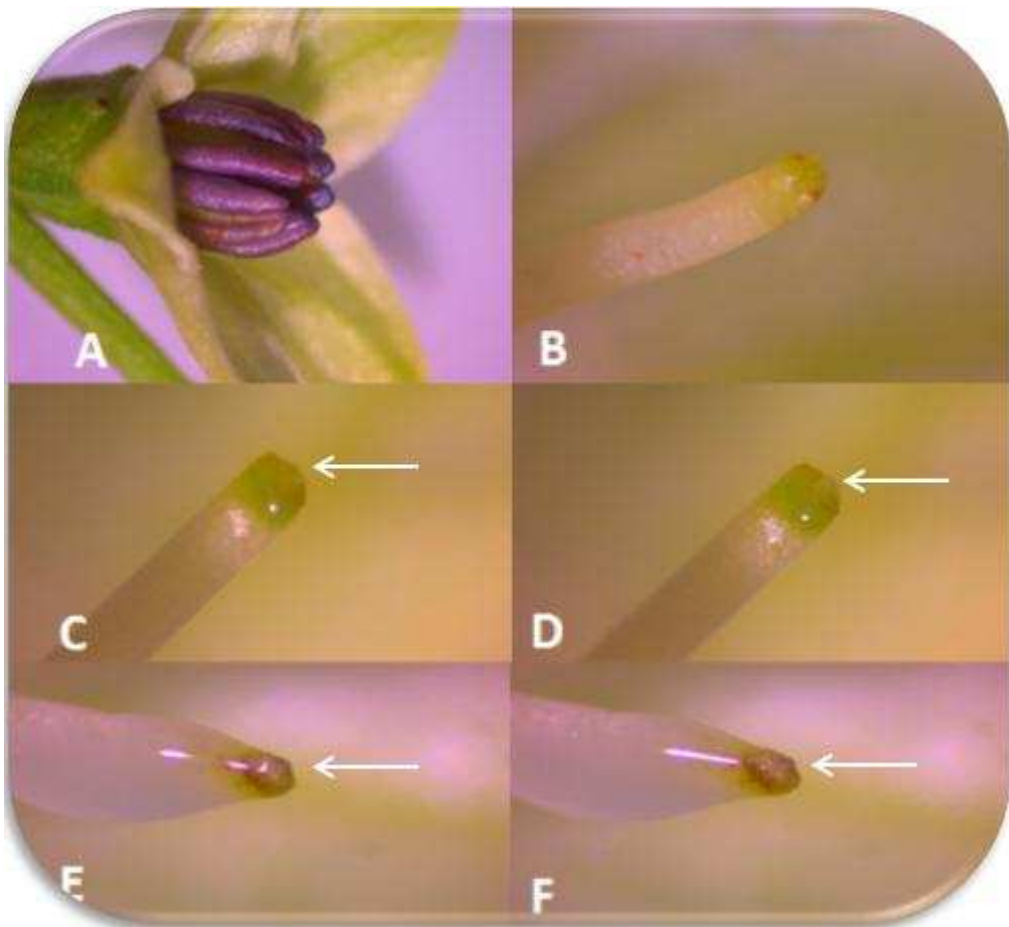


Figura 3: (A) – Flor de pimenta-malagueta; (B) – Estigma; (C,D) – Estigma com solução de peróxido de hidrogênio (3%) com ausência de bolhas de oxigênio indicando ausência de receptividade; (E,F) – Estigma com solução de peróxido de hidrogênio (3%) com presença de bolhas de oxigênio indicando presença de receptividade estigmática.

Os frutos advindos de polinização livre apresentaram massa média superior à massa dos frutos advindos de polinização restrita ($p=1,775e-12$) (Fig. 4). A

polinização livre também foi importante para a obtenção de número maior de sementes por fruto ($p=2,20e-16$)(Fig. 5).

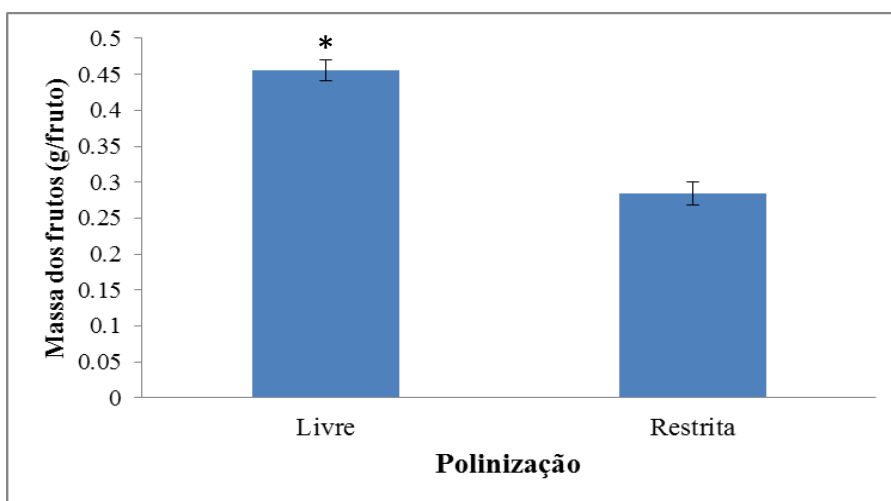


Figura 4: Massa média dos frutos de pimenta-malagueta advindos de polinização livre e restrita no município de Oratórios, MG, ($p=1,775e-12$). * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste χ^2 .

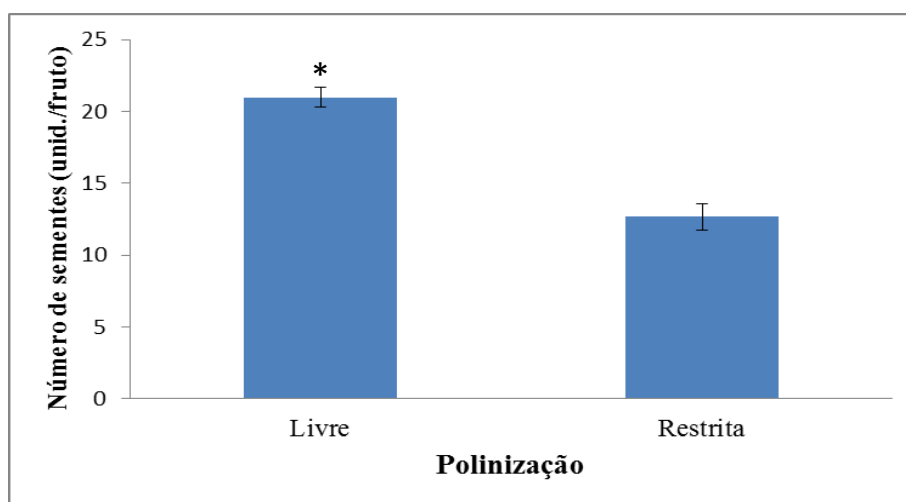


Figura 5: Número médio de sementes de pimenta-malagueta advindo de polinização livre e restrita no município de Oratórios, MG, ($p=2,20e-16$). * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste χ^2 .

DISCUSSÃO

A polinização realizada pelos insetos, principalmente abelhas, em flores de *C. frutescens* resultou em aumento da massa média e do número de sementes por fruto. Além disso, a polinização cruzada em pimenta-malagueta resultou em aumento da percentagem de vingamento inicial. Resultados semelhantes foram observados em frutos de *Capsicum* após a visitação por abelhas (Shipp et al., 1994; Cruz et al., 2005; Cauich et al., 2006, Nascimento et al., 2012) e também em frutos de *Capsicum annuum* visitados por sirfídeos (Jarlan et al., 1997) (). Para diversas culturas foi observado que os polinizadores contribuem para aumento de produtividade (McGregor, 1976).

Pode-se concluir que as flores de pimenta-malagueta quando polinizadas geram frutos com maior massa e, portanto de melhor qualidade.

A polinização realizada pelas abelhas é um serviço do ecossistema que deve, portanto, ser melhor aproveitado, seja pela conservação de espécies nativas, pela introdução de abelhas na cultura ou pela manipulação do ambiente de modo a favorecer a fixação das abelhas no ambiente de cultivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abrol, DP, (2012) *Pollination Biology: Biodiversity Conservation and Agricultural Production*, v. 49, 450 p.
- Aguilar, R, Ashworth, L, Galetto, L, Aizen, MA, (2006) Plant reproductive susceptibility to habitat fragmentation: review and synthesis through a meta-analysis. *Ecology Letters* (9): 968–980.
- Aizen, MA, Feinsinger, P, (1994) Habitat fragmentation, native insect pollinators, and feral honey bees in Argentine ‘Chaco Serrano’. *Ecological Applications* (4): 378–392.
- Aizen, MA, Garibaldi, LA, Cunningham, SA, Klein, A, (2009) Long-term global trends in crop yield and production reveal no current pollination shortage but increasing pollinator dependency. *Current Biology* 18 (20): 1572-1575.
- Bosland, PW, (1996) *Capsicums: Innovative uses of an ancient crop*. In: Janick, J. (Ed.), *Progress in new crops*. ASHS Press. Arlington, v.A. p. 479-487.
- Buchmann, SL, Nabhan, GP, (1996) *The forgotten pollinators*. Island Press, Washington, DC, 312 p.
- Cauich, O, Quezada Euan, JIG, Melendez Ramirez, V, Valdovinos-Nunez, GR, Moo-Valle, H, (2006) Pollination of habanero pepper (*Capsicum chinense*) and production in enclosures using the stingless bee *Nannotrigona perilampoides*. *Journal of Apicultural Research* 45(3):125-130.
- Chacoff, NP, Aizen, MA, (2006) Edge effects on flower-visiting insects in grapefruit plantations bordering premontane subtropical forest. *Journal of Applied Ecology* 43 (1): 18-27.

- Couto, RHN, (2006) Apicultura: Manejo e produtos por Regina Helena Nogueira Couto e Leomam Almeida Couto. 3 ed. Jaboticabal: FUNEP, 193p.
- Cruz, DO, Freitas, BM, Silva, LA, Silva, EMS, Bomfim, IGA, (2005) Pollination efficiency of the stingless bee *Melipona subnitida* on greenhouse sweet pepper. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 40 (12): 1197-1201.
- Cruz, DO, Campos, LAO, (2007) Biologia floral e polinização de pimenta malagueta (*Capsicum frutescens*): um estudo de caso. Acta Scientiarum. Biological Sciences, 29 (4): 375-379.
- Cruz, DO, (2009) Biologia floral e eficiência polinizadora das abelhas *Apis mellifera* Lep. (ambiente protegido) na cultura da pimenta malagueta (*Capsicum frutescens* L. em Minas Gerais, Brasil. Tese de doutorado apresentada ao Programa de Entomologia – Universidade federal de Viçosa. 102p.
- Dafni, A. (1992) Pollination ecology: a practical approach. Oxford University Press. 250 p.
- FAO, (2004) Conservation and management of pollinators for sustainable agriculture – the international response. In: FREITAS, B.M.; PEREIRA, J.O.P. Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination, p. 19-25.
- Freitas, BM, (1998) A importância relativa de *Apis mellifera* e outras espécies de abelhas na polinização de culturas agrícolas. In: ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 3º, 1998, Ribeirão Preto. Anais do terceiro encontro sobre abelhas, FFCLRP, Ribeirão Preto, Brasil. p. 10-20.
- Imperatriz-Fonseca, VL, Canhos, DAL, Araujo, D, (2012) Polinizadores do Brasil: Contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais. São Paulo, 488 p.

- Jarlan A, Oliveira, D, Gingras, J, (1997) Pollination of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) in greenhouse by the syrphid fly *Eristalis tenax* L. *Acta Horticulturae* (437): 335-340.
- Kevan, PG, Baker, HG, (1983) Insects as flower visitors and pollinators. *Annual Review of Entomology* (28): 407-53.
- Marrugan, AE, (2003) *Measuring biological diversity*. Blackwell Publishing, Oxford, 256p.
- McGregor, SE, (1976) *Insect pollination of cultivated crop plants*. USDA handbook 496. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Washington, DC, 411p.
- Nascimento, WM, Gomes, EA, Freitas, RA, (2012) Utilização de agentes polinizadores na produção de sementes de cenoura e pimenta doce em cultivo protegido. *Horticultura Brasileira* (30): 494-498.
- R Development Core Team, (2009) *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Available from: <http://www.R-project.org/>. Accessed in May 2012.
- Raw, A, (2000) Foraging behavior of wild bees at hot pepper flowers (*Capsicum annuum*) and its possible influence on cross pollination. *Annals of Botany* (85): 487-492.
- Richards, AJ, (2001) Does low biodiversity resulting from modern agricultural practice affect crop pollination and yield? *Annals of Botany* (88): 165-172.
- Ricketts, TH, Regetz, J, Steffan-Dewenter, I, Cunningham, SS, Kremen, C, Bogdanski A, Gemmill-Herren, B, Greenleaf, SS, Klein, AM, Mayfield, MM, Morandin, LA, Ochieng, A, Viana, BF, (2008) Landscape effects on crop

- pollination services: are there general patterns? *Ecology Letters*, 11 (5): 499-515.
- Shipp, JL, Whitfield, GH, Papadopoulos, AP, (1994) Effectiveness of the bumble bee, *Bombus impatiens* Cr. (Hymenoptera: Apidae), as a pollinator of greenhouse sweet pepper. *Scientia Horticulturae*, (57): 29-39, I. 1–2.
- Silva, EMS, Freitas, BM, Silva, LA, Cruz, DO, Bomfim, IGA, (2005) Biologia floral do pimentão (*Capsicum annum*) e a utilização da abelha jandaíra (*Melipona subnitida* Ducke) como polinizador em cultivo protegido. *Revista Ciência Agronômica*. n3, (36): 386-390.
- Silveira Neto, S, Nakano, O, Barbin, D, Villa Nova, NA, (1976) Manual de ecologia dos insetos. Piracicaba, Ceres, 419p.
- Taki, H, Kevan, P, Ascher, J, (2007). Landscape effects of forest loss in a pollination system. *Landscape Ecology* (22): 1575–1587.
- Webb, CJ, (1986) Pollination directory for world crops. Book review. New Zealand. *Journal of Botany* (24): 355-356.

CAPÍTULO 2

Papel da vegetação espontânea na produção de pimenta-malagueta

RESUMO: A polinização das plantas cultivadas depende do manejo da cultura e da qualidade dos habitats adjacentes, entretanto, com as modificações ambientais tem-se verificado uma diminuição da disponibilidade de polinizadores nos cultivos agrícolas. Objetivou-se estudar o papel da vegetação espontânea na atração de polinizadores e o efeito destes sobre a produção de pimenta-malagueta. Os experimentos da importância da vegetação espontânea na produção foram realizados em Piranga e Oratórios, MG, de março a junho de 2013 e de setembro 2013 a janeiro de 2014, respectivamente. As áreas experimentais foram compostas por parcelas com vegetação espontânea nas bordas e nas entrelinhas do cultivo de pimenta-malagueta e por parcelas livres de vegetação espontânea. Em ambas as áreas, foram colocadas gaiolas de madeira (1,15 x 0,85 x 0,85 m), cobertas com tecido tule somente na parte superior caracterizando os tratamentos de polinização livre ou em toda a gaiola, caracterizando o tratamento de polinização restrita. As gaiolas foram colocadas sobre quatro plantas em cada tratamento, em cada parcela, quando as plantas de pimenta-malagueta iniciaram a abertura dos primeiros botões florais permanecendo até a colheita dos frutos maduros os quais foram identificados e levados ao laboratório para contagem e pesagem.

O experimento da importância da vegetação espontânea na atração de polinizadores foi realizado em Piranga, MG de fevereiro a maio de 2012, em duas áreas experimentais com 450 plantas de pimenta, uma área com vegetação espontânea em uma das bordas e a outra área livre de vegetação espontânea.

Os visitantes florais foram coletados em 21 pares de plantas por área no período de 9 às 13 h com um sugadorentomológico. Em Piranga, observou-se que nas parcelas com vegetação espontânea a produção foi maior do que a produção obtida nas parcelas livres de vegetação espontânea, porém não houve efeito da polinização para a produção. Em Oratórios/MG, não houve diferença na produção de pimenta com presença ou ausência da vegetação espontânea. Na área com vegetação espontânea foi observado maior número de abelhas quando comparado com a área sem de vegetação espontânea, o que demonstrou a importância da vegetação espontânea na atração de maior número de visitantes florais na cultura. Pode-se concluir que a vegetação espontânea próxima e dentro das áreas de cultivo é responsável por maior atração de visitantes florais o que resulta em maior produção de pimenta-malagueta.

INTRODUÇÃO

A intensificação da agricultura e o desmatamento para abrir novas fronteiras agrícolas tem resultado na perda da biodiversidade, causando diminuição dos diversos serviços do ecossistema (Achard et al., 2002; Balmford et al., 2002; Chapin & Zavaleta, 2000). Embora essas mudanças possam afetar ecológica e economicamente as atividades humanas, tais transformações têm sido estudadas principalmente para as grandes culturas nos países de clima temperado. Em países de clima tropical tem sido realizados poucos estudos, principalmente para culturas de menor valor econômico, impossibilitando previsões sobre os prejuízos ocasionados por essas mudanças em tais culturas. Sabe-se que com a transformação da paisagem tem-se uma diminuição da abundância e diversidade de polinizadores. Portanto, deve-se entender o quanto esta diminuição de polinizadores poderá afetar a produtividade agrícola.

Os serviços de ecossistema foram avaliados em torno de 33 trilhões de dólares/ano (Costanza et al. 1997). A polinização é um dos serviços de ecossistema mais utilizado pela população humana, devido à sua importância para a produção de alimentos (Schulp et al., 2014). A polinização é muito importante tanto para culturas dependentes dos polinizadores quanto para culturas que tem sua produtividade ou qualidade dos frutos melhorados devido à polinização.

As angiospermas e os polinizadores coevoluíram ao longo de milhares de anos: as plantas necessitam dos polinizadores para transferirem grãos de pólen das anteras para os estigmas propiciando fertilização e os polinizadores necessitam dos recursos florais fornecidos pelas plantas (Wintson, 1987; Free, 1993). A relação das plantas com os polinizadores lhes garantiu o sucesso na polinização cruzada, que se

traduz em um aumento do vigor das plantas e possibilita novas combinações genéticas, garantindo maior resistência a pragas e em alguns casos uma maior produtividade (Couto e Couto, 2002).

Dentre os polinizadores, as abelhas desempenham importante papel na produção de alimentos, pois são os animais polinizadores mais abundantes, sendo responsáveis por polinizarem 900 das 1300 espécies vegetais cultivadas em todo o mundo (McGregor, 1976; Roubik, 1995, Nabhan & Buchamann, 1997).

A ação dos polinizadores é essencial para aumentar a produtividade agrícola (Schulp et al., 2014). A conversão de pequenos campos agrícolas em grandes áreas de monocultivo tem refletido na diminuição das áreas de refúgio para os polinizadores. Para que ocorra uma polinização eficiente resultando em aumento na produtividade, devem ser fornecidos aos polinizadores recursos necessários à sua alimentação e locais para a construção de ninhos (Imperatriz-Fonseca, 2004, Landis et al., 2005).

O valor das plantas espontâneas, muitas vezes consideradas como plantas daninhas, é muito alto para os polinizadores. Nas situações em que os agricultores removem completamente a vegetação espontânea, as abelhas não encontram condições e recursos necessários para permanecerem no agroecossistema, refletindo em diminuição na abundância de polinizadores e redução da produção agrícola (Richards 2001; Steffan – Dewenter et al., 2005).

Muitos campos agrícolas permanecem floridos em determinado período do ano, pois são cultivados em uma mesma época. Nesses locais, os polinizadores têm recursos alimentares em um curto período do ano. Assim, a manutenção de plantas

espontâneas em agroecossistemas pode desempenhar papel importante para a polinização, pois elas poderão fornecer recursos aos polinizadores na época em que a cultura não estiver florida (Altieri, 1999). Para que os polinizadores encontrem estes recursos durante todo o ano, a paisagem deve conter 15 ou mais espécies de plantas, pois com isso sempre haverá flores no campo e as abelhas permanecerão no local (Willmer, 2011). Desse modo, a polinização das plantas cultivadas depende do manejo da cultura e da qualidade dos habitats adjacentes (Klein et al., 2003).

A fragmentação dos habitats naturais aumenta a necessidade de deslocamento dos polinizadores, que têm que buscar recursos, locais para nidificação e parceiros em locais distantes, ocasionando diminuição da quantidade de abelhas no ambiente (Winfrey et al., 2009). Estudos têm demonstrado que áreas agrícolas próximas a fragmentos florestais possuem maior abundância e diversidade de polinizadores, o que pode refletir em maior produção. Esses trabalhos ajudam a gerar conhecimentos que são utilizados na preservação dos fragmentos florestais visto que os produtores terão lucros reais ao preservar os fragmentos (Kevan & Imperatriz-Fonseca, 2002; Kremen et al., 2004; Chacoff & Aizen, 2006; Klein et al., 2007; Garibaldi et al., 2011). Recentemente, foi demonstrado que a manutenção e funcionamento dos agroecossistemas na Europa dependem da proteção de áreas verdes (Schulp et al., 2014).

Os polinizadores nativos não podem ser introduzidos nos sistemas agrícolas em número adequado, pois não existe metodologia adequada de multiplicação de colônias para todas as espécies de abelhas nativas; também não se sabe a quantidade de abelhas que seriam necessárias para polinizar cada cultura eficientemente. Portanto, manejar as condições ambientais para atrair abelhas nativas pode ser mais

viável do que introduzi-las. Para que sejam bem sucedidas, as estratégias de manejo ambiental, como aquelas baseadas na diversificação do habitat, devem ser bem estudadas, de forma que as plantas utilizadas na diversificação (ex. plantas espontâneas) não compitam com a cultura de interesse (Zimdahl, 1980).

De maneira geral, plantas espontâneas presentes em cultivos agrícolas são consideradas plantas daninhas porque competem com o cultivo principal por nutrientes, água e luz. Amaral et al., (2013), demonstraram que em cultivos de pimenta-malagueta com vegetação espontânea na borda do cultivo havia maior abundância de predadores, pois a vegetação espontânea fornecia presas alternativas, néctar e pólen aos predadores. Desse modo é importante o estudo para entendimento do papel da vegetação espontânea sobre a atração de polinizadores.

Neste trabalho objetivou-se estudar o papel da vegetação espontânea na atração de polinizadores e seu efeito sobre a produção de pimenta-malagueta. A cultura de pimenta-malagueta foi escolhida como objeto de estudo por ser uma planta de autofecundação espontânea, mas que apresenta maior produção quando polinizada por abelhas (Cruz, 2009, Capítulo 1).

MATERIAL E MÉTODOS

- Visitantes florais

O experimento foi desenvolvido de fevereiro a maio de 2012 no município de Piranga, na Zona da Mata Mineira (20° 41' 06'' S, 43° 18' 00'' W). Foram realizadas coletas em duas áreas experimentais compostas de 450 plantas de pimenta-malagueta cultivadas no espaçamento de 1m entre fileiras e de 1m entre plantas. A vegetação

circundante das áreas experimentais foi constituída de fragmento de mata, plantio comercial de feijão (*Phaseolos vulgaris*), milho (*Zea mays*), abóbora (*Cucurbita pepo*) e pastagem, com predominância de capim gordura (Fig. 1). Uma das áreas foi mantida livre de vegetação espontânea ao redor do cultivo e nas entrelinhas e a na outra área havia vegetação espontânea em uma faixa de 10 metros de largura em uma borda do cultivo.



Figura 1: Área experimental em Piranga, MG com plantação de pimenta-malagueta, *C. frutescens*: (A) – Vista do plantio com fragmento de mata próximo; (B) – Vegetação espontânea em uma das bordas do cultivo de pimenta; (C) – Coleta e identificação de visitantes florais; (D) – Planta de pimenta-malagueta.

Os visitantes florais foram coletados em intervalos de 1 h, das 9 às 13 h com um sugador entomológico. Foram realizadas observações dos visitantes florais, semanalmente, em dias claros e ensolarados, durante o período de floração da cultura que ocorreu de fevereiro a maio de 2012). Os visitantes florais foram observados em 21 pares de plantas dentro de cada área experimental. Cada par de plantas foi observado quatro vezes, durante dois minutos a cada hora, totalizando quatro horas

de observação por dia e 32 h de observação por cada área. Os visitantes florais coletados foram colocados em uma câmara mortífera, frasco de vidro com acetato de etila, e posteriormente, no laboratório, os visitantes florais foram montados em alfinetes entomológicos, identificados e depositados na Coleção Entomológica da Universidade Federal de Viçosa.

- Papel da vegetação espontânea na produção de pimenta-malagueta

O experimento foi conduzido de março a junho de 2013, no município de Piranga (20° 45' 45'' S, 43° 18' 10'' W) e de setembro de 2013 a janeiro de 2014 em Oratórios (20° 25' 51'' S, 42° 48' 21'' O), Minas Gerais.

Em Piranga, o experimento consistiu de parcelas de 225 m², sendo quatro parcelas com vegetação espontânea nas bordas (5 m de vegetação espontânea) e nas entrelinhas das plantas de pimenta (0,50 m de vegetação espontânea por linha), e de quatro parcelas sem vegetação espontânea. Cada parcela foi composta por 225 plantas de pimenta-malagueta espaçadas 1m entre linha e 1m entre planta. Nas parcelas com vegetação espontânea, esta foi mantida dentro do plantio a partir dos 30 dias da sementeira da pimenta para evitar que houvesse competição entre a vegetação espontânea e a pimenta-malagueta. As parcelas estavam a uma distância média de 40 m de fragmentos de mata e distantes uma das outras de no mínimo 85 m e no máximo 250 m (Fig. 2). Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado para a locação das parcelas.

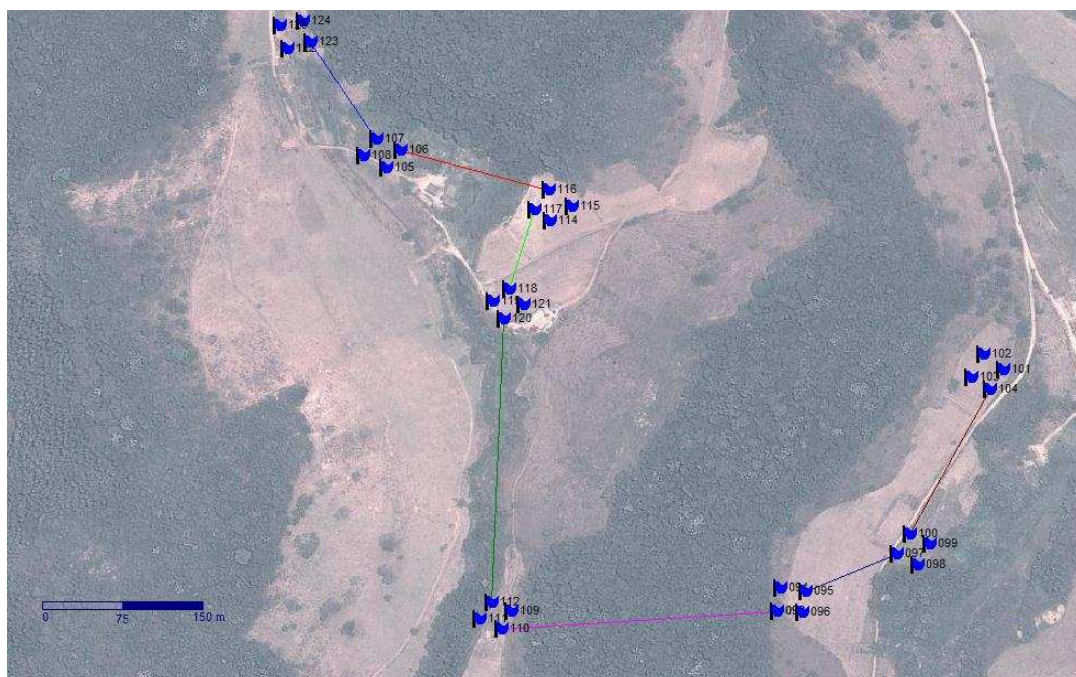


Figura 2: Mapa de distribuição das áreas experimentais de pimenta-malagueta no município de Piranga, MG. Cada número do mapa indica a posição das bordas das parcelas do experimento.

No município de Oratórios, o experimento consistiu de parcelas de 100 m², sendo três com vegetação espontânea nas bordas (5 m de vegetação espontânea) e nas entrelinhas das plantas de pimenta (0,50 m de vegetação espontânea por linha) e três parcelas mantidas sem vegetação espontânea. Cada parcela foi composta por 100 plantas de pimenta-malagueta espaçadas de 1m entre linha e 1m entre plantas. Nas parcelas com vegetação espontânea, esta foi mantida dentro do plantio após 30 dias da sementeira da pimenta. As parcelas ficavam a 50 m distantes uma das outras.

Em cada parcela experimental foram colocadas quatro gaiolas de estrutura de madeira (1,15 x 0,85 x 0,85 m) toda revestida com tecido de tule sobre cada planta e outras quatro plantas de cada parcela foram colocadas gaiolas com a parte superior da gaiola fechada com tecido de tule, para caracterizar os dois tratamentos, polinização restrita e polinização livre, a gaiola com o teto de tule foi confeccionada para padronizar a entrada de luz na gaiola (Fig. 3).



Figura 3: Área experimental no município de Oratórios, MG. (A) – Parcela com vegetação espontânea, (B) – Parcela livre de vegetação espontânea, presença dos tratamentos, polinização livre e restrita.

Para verificar a importância da vegetação espontânea na polinização e produção de pimenta-malagueta, foram avaliadas a presença ou ausência da vegetação espontânea próxima ao cultivo e a polinização restrita e polinização livre por insetos em pimenta-malagueta (livre ou restrita).

Foram realizadas oito colheitas de frutos, de 22 de abril de 2013 a 02 de julho de 2013 em Piranga e de 2 de dezembro de 2013 a 27 de janeiro de 2014 em Oratórios. Em cada colheita foram colhidos apenas os frutos maduros; entretanto na última colheita foram colhidos também frutos verdes completamente desenvolvidos. Os frutos colhidos foram identificados, separados e levados para o laboratório para contagem e pesagem.

- Análise dos dados

Os índices de diversidade de espécies de visitantes florais foram calculados utilizando-se a função de Shannon-Wiener: $H' = - \sum p_i \times \ln p_i$, onde: p_i = proporção de indivíduos representados na amostra pela espécie i ; \ln = logaritmo neperiano. Os índices de uniformidade (J') foram calculados segundo Pielou (1966): $J' = H' / H' \text{ Máx}$, onde H' é o índice de Shannon -Wiener; $H' \text{ Máx}$ é o logaritmo neperiano (\ln) do número total de espécies na amostra. Para esses cálculos foi utilizado o programa PAST versão 1.4, freeware.

A frequência relativa dos visitantes florais foi calculada utilizando-se a fórmula: $f = (n / N) \times 100$, em que f é a porcentagem de frequência relativa, n é o número de indivíduos de cada espécie e N o número total de indivíduos obtidos em cada área (Silveira Neto, 1976). A dominância foi obtida pelo índice de Berger-Parker (d) (Marrugan, 2003), sendo os valores desse índice obtidos por $d = N \text{ Máx} / n$, onde $N \text{ Máx}$ é o número de indivíduos da espécie mais abundante e n o número total de indivíduos amostrados na área.

Para cada espécie de abelha amostrada foi calculado a frequência de ocorrência (FO), onde $FO = (\text{número de amostras com a espécie } i / \text{número de amostras total}) \times 100$, sendo consideradas como espécies muito frequentes (MF) quando a porcentagem de ocorrência for igual ou superior a 50%; espécies frequentes (F) quando porcentagem de ocorrência for entre 25% e 50%; e espécies pouco frequentes (PF) quando a porcentagem de ocorrência for igual ou inferior a 25%. Para dominância (D) foi utilizado o cálculo: $D = (\text{abundância da espécie } i / \text{abundância total}) \times 100$. Quando: D for igual ou superior a 5% a espécie é considerada dominante (d); se D for maior ou igual a 2,5% e menor que 5% a espécie

é considerada acessória (a); e se D é menor que 2,5% a espécie é considerada ocasional (oc). Estes índices quando analisados juntos permitem agrupar as espécies em categorias: espécies comuns (C), intermediárias (I) e raras (R) (Palma, 1975 apud Buschini, 2006).

Para a importância da vegetação espontânea na atração de visitantes florais foi calculado a abundância relativa dos visitantes em cada área.

As análises referentes ao número e peso de frutos por planta foram realizadas com o auxílio do programa R (R, 2009), utilizando a análise estatística MANOVA com o teste Pillai a 5% de probabilidade. A normalidade dos dados foi previamente verificada pelo teste de Shapiro-Wilk e os dados que não seguiam a normalidade foram transformados para log.

RESULTADOS

- Visitantes florais

Diversos visitantes florais foram observados nas flores de pimenta-malagueta, destacando-se as abelhas (Hymenoptera, Apoidea) com 88% dos registros. Dos 296 indivíduos coletados, apenas 37 não eram abelhas e sim, sirfídeos e coleópteros, principalmente.

Dentre as abelhas capturadas, *Tetragonisca angustula* Latreille (Apidae: Meliponini) foi a espécie mais abundante com aproximadamente 68% dos registros, e a única considerada comum neste ambiente. *Plebeia droryana* Friese (Apidae: Meliponini) foi a segunda espécie mais abundante com aproximadamente 17% dos registros (Tab. 1).

Tabela 1: Abundância relativa (%) das espécies de abelhas registradas visitando flores de pimenta-malagueta, em cultivos no município de Piranga, MG em 2012.

Espécie	Número de indivíduos	Abundância relativa (%)	D¹	FO²	Ct³
<i>Apis mellifera</i>	05	1,93	OC	PF	R
<i>Caenoprosopis</i> sp.	01	0,39	OC	PF	R
<i>Exomalopsis</i> sp.	30	11,58	OC	MF	I
<i>Halgochlora</i> sp.	01	0,39	OC	PF	R
<i>Halgochloropsis</i> sp.	03	1,16	OC	MF	I
<i>Plebeia droryana</i>	43	16,60	OC	MF	I
<i>Tetragonisca angustula</i>	176	67,95	D	MF	C
Total	259	100			

D¹ – Dominância: D: Dominante; OC: Ocasional ; **FO²** – Frequência de ocorrência: MF: Muito frequente; PF: Pouco frequente; **Ct³** – Categoria: C: Espécie comum; I: Espécie intermediária; R: Espécie rara.

Os índices de diversidade e equidade foram $H' = 1,25$ e $J' = 0,59$. O índice de dominância de Berger-Parker (d) mostrou que houve apenas uma espécie dominante, *T. angustula* ($d = 0,59$), quando as duas áreas foram analisadas em conjunto.

De modo geral, os visitantes florais mostraram-se ativos durante todo o período de coleta, das 9 às 13 h, com pico entre 11 e 13 h (Fig. 4). *Tetragonisca angustula* apresentou atividade ao longo de todo o período de coleta (Fig. 5).

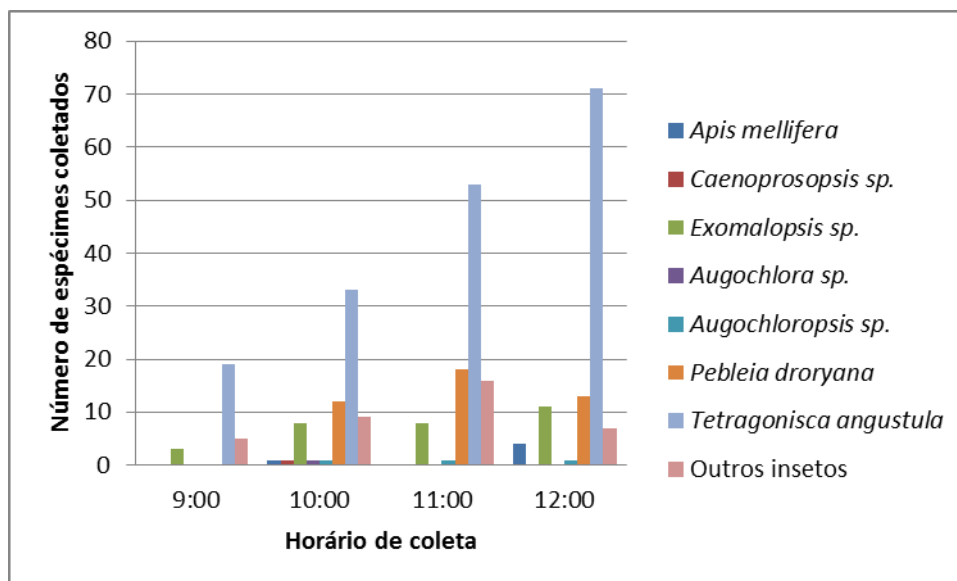


Figura 4: Horário de atividade de visitantes florais de pimenta-malagueta (*C. frutescens*) em cultivo aberto no município de Piranga, MG.

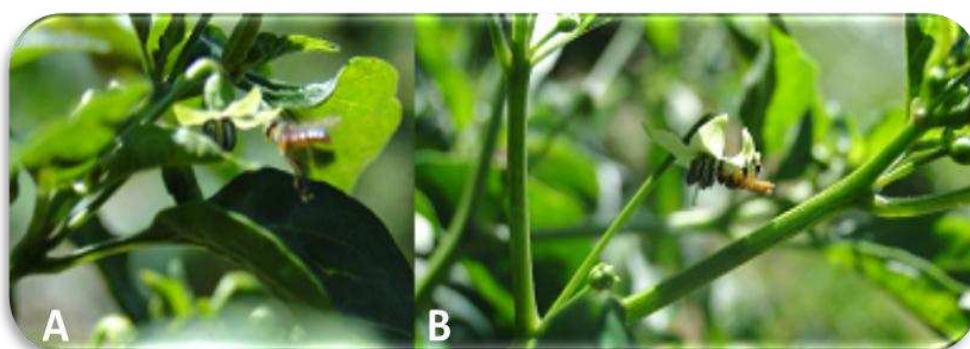


Figura 5: (A) - *Tetragonisca angustula* chegando na flor de pimenta-malagueta, (B) – *T. angustula* pousada na flor.

A cultura da pimenta-malagueta apresentou floração de fevereiro a maio. Os maiores picos de visitantes florais foram observados em março.

- Papel da vegetação espontânea na produção de pimenta-malagueta

-Piranga

A produção de pimenta-malagueta foi maior em cultivos com vegetação espontânea nas bordas e nas entrelinhas comparado com os cultivos mantidos sem vegetação ($p=0,045$, g.l.=2, 61) (Fig. 6 e 7). Entretanto, não houve efeito da restrição ou não da polinização sobre a produção, tanto no peso como no número de frutos por planta, ($p=0,20$, g.l.=2, 60). Também não houve efeito significativo da interação entre a presença ou não da vegetação espontânea e a restrição ou não da polinização ($p=0,725$, g.l.=2, 59).

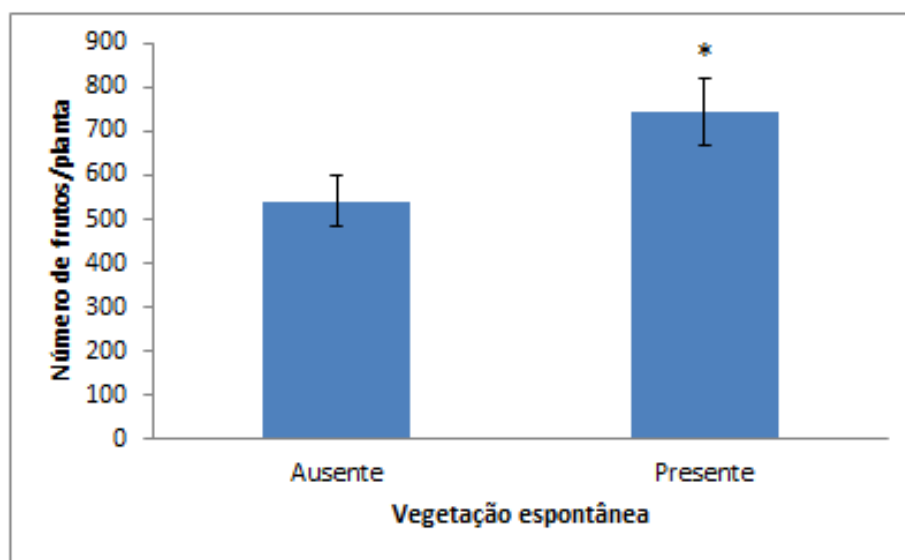


Figura 6: Número médio de frutos de pimenta-malagueta por planta em cultivos de pimenta com e sem a presença de vegetação espontânea no município de Piranga, MG ($p=0,045$). * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste Pillai.

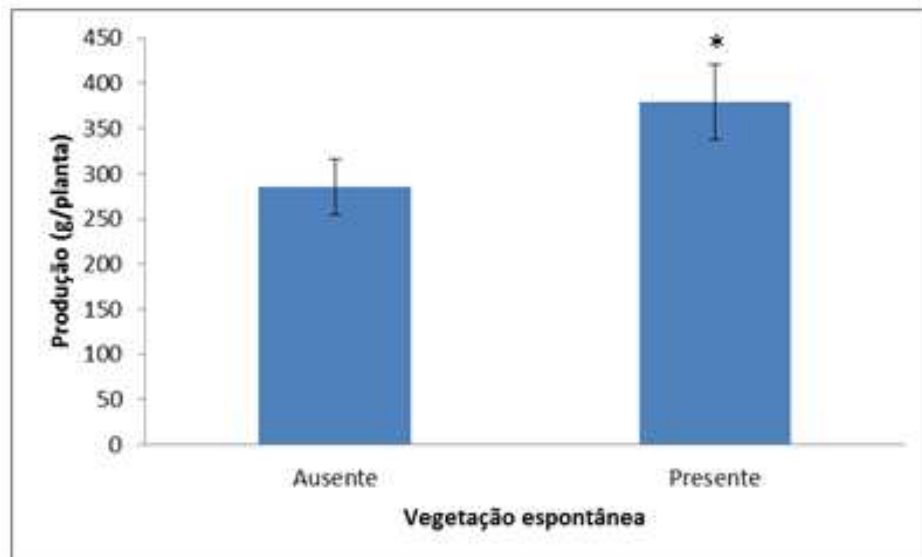


Figura 7: Produção de frutos de pimenta (g/planta) em cultivos de pimenta com e sem a presença de vegetação espontânea no município de Piranga, MG ($p=0,045$). * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste Pillai.

- Oratórios

A produção de pimenta-malagueta não foi influenciada pela presença ou ausência de vegetação espontânea próxima aos cultivos ($p=0,332$, g.l.=2, 44) (Fig. 8 e 9). Não houve efeito da restrição ou não da polinização na produção, tanto no peso como no número de frutos por planta ($p=0,123$, g.l.=2, 45). Também não houve efeito significativo da interação entre a presença ou não da vegetação espontânea e a restrição ou não da polinização ($p=0,732$, g.l.=2, 43).

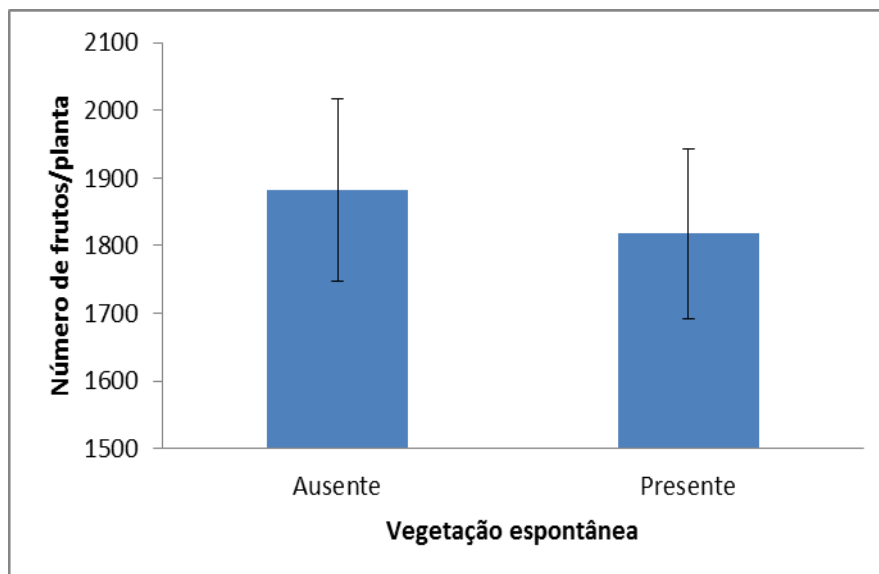


Figura 8: Número médio de frutos de pimenta-malagueta por planta em cultivos com e sem a presença de vegetação espontânea no município de Oratórios ($p=0,332$).

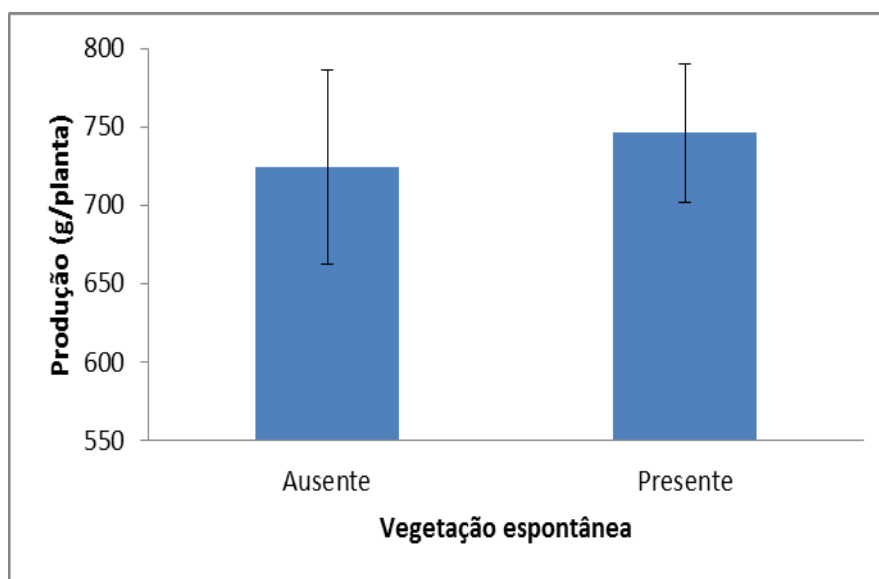


Figura 9: Produção de frutos de pimenta-malagueta (g/planta) em cultivos com e sem a presença de vegetação espontânea no município de Oratórios ($p=0,332$).

- Importância da vegetação espontânea na atração de polinizadores

Foram coletadas 67 abelhas na área sem vegetação espontânea comparado a 192 abelhas na área com vegetação espontânea, mas apesar disto a área sem vegetação espontânea apresentou maior abundância relativa de espécies de abelhas (Fig. 10).

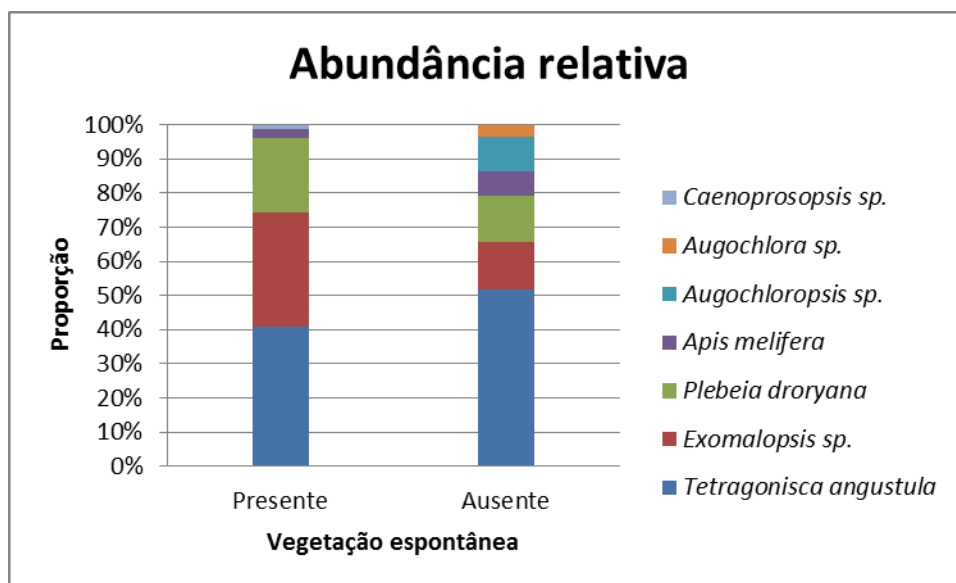


Figura 10: Abundância relativa de abelhas em cultivos com e sem a presença de vegetação espontâneas na borda e nas entrelinhas de pimenta-malagueta no município de Piranga, MG.

DISCUSSÃO

De cerca de 300 visitantes florais amostrados na cultura da pimenta-malagueta, aproximadamente 90% foram de abelhas. As duas espécies de abelhas mais abundantes foram *T. angustula* e *P. droryana* (Hymenoptera: Apidae, Meliponinae). Abelhas indígenas sem ferrão, como estas duas espécies, já haviam sido observadas visitando flores de pimenta-malagueta no Brasil (Cruz e Campos, 2007). Outras espécies de abelhas também já foram relatadas visitando pimenta-jalapeño, pimenta-dedo-de-moça e pimenta-chapéu-de-frade (Oliveira, et al. 2012).

A implementação de medidas que atraíam abelhas sem ferrão para a cultura de pimenta pode resultar em aumento da polinização e melhoria da produção de frutos. Raw (2000), também demonstrou papel importante das abelhas nativas na polinização de pimenta.

A polinização de pimenta-malagueta ocorreu principalmente durante a manhã, período também que ocorreu o pico da receptividade estigmática e maior atividade dos visitantes florais. Em outras espécies de *Capsicum* ocorre maior liberação de grãos de pólen no período matutino (Silva et al. 2005) com maior atividade de abelhas em resposta ao aumento da luminosidade (Cauich et al., 2006). Portanto, visitantes florais que forrageiam no início do dia, provavelmente são os polinizadores efetivos de pimenta-malagueta, estando presentes nos horários de maior receptividade estigmática e horário também de maior liberação de grãos de pólen. Desse modo, poderão transportar facilmente os grãos de pólen entre flores, aumentando a qualidade e tamanho dos frutos.

Como as flores de pimenta-malagueta possuem anteras rimosas (Cruz & Campos, 2007), os visitantes florais facilmente entram em contato com o pólen. Portanto, as flores de pimenta-malagueta são atrativas para diferentes espécies de abelhas, o que poderia explicar a grande variação na riqueza e abundância de espécies que visitam flores de plantas localizadas em diferentes regiões.

Apis mellifera Linnaeus (Hymenoptera: Apidae) foi espécie pouco frequente nas flores de pimenta-malagueta (n=5), resultados discordantes daqueles obtidos por Cruz & Campos (2007) que verificaram que a polinização realizada por *A. mellifera* resultou em aumento de 20% no vingamento inicial e persistência dos frutos.

Os resultados indicam que a vegetação espontânea provavelmente fornece recursos que atraem polinizadores, os quais contribuem com aumento da produção de

agroecossistemas associados a esse tipo de vegetação. Houve variação da influência da vegetação espontânea na produção de pimenta-malagueta entre as áreas amostradas nos dois municípios estudados. Em Piranga, a produção e o número de frutos produzidos foram maiores nas áreas com vegetação espontânea que naquelas áreas livres de vegetação espontânea. Em Oratórios, não ocorreram diferenças significativas na produção e no número de frutos produzidos nas diferentes áreas experimentais. Provavelmente, a maior produção em áreas com vegetação espontânea, observada em Piranga, foi consequência da maior abundância de visitantes florais no local, Em Oratórios, possivelmente esse efeito não foi constatado porque havia uma distância de, aproximadamente, 50m entre as áreas experimentais, distância que possibilitou visitas das abelhas nas áreas com e sem vegetação espontânea, o que resultou em redução dos benefícios da vegetação espontânea para atração de polinizadores.

O raio de voo das abelhas é influenciado pela proximidade da fonte de recurso, pela necessidade da colônia e pelo tamanho das abelhas (Beekman et al., 2004). Abelhas que foram observadas visitando flores de pimenta-malagueta, como *Tetragonisca angustula* e *Plebeia droryana*, apresentam raio de voo entre 200 e 600 ms (Wille, 1983). Portanto, é possível que as abelhas tenham coletado recursos nas diferentes áreas experimentais, devido à proximidade entre elas. Dessa forma, o efeito positivo da vegetação espontânea sobre a produção de pimenta malagueta foi, provavelmente, minimizado em Oratórios, devido à capacidade de voo das abelhas entre as diferentes áreas.

A influência positiva da vegetação espontânea sobre a abundância de polinizadores foi demonstrado em estudo com *Helianthus annuus* (girassol) (Lagerlof

et al., 1992). Trabalhos comprovaram a maior produção de girassol em cultivos associados à vegetação espontânea (Carvalho et al., 2001), reforçando a hipótese de que essas plantas atraem polinizadores para agroecossistemas.

Além da vegetação espontânea, coberturas florestais influenciam a abundância de polinizadores em culturas agrícolas. Deprá (2012) observou que áreas plantadas com tomate apresentaram maior abundância, riqueza e diversidade de polinizadores se localizadas próximas a florestas, demonstrando que a polinização realizada por abelhas, provavelmente originárias de áreas florestais, proporcionou aumento em 7% a produção de tomate em relação às plantações com polinização restrita. Em cultivos de café localizados próximos a fragmentos florestais observaram maior produtividade devido ao aumento na riqueza e na visitação por abelhas (De Marco & Coelho, 2004; Ricketts et al., 2004). Portanto, estudos demonstraram que coberturas florestais fornecem condições e recursos para a manutenção de comunidades de polinizadores nativos, ocasionando aumento de produção agrícola (De Marco & Coelho, 2004; Ricketts et al., 2004; Deprá, 2012).

É provável que plantas espontâneas também atraiam polinizadores para agroecossistemas em virtude do fornecimento de recursos, contribuindo para aumento na produção agrícola. Entretanto, é importante ressaltar que a presença desse tipo de vegetação no cultivo deve ser bem manejada para não haver competição com a cultura de interesse, o que poderia ocasionar déficits na produção.

Conclui-se que a vegetação espontânea associada a cultivos de pimenta-malagueta atrai maior abundância de abelhas e que nestas áreas a produção é superior comparado com áreas livres de vegetação espontânea.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- Achard, F, Eva, HD, Stibig, HJ, Mayaux, P, Gallego, J, Richards, T, Malingreau, JP, (2002) Determination of deforestation rates of the world's humid tropical forests. *Science*, (297): 999-1002.
- Altieri, MA, (1999) The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture Ecosystems & Environment*, (74): 19-31.
- Amaral, DSSL, Venzon, M, Duarte, MVA, Souza, FF, Pallini, A, Harwood, JD, (2013) Non-crop vegetation associated with chili pepper agroecosystems promote the abundance and survival of aphid predators. *Biological Control* (64): 338-346.
- Balmford, A, Bruner, A, Cooper, P, Costanza, R, Farber, S, Green, RE, Jenkins, M, Jefferiss, P, Jessamy, V, Madden, J, Munro, K, Myers, N, Naeem, S, Paavola, J, Rayment, M, Rosendo, S, Roughgarden, J, Trumper, K, Turner, RK, (2002) Ecology - Economic reasons for conserving wild nature. *Science*, (297): 950-953.
- Beekman, M, Sumpter, DJT, Seraphides, N, Ratnieks, FLW, (2004). Comparing foraging behaviour of small and large honey-bee colonies by decoding waggle dances made by foragers. *Functional Ecology*, (18): 829-835.
- Carvalho, SIC, Bianchetti, LB, (2004) Sistema de produção de pimentas: botânica. Brasília: Embrapa Hortaliças, Versão eletrônica. Disponível em:<<http://www.cnph.embrapa.br/sistprod/pimenta>>. Acesso em: 20 jan. 2013

- Chacoff, NP, Aizen, MA, (2006) Edge effects on flower-visiting insects in grapefruit plantations bordering premontane subtropical forest. *Journal of Applied Ecology*, 43 (1): 18-27.
- Chapin, FS, Zavaleta, E, (2000) Consequenses of changing biodiversity. *Nature*, (405): 234-242.
- Constanza, R, D'arge, R, De Groot, R, Farber, S, Grasso, M, Hannon, B, Limburg, K, Naeem, S, O'neil, RVO, Paruelo, J, Rasking, RG, Sutton, P, Van Den Belt, M, (1997) The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, v.387, (6230): 253-260.
- Couto, RHN, COUTO, LA, (2002) Apicultura: manejo e produtos. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP, 191 p.
- Cruz, DO, (2009) Biologia floral e eficiência polinizadora das abelhas *Apis mellifera* Lep. (ambiente protegido) na cultura da pimenta malagueta (*Capsicum frutescens* L. em Minas Gerais, Brasil. Tese de doutorado apresentada ao Programa de Entomologia – Universidade federal de Viçosa. 102 p.
- De Marco, PJr, Coelho, FM, (2004) Services performed by the ecosystem: forest remnants influence agricultural cultures' pollination and production. *Biodiversity and Conservation*, (13): 1245-1255.
- Deprá, MS (2012) Abelhas polinizadoras de *Solanum lycopersicum* L. (Solanaceae) em áreas de plantio inseridas em diferentes paisagens no município de São José de Ubá, RJ. (Dissertação de mestrado). Universidade Federal do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro, 67p.

- Free, JB, (1993) Insect pollination of crops. London: Academic Press, 684 p.
- Garibaldi, LA, Steffan-Dewenter, I, Kremen, C, Morales, JM, Bommarco, R, Cunningham, SA, Carvalheiro, LG, Chacoff, NP, Dudenhöffer, JH, Greenleaf, SS, Holzschuh, A, Isaacs, R, Krewenka, KM, Mandelik, Y, Mayfield, MM, Morandin, LA, Potts, SG, Ricketts, TH, Szentgyörgyi, H, Viana, BF, Westphal, C, Winfree, R, Klein, AM, (2011) Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. *Ecology Letters*, (14): 1062–1072.
- Imperatriz-Fonseca, VL, (2004) Serviços aos ecossistemas, com ênfase nos polinizadores e polinização. 10p. Disponível em: <<http://www.ib.usp.br/vinces/logo/vera.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2012
- Kevan, PG, Imperatriz-Fonseca, VL, (2002) Pollinating bees: the conservation link between agriculture and nature. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 313p.
- Klein, AM, Steffan-Dewenter, I, Tschardtke, T, (2003) Bee pollination and fruit set of *C. arabica* and *C. canephora*. *American Journal of Botany*, (90): 153-157.
- Klein, AM, Vaissière, B, Cane, JH, Steffan-Dewenter, I, Cunningham, SA, Kremen, C, (2007) Importance of crop pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society of Biological Sciences*, (274): 303-313.

- Kremen C, Williams NM, Bugg RL, Fay JP, Thorp RW, (2004) The area requirements of an ecosystem service: crop pollination by native bee communities in California. *Ecology Letters* (7): 1109–1119.
- Lagerlof J, Starkb J, Svensson B, (1992) Margins of agricultural fields as habitats for pollinating insects. *Agric Ecosyst Environ* (40): 117–124.
- Landis, DA, Menalled, FD, Costamagna, AC, Wilkinson, TK, (2005) Manipulating plant resources to enhance beneficial arthropods in agricultural landscapes. *Weed Science* 53 (6): 902–908.
- Mc Gregor, SE, (1976) Insect pollination of cultivated crop plants. USDA handbook 496. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Washington, DC, 411p.
- Nabhan, GP, Buchmann, S, (1997) Services provided by pollinators. In Daily, G.C. (ed.) *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*. Island Press: Washington D.C. p. 133-150.
- Oliveira, JLEA, Figueiredo, RA, Sala, FC, (2012) Qualidade de frutos e sementes na polinização natural de três cultivares de pimenta (*Capsicum* spp.). *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*. 7 (3): 143-148.
- R Development Core Team (2009) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Available from: <http://www.R-project.org/>. Accessed in May 2012.
- Richards, AJ, (2001) Does low biodiversity resulting from modern agricultural practice affect crop pollination and yield? *Annals of Botany*. (88): 165-172.

- Ricketts, TH, Daily, GC, Ehrlich, PR, Michener, CD, (2004) Economic value of tropical forest to coffee production. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* (101): 12579-12582.
- Roubik, DW, (1995) *Pollination of cultivated plants in the tropics*. Rome: FAO Agricultural Services Bulletin 118. 196p.
- Schulp, CJE, Lautenbach, S, Verburg, PH, (2014) Quantifying and mapping ecosystem services: Demand and supply of pollination in the European Union. *Ecological Indicators*, (36): 131-141
- Steffan-Dewenter I, (2002) Landscape context affects trap-nesting bees, wasps, and their natural enemies. *Ecol Entomol* (27): 631–637.
- Wille, A, (1983). *Biology of the stingless bees*. *Annual Review of Entomology*., (28): 41-64.
- Willmer, P, (2011) *Pollination and floral ecology*. Princeton University Press, Princeto, 832 p.
- Winfree, R, Aguilar, R, Vázquez, DP, Lebuhn, G, Aizen, MA, (2009) A meta-analysis of bees' responses to anthropogenic disturbance. *Ecology*, 90(8): 2068–2076.
- Winston, ML, (1987) *The biology of the honey bee*. Harvard: Harvard University Press. 281p.
- Zimdahl, RL, (1980) *Weed–crop competition—a review*. International Plant Protection Center, Oregon State University, Corvalli, 220 p.

CONCLUSÕES GERAIS

Os principais visitantes florais de pimenta-malagueta são as abelhas presentes nas áreas de cultivo no horário de maior receptividade das flores.

A polinização realizada pelas abelhas proporciona aumento da massa média e do número de sementes dos frutos de pimenta-malagueta, demonstrando que apesar de ser uma planta autopolinizável, quando polinizada adequadamente apresenta frutos com maior massa e maior número de sementes.

A vegetação espontânea associada a áreas de pimenta-malagueta atrai maior abundância de abelhas nativas o que resulta em maior produção.