

PAULA NETTO SILVA

**FAUNA DE ABELHAS (HYMENOPTERA, APOIDEA) EM ÁREAS DE CULTIVO
DE TOMATEIRO E O SEU PAPEL NA POLINIZAÇÃO**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2015

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da
Universidade Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

S586f
2015
Silva, Paula Netto, 1985-
Fauna de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em áreas de cultivo de tomateiro
e o seu papel na polinização / Paula Netto Silva. - Viçosa, MG, 2015.
vii, 73f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Lucio Antonio de Oliveira Campos.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Abelhas - Comportamento. 2. Polinização por inseto. 3. Tomate. I.
Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Entomologia. Programa de
Pós-graduação em Entomologia. II. Título.

CDD 22. ed. 595.799

PAULA NETTO SILVA

**FAUNA DE ABELHAS (HYMENOPTERA, APOIDEA) EM ÁREAS DE CULTIVO
DE TOMATEIRO E O SEU PAPEL NA POLINIZAÇÃO**

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

APROVADA: 24 de julho de 2015.

Maria Augusta Lima Siqueira

Maria José de Oliveira Campos

Weyder Cristiano Santana

Terezinha Maria Castro Della Lucia

Lucio Antonio de Oliveira Campos
(Orientador)

Aos meus pais e irmãos
Dedicatória

AGRADECIMENTOS

A Deus em primeiro lugar, meu companheiro em todas as horas.

Aos meus queridos pais, irmãos e familiares pelo carinho, apoio e respeito, sem vocês nada faria sentido.

Ao meu orientador Lucio Antonio de Oliveira Campos pelos preciosos ensinamentos, confiança, amizade, carinho e acolhimento.

Ao Ítalo por seu amor e companheirismo ao longo de todos esses anos.

Aos queridos amigos, Ríudo, Camila, Priscila, Crislayne, Talitta, Cristiane, Evelyn, Mayla, Denise, Fernando, Maira, Jaqueline, Geysiane, Hugo e Raissa, pela amizade.

Ao Iris e Larissa, pela grande ajuda na condução dos experimentos.

Aos técnicos do Apiário, pela amizade e convivência.

Aos professores Dr. Fernando Silveira, Dr. Eduardo Almeida, Dr. Weyder Santana e Dr. João Meira pela disponibilidade e valiosa ajuda neste estudo.

A Capes pela bolsa concedida.

A CNPq, FAPEMIG, GEF, FAO, PNUMA, MMA e FUMBIO pela implantação e apoio financeiro ao projeto.

Aos produtores de tomate de Coimbra por permitir o desenvolvimento do trabalho nos seus plantios, pelo acolhimento e aprendizado.

A todos aqueles que, embora não nomeados, me ajudaram em distintos momentos, deixo o meu reconhecido e carinhoso agradecimento.

BIOGRAFIA

PAULA NETTO SILVA, filha de Maria Aparecida Netto Silva e Paulo Roberto Marcenes da Silva, nasceu na cidade de Ubá, Minas Gerais em 22 de julho de 1985. Em janeiro de 2004 iniciou a Graduação em Ciências Biológicas na Faculdades Integradas de Cataguases, Cataguases/MG, obtendo a Licenciatura Plena em Ciências Biológicas em dezembro de 2007. Durante a graduação participou de projetos de extensão e iniciação científica sob orientação da Professora Doutora Georgina Maria de Faria-Mucci. Em janeiro de 2009 ingressou no Mestrado em Ciências Biológicas, área de concentração Comportamento e Biologia Animal pela Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora/MG, sob orientação do Professor Doutor Fábio Prezoto, submetendo-se à defesa da dissertação em 28 de fevereiro de 2011. De setembro de 2010 a julho de 2011 atuou como bolsista de apoio técnico - 1A da CNPQ /Conselho Nacional de Pesquisa e Extensão no Projeto Polinizadores do Brasil – Rede Polinizadores do Tomateiro, na Universidade Federal de Viçosa. Em agosto de 2011 iniciou o doutorado no programa de pós-graduação em Entomologia na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG, sob orientação do professor Doutor Lucio Antonio de Oliveira Campos, submetendo-se à defesa da tese em 24 de julho de 2015.

RESUMO

SILVA, Paula Netto, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2015. **Fauna de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em áreas de plantio de tomateiro e o seu papel na polinização.** Orientador: Lucio Antonio de Oliveira Campos.

O serviço ecossistêmico prestado pelos polinizadores é de grande importância para manutenção da biodiversidade. Nas áreas agrícolas, a ação dos polinizadores é conhecida e considerada como um elemento fundamental para a produção e conservação ambiental. O estudo foi realizado em cultivos de tomateiro dos cultivares Sophia® e Aguamiel®, nos anos de 2012 e 2013, respectivamente. O nosso objetivo foi conhecer a fauna de abelhas presentes nas áreas de cultivos do tomateiro (*Solanum lycopersicum*, Solanaceae) nos períodos de safra e entressafra; descrever o comportamento dessas abelhas e determinar quais são polinizadoras do cultivo; avaliar o efeito da polinização na qualidade dos frutos e avaliar a eficiência do método de coleta utilizando-se *pan traps* na amostragem das abelhas em geral e de polinizadoras do tomateiro em particular. As abelhas visitantes florais dos tomateiros e das flores ruderais foram coletadas com rede entomológica e com utilização de *pan traps* nas cores azul, amarela, branca e branca com verniz. Para avaliar o efeito da polinização na qualidade dos frutos foram realizados testes de polinização aberta, autopolinização espontânea, autopolinização com suplementação de pólen e polinização por primeira visita. A massa, número de semente e tamanho dos frutos foram analisados. Foram coletados no total 2.432 indivíduos, pertencentes a quatro famílias: Andrenidae, Apidae, Halictidae e Megachilidae; 34 gêneros e 74 espécies. A polinização por abelhas levou à formação de tomates maiores, mais pesados e com maior quantidade de sementes. O método de coleta com *pan traps* foi eficiente na amostragem dos polinizadores do cultivo. O presente estudo evidenciou a importância da presença das abelhas nos plantios de tomate em campo aberto, ressaltando a importância da ação desses polinizadores na formação e qualidade dos frutos.

ABSTRACT

SILVA, Paula Netto, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, July 2015. **Fauna de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em áreas de cultivo de tomateiro e o seu papel na polinização.** Advisor: Lucio Antonio de Oliveira Campos.

The functional role of ecosystem services provided by pollinators is very important for maintaining biodiversity. In agricultural areas, the action of pollinators is known and regarded as a key element in the production and environmental conservation. The study was conducted in tomato plantation, using Sophia® and Aguamiel® cultivars, during the years of 2012 and 2013, respectively. Our aim was to identify the community of bees present in areas of tomato crops (*Solanum lycopersicum*, Solanaceae) in open field; describe the foraging behavior of bees; determine the potential of this crop pollinators; evaluate the effect of pollination in quality of fruits produced and assess the efficiency of pan traps in sampling bees in general and pollinators of tomato crops particularly, in this ecosystem. The bees were collected in tomato flowers during its flowering and in ruderal flowers in periods without crops in the field; and using coloured pan traps. Pan traps were used in blue, yellow, white and white with varnish. The effect of pollination on fruit quality was evaluated using open pollination treatments, spontaneous self-pollination and self-pollination with pollen supplementation and pollination at first visitation. The number of seeds, the mass and the size of formed fruits were evaluated. 2.432 bees were collected, being 1.564 with nets and 868 with pan traps. A total of four families (Andrenidae, Apidae, Halictidae e Megachilidae), 34 genera and 74 species were collected. Pollination by bees had effect on the formation of the fruit, tomatoes producing better quality. This study showed the importance of the presence of bees in tomato plantations in the open field, emphasizing the role of these pollinators in the formation of fruits of better quality. The results show the relevance of using different collection methods in sampling the bee fauna of a region and the association of different colors of pan traps.

SUMÁRIO

Introdução Geral	01
Apresentação	04
Referências Bibliográficas.....	05
Capítulo I	09
1- Resumo	10
2- Abstract	11
3- Introdução	12
4- Material e Métodos	15
4.1- Área de Estudos.....	15
4.2- Metodologia de coleta	16
4.3- Comportamento de forrageio dos visitantes do tomateiro.....	16
4.4- Efeito da polinização na qualidade dos frutos.....	17
4.3- Análises dos dados	18
5- Resultados	19
5.1- Diversidade de visitantes florais.....	19
5.2- Comportamento de Forrageio dos Visitantes do Tomateiro.....	24
5.3- Efeito da polinização na qualidade dos frutos.....	27
6- Discussão	29
7- Considerações Finais.....	33
8- Conclusão	33
9- Agradecimentos	34
10- Referências Bibliográficas	34
Capítulo II	45
1- Resumo	46
2- Abstract	47
3- Introdução	48
4- Material e Métodos	50
4.1- Área de Estudos	50
4.2 – Metodologia de coleta	50
4.3 – Análises dos dados	52
5- Resultados	53
6- Discussão	59
7- Conclusão	61
8- Agradecimentos	62
9- Referências Bibliográficas	62
Conclusão Geral.....	69
Apêndice I.....	70

INTRODUÇÃO GERAL

O serviço ecossistêmico prestado pelos polinizadores é de grande importância para manutenção da biodiversidade (Biesmeijer *et al.* 2006, Potts *et al.* 2010), essencial para a reprodução cruzada e para a manutenção da variabilidade genética das espécies vegetais (Buchmann e Nabham 1996). Nas áreas agrícolas, a ação dos polinizadores é conhecida e considerada como um elemento fundamental para a produção e conservação ambiental (Imperatriz-Fonseca 2012).

Costanza e colaboradores (1997) estimaram o valor do serviço de polinização nos ecossistemas, incluindo agro-ecossistemas, em US\$33 trilhões de dólares anuais. Cerca de 75% da alimentação humana depende direta ou indiretamente de plantas polinizadas ou beneficiadas pela polinização animal (Klein *et al.* 2007).

Os insetos constituem o grupo mais abundante e diverso de polinizadores e, dentre eles, as abelhas se destacam por serem os polinizadores mais importantes em diferentes ecossistemas e sistemas agrícolas (Bawa 1990, Corbet *et al.* 1991, Heard 1999). O levantamento e monitoramento das populações de polinizadores são indispensáveis para a conservação da biodiversidade, pois possibilitam verificar alterações na dinâmica dessas populações ao longo do tempo, sendo essenciais na busca por melhores estratégias de conservação (Lawton *et al.* 1998).

A melitofilia, síndrome de polinização mediada pelas abelhas (Faegri e Van der Pijl 1979), contribui para o aumento da produção, diminui os índices de má formação dos frutos (Malagodi-Braga 2002, Silva *et al.* 2004), aumenta o teor de substâncias extraídas de frutos e sementes (Rizzardo *et al.* 2008, Rosa *et al.* 2011), reduz o tempo de produção de certas culturas, além de uniformizar o amadurecimento dos frutos diminuindo perdas na colheita (Williams *et al.* 1991).

O recente interesse em conhecer a fauna de polinizadores em áreas agrícolas, muitas vezes motivado pela preocupação com o declínio da população dos mesmos (Goulson *et al.* 2008, Cameron *et al.* 2011), alertou para a necessidade da padronização de um método de coleta que permita comparações futuras entre a fauna das diferentes regiões e cultivos, auxiliando o entendimento da dinâmica dos polinizadores nesses ambientes. Nesse sentido, o método, relativamente recente,

que vem sendo utilizado na amostragem padronizada de polinizadores envolve o uso de *pan traps*. As *pan traps* são armadilhas coloridas contendo água com detergente e consiste num método de coleta que não requer a utilização de equipamentos especializados, sendo de baixo custo e que não sofre a influência da habilidade e experiência do coletor nas amostragens (Campbell e Hanula 2007, Gollan *et al.* 2011).

Diante da grande diversidade de ecossistemas e condições ambientais existentes no Brasil, os polinizadores de uma determinada cultura e sua eficácia podem variar de região para região ou mesmo entre localidades de uma mesma região (Freitas e Nunes 2012). Com isso, a identificação dos visitantes florais e a avaliação do papel de cada um deles na polinização nos diferentes locais de cultivo são importantes para se traçar alternativas de manejo adequadas para esses polinizadores.

O Brasil é atualmente um dos maiores produtores agrícolas do mundo. É o oitavo maior produtor mundial de tomate (*Solanum lycopersicum* L., Solanaceae), com aproximadamente 65 mil hectares plantados e produção de aproximadamente quatro milhões de toneladas. A tomaticultura gera cerca de 1,5 bilhões de reais por ano ao Brasil, representando um dos maiores mercados da produção agrícola nacional. O estado de Minas Gerais é o segundo maior produtor no território nacional, responsável por aproximadamente 25% dessa produção (IBGE 2015).

O município de Coimbra está situado na Zona da Mata de Minas Gerais e faz parte da microrregião de Viçosa, juntamente com outros sete municípios. Coimbra apresenta grande atividade agrícola, sendo o maior produtor de tomate na região, com aproximadamente 20 hectares de área plantada, produção média de 1.146 toneladas/ano e valor de produção estimada em 1.804 mil reais (IBGE 2015).

O tomateiro (*S. lycopersicum*) é originário das regiões andinas da América do Sul, sendo depois introduzido no México, Europa e então distribuído em todo o mundo (Rick 1979). O tomate tornou-se um dos frutos mais importantes na alimentação humana em todo o mundo devido aos seus expressivos teores de vitaminas e minerais presentes nos frutos além da flexibilidade de seu uso (Brioshi 2001).

A antera da flor do tomateiro é poricida e para que os grãos de pólen sejam liberados é necessário que agentes polinizadores efetuem vibrações sobre a flor. Esse tipo de polinização é denominado *buzz pollination* ou polinização por vibração (McGregor 1976). Essas vibrações são realizadas, exclusivamente, por determinadas espécies de abelhas, originadas da contração e relaxamento dos músculos de voo (Buchmann 1983).

As flores do tomateiro de plantios em campo aberto são agitadas pelo vento e ou pela visita de insetos (McGregor 1976, Paxton e Banda 1991, Free 1970, Cauch *et al.* 2004). No entanto, acredita-se que para uma polinização mais eficiente e conseqüentemente, maior produção de frutos seja necessário que polinizadores específicos estejam presentes na cultura, como por exemplo, as espécies de abelhas que realizam *buzz pollination*. Contudo, pouco se sabe sobre a dinâmica dos polinizadores do tomateiro nesse tipo de ambiente.

Diante desse panorama, o nosso objetivo foi: a) conhecer a fauna apícola ocorrente em áreas de cultivos de tomateiro na região do município de Coimbra, Minas Gerais; b) determinar os potenciais polinizadores dessa cultura na região; c) avaliar o efeito da polinização na qualidade dos frutos produzidos e d) avaliar a eficiência das *pan traps* na amostragem de abelhas nesse ecossistema.

APRESENTAÇÃO

Os dados apresentados nessa tese fazem parte do Projeto "Conservação e Manejo de Polinizadores para uma Agricultura Sustentável, através da abordagem Ecosistêmica", é apoiado pelo Fundo para o Meio Ambiente Global (GEF), sendo implementado em sete países: África do Sul, Brasil, Gana, Índia, Nepal, Paquistão e Quênia. O Projeto é coordenado em nível global pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), com apoio do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). No Brasil, é coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), com apoio do Fundo Brasileiro para a Biodiversidade (FUNBIO) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Os dados serão apresentados em dois capítulos intitulados:

Capítulo I - Visitantes florais (Hymenoptera, Apoidea) em áreas de plantios de tomateiro e seu papel na polinização do cultivo

Capítulo II – O uso de *pan traps* na amostragem da fauna apícola em áreas de cultivo de tomateiro

REFERÊNCIAS

- BAWA, K.S. Plant-pollinator interactions in tropical rain forests. **Annual review of Ecology and Systematics**, p. 399-422, 1990.
- BIESMEIJER, J.C.; ROBERTS, S.P.M.; REEMER, M.; OHLEMÜLLER, R.; EDWARDS, M.; PEETERS, T.; SCHAFFERS, A.P.; POTTS, S.G.; KLEUKERS, R.; THOMAS, C.D.; SETTELE, J.; & KUNIN, W.E. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. **Science**, v.313(5785), p.351-354, 2006.
- BRIOSCHI, D. **Resíduos de clorotalonil em frutos e folhas de tomate de cultura estaqueada (*Lycopersicon esculentum* Mill.)**. 2001. 57p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.
- BUCHMANN, S.L. Buzz pollination in angiosperms. In: JONES, C.E.; LITTLE, R.J. (Ed.). **Handbook of experimental pollination biology**. New York: Division of Van Nostrand Reinhold Company Inc, 1983. p.73-113.
- BUCHMANN, S.L.; NABHAN, G.P. **The forgotten pollinators**. Washington: Island Press, 1996. 292p.
- CAMERON, S. A.; LOZIER, J.D.; STRANGE, J.P.; KOCH, J.B.; CORDES, N.; SOLTER, L.F.; GRISWOLD, T.L. Patterns of widespread decline in North American bumble bees. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.108(2), p.662-667, 2011.
- CAMPBELL, J.W.; HANULA, J.L. Efficiency of malaise traps and colored pan traps for collecting flower visiting insects from three forested ecosystems. **Journal of Insect Conservation**, v. 11(4), p. 399-408, 2007.

CAUICH, O.; QUEZADA-EUÁN, J.J.G.; MACIAS-MACIAS, J.O.; REYES-OREGEL, V.; MEDINA-PERALTA, S.; PARRA-TABLA, V. Behavior and pollination efficiency of *Nannotrigona perilampoides* (Hymenoptera: Meliponini) on greenhouse tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) in subtropical Mexico. **Journal of Economic Entomology**, v. 97(2), p. 475-481, 2004.

CORBET, S. A.; WILLIAMS, I.H.; OSBORNE, J.L. Bees and the pollination of crops and wild flowers in the European Community. **Bee World**, v.72(2), p.47-59, 1991.

COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM S.; O'NEILL, R.V.; PARUELO, J.; RASKIN, R.G.; SUTTON, P.; VAN DEN BELT, M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Ecological Economics**, v. 1(25), p. 3-15, 1997.

FAEGRI, K.; VAN DER PIJL, L. **The principles of pollination ecology**. New York: Pergamon Press, Elsevier. 1979. p.244.

FREE, J. B. Insect pollination of crops. In.: **Insect pollination of crops**. London: **Academic Press**, 1970. p. 544.

FREITAS, B. M.; NUNES-SILVA, P. Polinização agrícola e sua importância no Brasil. In.: IMPERATRIZ-FONSECA. V.L.; SARAIVA, A.M.; CANHOS, D.A.; ALVES, D.A. **Polinizadores no Brasil. Contribuição e Perspectivas Para a Biodiversidade, Uso Sustentável, Conservação e Serviços Ambientais**. São Paulo, EDUSP, 2012. p. 488.

GOLLAN, J.R.; ASHCROFT, M.B.; BATLEY, M. Comparison of yellow and white pan traps in surveys of bee fauna in New South Wales, Australia (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila). **Australian Journal of Entomology**, v. 50(2), p. 174-178, 2011.

GOULSON, D.; LYE, G.C.; DARVILL, B. Decline and conservation of bumble bees. **Annual Review of Entomology**, v. 53, p. 191-208, 2008.

HEARD, T.A. The role of stingless bees in crop pollination. **Annual Review of Entomology**, v. 44(1), p. 183-206, 1999.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil, Rio de Janeiro, v. 29(1), p.1-83, janeiro de 2015.

IMPERATRIZ-FONSECA, V.K.; SARAIVA, A.M.; CANHOS, D.A.; ALVES, D.A. **Polinizadores No Brasil: Contribuição E Perspectivas Para Biodiversidade, Uso Sustentável, Conservação E Serviços Ambientais**. São Paulo, EDUSP, 2012. p. 488.

KLEIN, A.M.; VAISSIERE, B.E.; CANE, J.H.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S.A.; KREMEN, C.; TSCHARNTKE, T. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 274(1608), p. 303-313, 2007.

LAWTON, J. H.; BIGNELL, D.E.; BOLTON, B.; BLOEMERS, G.F.; EGGLETON, P.; HAMMOND, P.M.; HODDA, M.; HOLT, R.D.; LARSEN, T.B.; MAWDSLEY, N. A.; STORK, N. E.; SRIVASTAVA, D. S.; WATT, A.D. Biodiversity inventories, indicator taxa and effects of habitat modification in tropical forest. **Nature**, v. 391(6662), p. 72-76, 1998.

MALAGODI-BRAGA, K.S. **Estudo de agentes polinizadores em cultura de morango (*Fragaria x ananassa* Duch.– Rosaceae)**. 2002. 104p. Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo, Departamento de Ecologia, São Paulo, SP.

MCGREGOR, S.E. **Insect pollination of cultivated crop plants**. Agriculture Handbook nº496. Washington DC: US Department of Agriculture, 1976, p. 411.

PAXTON, R.J.; BANDA, H.J. Pollination of plastic house tomatoes by bees. **Acta Horticulturae**, v. 288, p. 194-198, 1991.

POTTS, S.G.; ROBERTS, S.P.; DEAN, R.; MARRIS, G.; BROWN, M.A.; JONES, R.; NEUMANN, P.; SETTELE, J. Declines of managed honey bees and beekeepers in Europe. **Journal of Apicultural Research**, v. 49(1), p. 15-22, 2010.

RICK, C. M. Biosystematic studies in *Lycopersicon* and closely related species of *Solanum*. In.: HAWKES, J.G.; LESTER, R.N.; SKELDING, A.D. **The biology and taxonomy of the Solanaceae**. London: Academic Press for the Linnean Society, p. 667-678, 1979.

RIZZARDO, R.; FREITAS, B.; MILFONT, M.; SILVA, E. A polinização de culturas oleaginosas com potencial para produção de biodiesel: um estudo de caso com a mamona (*Ricinus communis* L.). In.: **Anais do VIII Encontro Sobre Abelhas**, v. 8, p. 72-79, 2008.

ROSA, A.D.S.; BLOCHTEIN, B.; LIMA, D.K. Honey bee contribution to canola pollination in Southern Brazil. **Scientia Agricola**, v. 68(2), p. 255-259, 2011.

SILVA, E.M.S.; FREITAS, B.M.; SILVA, L.A.; CRUZ, D.O.; BOMFIM, I.G.A. Effect of the different number of flowers by the stingless *Melipona subnitida* to the fruit set of greenhouse Sweet Pepper (*Capsium annum* L.). In: **8th International Conference on Tropical Bess and VI Encontro sobre Abelhas**. Ribeirão Preto, SP. 2004.

WILLIAMS, I.H.; CORBET, S.A.; OSBORNE, J.L. Beekeeping, wild bees and pollination in the European Community. **Bee World**, v. 72(4), p. 170-180, 1991.

Capítulo I

VISITANTES FLORAIS (HYMENOPTERA, APOIDEA) EM ÁREAS DE PLANTIOS DE TOMATEIRO E SEU PAPEL NA POLINIZAÇÃO DO CULTIVO

RESUMO

A polinização é importante não só pelos seus benefícios ecológicos, mas também pelo seu valor econômico para a humanidade. Quando realizada de forma eficiente, a polinização garante a formação de frutos e sementes os quais são utilizados pelo homem. Nosso objetivo foi conhecer a comunidade de abelhas presentes em áreas de cultivos de tomateiro (*Solanum lycopersicum*, Solanaceae) em campo aberto; descrever o comportamento de forrageio dessas abelhas; determinar os potenciais polinizadores dessa cultura; analisar o efeito das plantas ruderais na manutenção da fauna de polinizadores no período entressafra e avaliar o efeito da polinização na qualidade dos frutos produzidos. O trabalho foi desenvolvido em plantios dos cultivares Sofia® e Aguamiel®, durante os anos de 2012 e 2013, respectivamente, no município de Coimbra, Minas Gerais. As abelhas foram coletadas nas flores do tomateiro, durante seu florescimento, e nas flores ruderais, nos períodos de entressafra. O efeito da polinização na qualidade dos frutos foi avaliado através dos tratamentos de polinização aberta, autopolinização espontânea, autopolinização com suplementação de pólen e polinização por primeira visita. O número de sementes, a massa e o tamanho dos frutos formados foram avaliados. Foram coletadas visitando as flores do tomateiro 1.190 abelhas, pertencentes a 40 espécies, e visitando as flores ruderais 374 abelhas, pertencentes a 23 espécies. Nas plantas ruderais, foram coletadas 43% das espécies de abelhas encontradas no tomateiro, sendo *Apis mellifera* a mais abundante. Flores visitadas por *Bombus* produziram tomates 16% mais pesados que as visitadas por *A. mellifera* e 54% mais pesados que as autopolinizadas espontaneamente. Flores expostas à polinizadores produziram frutos 49-64% mais pesados que as flores autopolinizadas espontaneamente. Este estudo evidenciou a importância da presença das abelhas nos plantios de tomateiro em campo aberto, ressaltando sua importância na formação de frutos de melhor qualidade. A vegetação ruderal pode ter sido importante para a permanência das espécies de abelhas polinizadoras do tomateiro na área, fora do período de floração do cultivo.

Palavras-chave: *buzz pollination*, polinizadores, produção agrícola.

ABSTRACT

Pollination is important not only for their ecological benefits, but also for its economic value to humanity. When performed efficiently pollination ensures the formation of fruits and seeds which are used by man. Our aims were to identify the community of bees in areas of tomato crops (*Solanum lycopersicum*, Solanaceae) in open field; to describe the foraging behavior of bees; to determine the potential of this crop pollinators; to analyze the effect of ruderal plants in maintaining the pollinators in the period without crops and to evaluate the effect of pollination in the quality of fruit produced. The study was conducted in tomato plantations in Coimbra, Minas Gerais, using Sofia® and Aguamiel® cultivars, during the years of 2012 and 2013, respectively. The bees were collected in tomato flowers during flowering and in ruderal flowers in periods without crops in the field. The effect of pollination on fruit quality was evaluated using open pollination treatments, spontaneous self-pollination with pollen supplementation and pollination at first visitation. The number of seeds, the mass and the size of formed fruits were evaluated. 1.190 bees of 40 species, were collected in tomato flowers and 374 bees of 23 species were collected in ruderal flowers. 43% of the species present in the tomato flowers are present in ruderal flowers in the periods between harvests, being *Apis mellifera* the most abundant in both periods. Flowers visited by *Bombus* produced tomatoes 16% heavier than the ones produced by flowers visited by *Apis mellifera* and 54% heavier than the fruits formed by self-pollinated flowers. The flowers exposed to pollinators produced fruits 49-64% heavier than the self-pollinated flowers. This study showed the importance of the presence of bees in tomato plantations in the open field, emphasizing the importance of these pollinators in the formation of fruits of better quality. The ruderal vegetation may have been important for the persistence of pollinating species of bees in the tomato cultivation area in the period with no flowering of crops.

Keywords: buzz pollination, pollinators, crops.

1- INTRODUÇÃO

A polinização é fundamental para a reprodução cruzada e para a manutenção da variabilidade genética das espécies vegetais (Buchmann e Nabham 1996). Quando realizada de forma eficiente, esta garante a formação de frutos e sementes, que estão na base da cadeia alimentar de muitos animais terrestres, inclusive do homem, contribuindo assim com a sustentabilidade da biodiversidade e conseqüentemente com o equilíbrio dos ecossistemas (Aizen *et al.* 2009, Imperatriz-Fonseca e Nunes-Silva 2010).

A polinização é relevante não somente pelos seus benefícios ecológicos, mas também pelo seu valor econômico. Costanza e colaboradores (1997) estimaram o valor do serviço de polinização nos ecossistemas, incluindo agro-ecossistemas em US\$33 trilhões de dólares anuais. A produção de alimentos diretamente dependente do serviço de polinização biótica e abiótica foi estimada em US\$200 bilhões (Kearns *et al.* 1998).

Os insetos constituem o grupo mais abundante e diverso de polinizadores e, dentre eles, as abelhas se destacam por serem os polinizadores mais importantes em diferentes ecossistemas e sistemas agrícolas (Bawa 1990, Corbet *et al.* 1991, Heard 1999). A síndrome de polinização mediada pelas abelhas é denominada melitofilia (Faegri e van der Pijl 1979). A polinização melitófila contribui para o aumento da produção, diminui os índices de má formação dos frutos (Malagodi-Braga 2002, Silva *et al.* 2004), aumenta o teor de substâncias extraídas de frutos e sementes (Rizzardo *et al.* 2008, Rosa *et al.* 2011); reduz o tempo de produção de certas culturas, além de uniformizar o amadurecimento dos frutos diminuindo perdas na colheita (Williams *et al.* 1991).

As espécies de abelhas nativas constituem a melhor opção para a polinização de muitas plantas cultivadas, sendo essas mais abundantes e diversas em cultivos situados próximos a ambientes naturais (Klein *et al.* 2002, Kremen *et al.* 2004, Ricketts *et al.* 2008). No entanto, com a intensificação das atividades agrícolas, a fragmentação dos habitats devido ao desmatamento e o uso indiscriminado de pesticidas, dentre outros fatores, tem levado a população

de polinizadores nativos ao declínio, o que pode estar causando um déficit de polinização em muitas culturas em todo o mundo (Gazhoul 2005, Biesmeijer *et al.* 2006).

Com o intuito de minimizar o déficit de polinização causado pelo recente desaparecimento dos polinizadores, muitos países estão comercializando abelhas, principalmente *Apis mellifera* L. 1758, onde colmeias são introduzidas nas áreas agrícolas na época de floração, de modo a permitir que estas abelhas visitem as flores e as polinizem (Delaplane e Mayer 2000). No entanto, tal atividade gera uma certa preocupação, pois a introdução de espécies não nativas em uma determinada região pode causar danos, com implicações pouco conhecidas, como por exemplo a competição com espécies nativas (Roubik e Wolda 2001, Paine *et al.* 2005, Menezes *et al.* 2007).

Existem variações quanto à dependência das espécies vegetais em relação ao serviço de polinização prestado pelas abelhas. McGregor (1976) listou 166 culturas agrícolas que se beneficiam ou dependem da polinização melitófila para que haja produção de frutos e sementes. O valor econômico anual da polinização melitófila em plantas cultivadas foi calculado em €153 bilhões em 2005 (Gallai *et al.* 2009). Frutas, verduras e oleaginosas lideram a categoria de alimentos que dependem de polinizadores para que haja produção (Imperatriz-Fonseca 2010). Isso implica que, muito da qualidade nutricional da alimentação humana é adquirida a partir de plantas cultivadas dependentes em algum grau da ação dos agentes polinizadores.

O tomate (*Solanum lycopersicum*, L., Solanaceae) tornou-se um dos frutos mais importantes na alimentação humana em todo o mundo. No Brasil, é uma das principais culturas olerícolas de importância econômica, sendo o estado de Minas Gerais o segundo maior produtor dessa cultura no país (IBGE 2015).

O tomateiro é uma planta autógama, com antera poricida; dessa forma suas flores precisam ser vibradas para que a polinização ocorra de forma eficiente, uma vez que a vibração faz com que os grãos de pólen se soltem das anteras e caiam sobre a superfície estigmática. Esse tipo de polinização foi

descrito por Buchmann (1983) como polinização por vibração ou *buzz pollination*.

Nos tomates em campo aberto, a agitação das anteras pela ação do vento é considerada suficiente para que as flores se autopolinizem. No entanto, acredita-se que a presença de polinizadores nos cultivos possa beneficiar sua produção, uma vez que a vibração da flor realizada por eles acarreta a liberação de uma maior quantidade de grãos de pólen das anteras que se distribuem mais uniformemente sobre a superfície estigmática da flor (McGregor 1976, Paxton e Banda 1991, Free 1970, Shipp *et al.* 1994, Cauich *et al.* 2003). Algumas abelhas são capazes de contrair e relaxar os músculos torácicos durante o forrageio na flor, vibrando-as, realizando assim *buzz pollination*.

Diante da grande diversidade de ecossistemas e condições ambientais existentes no Brasil, os polinizadores de uma determinada cultura e sua eficácia podem variar de região para região ou mesmo entre localidades de uma mesma região (Freitas e Nunes 2012). Com isso a identificação dos visitantes florais e o estudo do papel deles na polinização nos diferentes locais de cultivo são importantes para se traçar alternativas de manejo adequadas para esses polinizadores.

Dessa forma, os nossos objetivos foram: a) analisar a composição da comunidade de abelhas presente nas áreas dos plantios de tomateiro nos períodos de safra e entressafra b) analisar o efeito das plantas ruderais na manutenção da fauna de polinizadores no período entressafra; c) determinar os potenciais polinizadores dessa cultura na região; d) avaliar o efeito da polinização na qualidade dos frutos produzidos.

2- MATERIAL E MÉTODOS

2.1- Área de Estudo

O presente trabalho foi desenvolvido em quatro propriedades agrícolas no município de Coimbra (20 °51'31"S e 42 °48'21"N – 720m), Zona da Mata de Minas Gerais, Brasil. O clima da região é classificado como subtropical úmido (Köppen-Geiger), com temperatura média anual de 19,4°C e precipitação pluviométrica anual média de 1.221,4mm. A vegetação original da região é do tipo floresta tropical subperenifólia, pertencente ao bioma Mata Atlântica.

O município de Coimbra apresenta grande atividade agrícola. Devido às boas condições do relevo, do solo, do clima, de mão de obra e hábito cultural da população rural, é possível o cultivo do tomateiro (*S. lycopersicum*) ao longo de todo o ano na região, sendo normalmente cultivadas duas safras ao ano: uma entre os meses de janeiro a junho, com pico de floração no período de março a maio; e outra no período de julho a dezembro, com pico de floração entre setembro e novembro.

Quatro safras do tomate tipo Italiano foram acompanhadas: duas safras do cultivar Sophia® (Sakata Seed Sudamerica Ltda) cultivadas no ano de 2012 (n = 7 plantios) e duas safras do cultivar Aguamiel® (Vilmorin Sementes Ltda) cultivadas no ano de 2013 (n = 5 plantios). Os tomateiros eram plantados no sistema V invertido, tutorados com bambu e amarrados com fitilho. A adubação, pulverização, desbrota e colheita foram realizados de acordo com os métodos tradicionais do trato cultural do tomateiro. No entorno dos plantios de tomateiro predominavam áreas de pastagem, fragmentos de vegetação nativa e outros cultivos agrícolas como milho, café, feijão, dependendo da época do ano.

Os plantios são de propriedade de produtores rurais do município de Coimbra e sua produção é destinada ao comércio *in natura*, no CEAGESP de São Paulo, Brasil.

2.2 - Metodologia de coleta

Para amostrar a fauna apícola foi adotado o método de coleta ativa, onde: 1) durante o período de florescimento do cultivo de tomateiro, dois coletores percorriam o plantio aleatoriamente das 08 às 12 horas (período de maior atividade das abelhas, indicado por expedições prévias), coletando com rede entomológica as abelhas nas flores dos tomateiros. O esforço amostral foi de 76 horas nos plantios do cultivar Sophia® no ano 2012 e 48 horas nos plantios do cultivar Aguamiel® no ano 2013, totalizando 124 horas de amostragem durante os plantios; 2) no período entressafras (quando não há o plantio de tomateiros na área) dois coletores percorriam aleatoriamente toda a área das 08 às 12 horas, coletando com rede entomológica as abelhas visitantes das flores ruderais que se estabeleceram na área. O esforço amostral foi de 60 horas no ano de 2012 e 16 horas no ano de 2013, totalizando 76 horas de amostragem nos períodos entressafras.

As abelhas coletadas foram mortas em acetato de etila, posteriormente foram montadas em alfinetes entomológicos, etiquetadas e identificadas utilizando-se chaves de identificação propostas na literatura (Silveira *et al.* 2002) e confirmadas por um especialista. O material testemunho se encontra depositado na coleção do Museu Regional de Entomologia da Universidade Federal de Viçosa, na Coleção Entomológica das Coleções Taxonômicas da Universidade Federal de Minas Gerais e na Coleção Entomológica Prof. J. M. F. Camargo (RPSP) do Departamento de Biologia da FFCLRP/USP - Universidade de São Paulo.

Os levantamentos das abelhas visitantes florais do tomateiro e das flores ruderais foram realizados mensalmente, nas quatro safras acompanhadas, safra I/2012 e II/2012 do cultivar Sophia® e safra I/2013 e II/2013 do cultivar Aguamiel®.

2.3 - Comportamento de forrageio dos visitantes do tomateiro

Para determinar os potenciais polinizadores da cultura de tomate, o comportamento de forrageio dos visitantes nas flores do tomateiro foi avaliado

por meio de observações diretas, através de registros fotográficos e por filmagens durante as expedições a campo.

2.4 - Efeito da polinização na qualidade dos frutos

O efeito da polinização na qualidade dos frutos foi analisado durante três das quatro safras acompanhadas: safra II/2012 do cultivar Sophia® e safras I/2013 e II/2013 do cultivar Aguamiel®. Botões florais foram marcados e submetidos a diferentes testes de polinização: 1) Polinização Aberta (PA): botões florais em pré-antese foram marcados e deixados expostos à visitação; 2) Autopolinização espontânea (visitação restrita - VR): botões florais em pré-antese foram isolados com sacos de organza de modo a impedir a visitação das abelhas; 3) Autopolinização com suplementação de pólen (+P): flores previamente isoladas com sacos de organza, foram desensacadas e com a utilização de uma pinça, grãos de pólen de outras plantas do mesmo plantio foram adicionados manualmente no orifício do cone de anteras. Após a adição de pólen, as flores foram novamente ensacadas para que não recebessem visitação; 4) Polinização por Primeira Visita: cachos florais em pré-antese foram ensacados com sacos de organza, à medida que as flores iniciavam a antese, essas eram desensacadas, deixadas expostas e observadas. Quando visitada, a flor era etiquetada e novamente ensacada para que não recebesse uma segunda visita; assim cada flor pôde receber uma única visita de um único indivíduo/espécie.

A exposição e observação das flores para o teste de primeira visita foram realizadas somente nas safras I/2013 e II/2013 da variedade Aguamiel®, em dias consecutivos das 08 às 12 horas até que todas as flores marcadas fossem visitadas ou entrassem em senescência.

Os frutos foram colhidos aproximadamente 50 dias após a realização dos testes. Foram registradas a massa (g), o diâmetro (mm) e o número de sementes de todos os frutos formados em cada um dos testes de polinização realizados.

2.5 - Análise dos dados

A frequência relativa das abelhas coletadas foi calculada utilizando-se a fórmula: $fi = ni/N \times 100$, onde f é a porcentagem de frequência relativa da espécie i , n é o número de indivíduos da espécie i e N o número total de indivíduos (Silveira Neto, 1976).

Para cada espécie amostrada, foi calculada a frequência de ocorrência (FO), onde $FO = \text{número de coletas com a espécie } i / \text{número de coletas total} \times 100$, sendo consideradas como espécies muito frequentes (MF), frequência de ocorrência igual ou superior a 50%; espécies frequentes (F), porcentagem de ocorrência entre 25 e 50% e espécies pouco frequentes (PF), porcentagem de ocorrência igual ou inferior a 25%.

Para dominância (D) foi utilizado o cálculo: $D = \text{abundância da espécie } i / \text{abundância total} \times 100$. Quando: $D \geq 5\%$ a espécie foi considerada dominante (d); se $D < 5\%$ e $\geq 2,5\%$ a espécie foi considerada acessória (a); e se $D < 2,5\%$ a espécie foi considerada ocasional (oc). Esses índices quando analisados juntos, permitem agrupar as espécies em categorias: Comum (C), que é muito frequente e dominante; Intermediária (I), que é muito frequente e acessória; muito frequente e ocasional; frequente e ocasional; frequente e dominante; frequente e acessória; Rara (R), que é pouco frequente e ocasional (Palma 1975 apud Buschini 2006, Scatolini e Penteado-Dias, 2003).

O teste Wilcoxon-Mann-Whitney (teste U) foi utilizado a fim de comparar a riqueza e abundância das abelhas coletadas visitando as flores do tomateiro durante seu florescimento e as flores ruderais nos períodos entressafras. As análises foram realizadas utilizando o software Statistica 10.0.

A porcentagem de frutificação foi obtida através do cálculo $Tf = n/N \times 100$ onde: Tf é a taxa de frutificação, n o número total de frutos formados no tratamento i e N o número total de flores do tratamento i .

O efeito da polinização sobre a massa, diâmetro e número de sementes dos frutos foi avaliado em cada um dos tratamentos. Os dados da safra II/2012, variedade Sophia®, foram analisados utilizando ANOVA (teste F). Com o intuito

de verificar se a Safra I/2013 diferia estatisticamente da Safra II/2013, ambas da variedade Aguamiel®, a normalidade dos dados foi testada utilizando-se o teste Shapiro-Wilks, em seguida os parâmetros de qualidade foram comparados através do teste não paramétrico Mann-Whitney (teste U). As análises foram realizadas utilizando o software R (R Development Core Team 2012).

3 - Resultados

3.1 - Diversidade de visitantes florais

Foram coletados no total 1.564 indivíduos, pertencentes à quatro famílias: Apidae, a mais abundante com 94% das abelhas coletadas, seguida por Halictidae (5%), Andrenidae (0,8%) e Megachilidae (0,2%) (**Tabela 1**).

No total, 1.190 indivíduos pertencentes a 40 espécies foram coletados visitando as flores do tomateiro. Destes, 763 indivíduos, pertencentes a 31 espécies, foram coletados nos plantios da variedade Sophia® no ano de 2012; e 427 indivíduos, pertencentes a 28 espécies, coletados nos plantios da variedade Aguamiel® no ano de 2013 (**Tabela 1**).

Nas flores ruderais foram coletadas 374 abelhas pertencentes a 23 espécies. Destas, 303 indivíduos, pertencentes a 20 espécies, foram coletados nos períodos de entressafras do cultivar Sophia® no ano 2012 e 71 indivíduos, pertencentes a 08 espécies foram coletadas nos períodos de entressafras do cultivar Aguamiel® no ano 2013 (**Tabela 1**).

Das 46 espécies de abelhas coletadas, 17 visitaram tanto as flores do tomateiro quanto as flores ruderais. Os resultados mostram que aproximadamente 43% das espécies presentes nas flores do tomateiro também estão presentes nas flores ruderais nos períodos entressafras. São elas: *Apis mellifera*, *Augochlora morrae*, *Augochlora* sp1, *Augochloropsis argentina*, *Bombus morio*, *Bombus pauloensis*, *Centris tarsata*, *Exomalopsis analis*, *Exomalopsis auropilosa*, *Exomalopsis fernandoi*, *Exomalopsis fulvofasciata*, *Megachile leucopogonites*, *Melipona quadrifasciata*, *Thygater analis*, *Trigona*

Tabela 1: Diversidade de abelhas, visitantes florais, em áreas de plantio de tomate em campo aberto no município de Coimbra, Minas Gerais.
 LEGENDA: f = frequência relativa; R = espécie rara; I = espécie intermediária. Espécies seguidas de * apresentam o comportamento de vibrar as flores.

Família	Espécies	Flores do Tomateiro					Flores Ruderais									
		Sophia® (2012)		Aguamiel® (2013)		Total	f (%)	Categoria	2012		2013		Total	f (%)	Categoria	
		♀	♂	♀	♂				♀	♂	♀	♂				
Andrenidae	<i>Acamptopoeum prinii</i> (Holmberg, 1884)			1		1	0.1	R								
	<i>Anthrenoides</i> sp.								1				1	0.3	R	
	<i>Cephalurgus anomalus</i> (Moure & Lucas de Oliveira, 1962) *			1	1	2	0.2	R								
	<i>Oxaea flavescens</i> (Klug, 1807) *	1		5		6	0.5	R		3			3	0.8	R	
Apidae	<i>Apis mellifera</i> (Linnaeus, 1758)	389		149		538	45	I	114		30		144	38	I	
	<i>Bombus (Fervidobombus) morio</i> (Swederus, 1787) *	11		54		65	5.5	I	11				11	3	R	
	<i>Bombus (Fervidobombus) pauloensis</i> (Friese, 1913) *	34		33		67	5.6	I	13				13	3.5	I	
	<i>Centris (Centris) varia</i> (Erichson, 1849) *				1	1	0.1	R								
	<i>Centris (Hemisiella) tarsata</i> (Smith, 1874) *	3		3		6	0.5	R	1				1	0.3	R	
	<i>Ceratina (Crewella) sp1</i>			1		1	0.1	R								
	<i>Eulaema (Apeulaema) nigrita</i> (Lepeletier, 1841) *				1	1	0.1	R								
	<i>Exomalopsis (Exomalopsis) analis</i> (Spinola, 1853) *	92	1	80		173	14.5	I	3					3	0.8	R
	<i>Exomalopsis (Exomalopsis) auropilosa</i> (Spinola, 1853) *	40		19		59	4.9	I	9		2			11	3.0	I
	<i>Exomalopsis (Exomalopsis) collaris</i> (Friese, 1899) *			1		1	0.1	R								
	<i>Exomalopsis (Exomalopsis) elephantopodis</i> conf. (Friese, 1899) *	6		2		8	0.7	R								
	<i>Exomalopsis (Exomalopsis) fernandoi</i> (Moure, 1990) *	7		1		8	0.7	R	1					1	0.3	R
	<i>Exomalopsis (Exomalopsis) fulvofasciata</i> (Smith, 1879) *	13		5		18	1.5	I			2			2	0.5	R
	<i>Exomalopsis (Exomalopsis) ypirangensis</i> (Schrottky, 1910) *	1				1	0.1	R								
	<i>Melipona bicolor</i> (Lepeletier, 1836) *	9		5		14	1.2	R								
	<i>Melipona quadrifasciata</i> (Lepeletier, 1836) *	17		6		23	1.9	R				1		1	0.3	R
	<i>Nannotrigona testaceicornis</i> (Lepeletier, 1836)	1				1	0.1	R								
<i>Plebeia droryana</i> (Friese, 1900)								1					1	0.3	R	
<i>Schwarziana quadripunctata</i> (Lepeletier, 1836)								9			1		10	2.7	I	
<i>Tetragonisca angustula</i> (Latreille, 1811)								2					2	0.5	R	

	<i>Thygater (s. st.) analis</i> (Lepeletier, 1841) *	10	3	13	1.1	I	1		1	0.3	R			
	<i>Trigona hyalinata</i> (Lepeletier, 1836)	1	1	2	0.2	R	7	3	10	2.7	R			
	<i>Trigona spinipes</i> (Fabricius, 1793)	56	44	100	8.4	I	118	31	149	40	I			
	<i>Xylocopa (Neoxylocopa) frontalis</i> (Olivier, 1789) *	1		1	0.1	R								
	<i>Xylocopa (Neoxylocopa) nigrocincta</i> (Smith, 1854) *	1		1	0.1	R								
	<i>Xylocopa (Schonnherria) varians</i> (Smith, 1874) *	1		1	0.1	R								
Halictidae	<i>Augochlora (Augochlora) esox</i> (Vachal, 1911) *	1		1	0.1	R								
	<i>Augochlora (Oxystoglossela) morrae</i> (Strand, 1910) *		1	1	0.1	R	2		2	0.5	R			
	<i>Augochlora (Oxystoglossela) sp1</i> *	1		1	0.1	R	2		2	0.5	R			
	<i>Augochloropsis argentina</i> (Friese, 1908) *	8	2	10	0.8	I		1	1	0.3	R			
	<i>Augochloropsis cupreola</i> (Cockerell, 1900) *	11	2	13	1.1	I								
	<i>Augochloropsis notophos</i> (Vachal, 1903) *	8		8	0.7	R								
	<i>Augochloropsis smithiana</i> (Cockerell, 1900) *	12		12	1.0	R								
	<i>Augochloropsis sp1</i> *	21	1	22	1.8	R								
	<i>Augochloropsis sp2</i> *	1		1	0.1	R								
	<i>Augochloropsis sp3</i> *	1		1	0.1	R								
	<i>Dialictus opacus</i> (Moure, 1940)		1	1	0.1	R								
	<i>Dialictus picadensis</i> (Strand, 1910)						3		3	0.8	R			
	<i>Dialictus ypirangensis</i> (Schrottky, 1910)	1	1	2	0.2	R								
	<i>Dialictus sp1</i>						1		1	0.3	R			
	<i>Pseudaugochlora graminea</i> (Fabricius, 1804) *	3		3	0.2	R								
Megachilidae	<i>Megachile (Pseudocentron) leucopogonites</i> (Moure, 1944)		2	2	0.2	R	1		1	0.3	R			
TOTAL		762	1	424	3	1190	100		299	4	71	0	374	100

hyalinata, *Trigona spinipes* e *Oxaea flavescens*. Dentre as espécies citadas acima, 13 apresentam o comportamento de vibrar as anteras durante o forrageio sendo, portanto, consideradas polinizadoras efetivas do cultivo de tomateiro (**Tabela 1**).

A. mellifera foi a espécie mais abundante nas flores do tomateiro (45%), assim como nas flores ruderais (38,4%), classificada como uma espécie muito frequente e acessória nas áreas de plantio de tomate, durante e entre as safras. A segunda espécie mais abundante nas flores dos tomateiros foi *E. analis* com 14,5% dos indivíduos coletados, seguida por *T. spinipes* com 8,4%, *B. pauloensis* e *B. morio* com 5,6% e 5,5%, respectivamente (**Tabela 1**).

Quatro machos foram coletados visitando as flores do tomateiro: *Cephalurgus anomalus* (n=1), *Centris varia* (n=1), *Eulaema nigrita* (n=1) e *E. analis* (n=1). Outros quatro machos foram coletados nas flores ruderais: *Anthrenoides* sp. (n=1) e *O. flavescens* (n=3) (**Tabela 1**).

Houve diferença significativa no número de espécies coletadas nas safras I/2012 e II/2012 do cultivar Sophia® ($F_{(1,5)}=7,88$; $p<0,05$), no entanto, não houve diferença significativa quanto a abundância de indivíduos coletados nessas duas safras ($F_{(1,5)}=3,21$; $p>0,05$) (**Figura 1**). Não houve diferença significativa entre riqueza ($F_{(1,3)}=0,29$; $p>0,05$) e abundância ($F_{(1,3)}=0,18$; $p>0,05$) de indivíduos coletados entre as duas safras do cultivar Aguamiel® (**Figura 1**).

Embora tenha ocorrido uma diferença no número total de espécies e no número total de indivíduos coletados entre os dois anos do estudo, foi possível perceber um padrão de ocorrência dos visitantes florais nos plantios, com maior abundância e diversidade de abelhas na segunda safra em relação a primeira, nos dois anos do estudo (**Figura 1**).

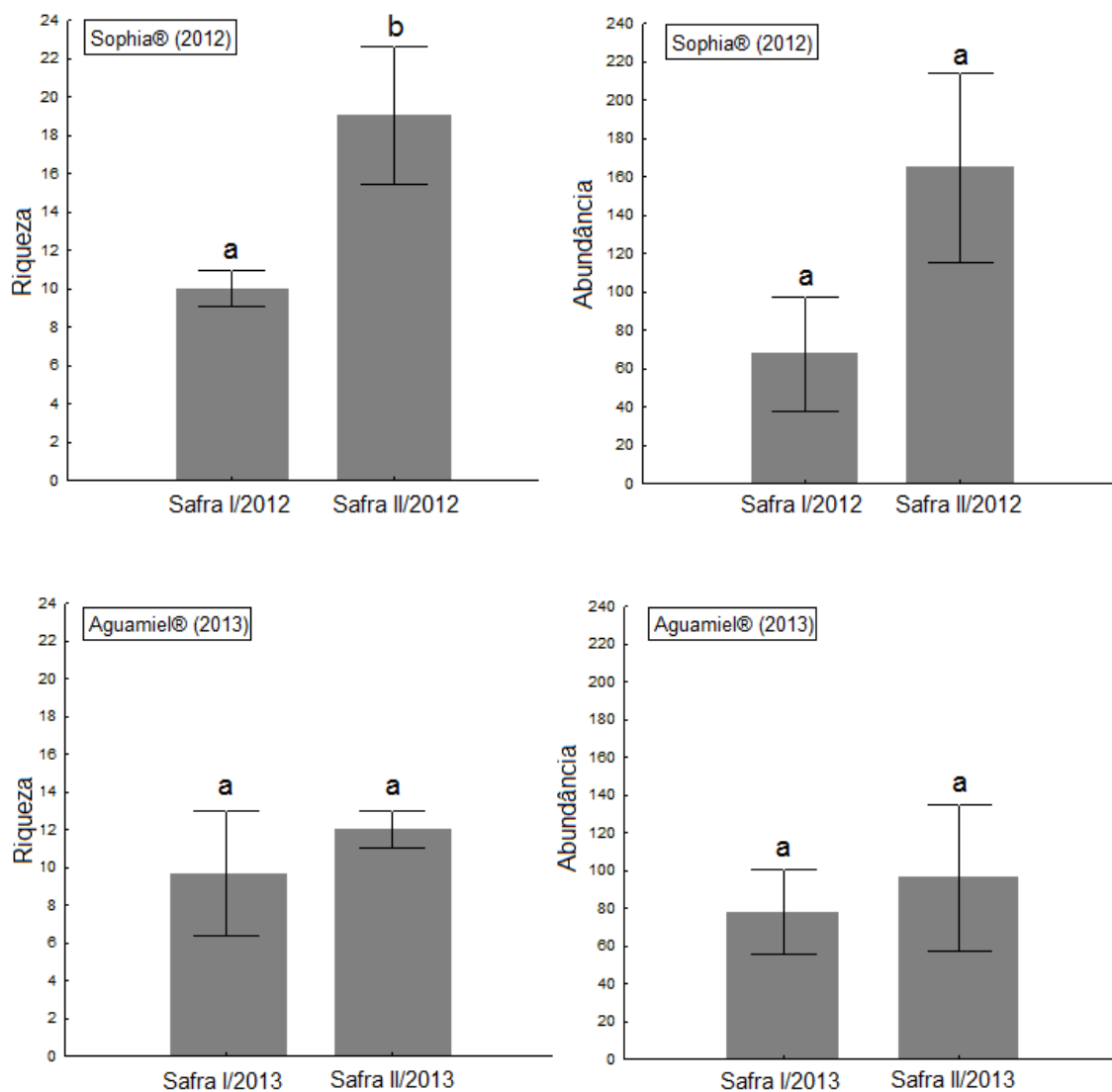


Figura 1: Riqueza a abundância de abelhas visitantes florais do tomateiro em plantios em campo aberto no município de Coimbra, MG. LEGENDA: As barras indicam o erro padrão; letras iguais não apresentam diferença estatística significativa segundo o teste F, a nível de significância de 5%.

3.2 - Comportamento de Forrageio dos Visitantes do Tomateiro

Diante da diversidade de abelhas registradas visitando as flores do tomateiro, foi possível a descrição comportamentos de forrageio diferentes (Figura 2).



Figura 2: Abelha visitantes florais do tomateiro (*S. lycopersicum*). A) *Apis mellifera*; B) *Trigona spinipes*; C) *Exomalopsis analis*; D) *Augochloropsis* sp.; E) *Melipona quadrifasciata*; F) *Bombus* sp. Barras brancas em A, B, C, D e E = 1cm; F = 0,5 cm.

T. spinipes, ao pousar na flor, foram vistas caminhando sobre as anteras e pétalas, coletando com a glossa os grãos de pólen ali depositados. Estes grãos de pólen espalhados na flor, provavelmente, são resquícios deixados após a visita de uma abelha vibradora (**Figura 2B**).

De modo geral, as abelhas vibradoras apresentaram comportamentos semelhantes de visitação às flores. Halictidae ao pousarem nas flores, se prendiam ao cone de anteras utilizando as pernas e as mandíbulas (**Figura 3A**). O ápice do cone de anteras ficava voltado para a porção ventral do abdômen da abelha (**Figura 3B**), que em seguida, realizava vibrações torácicas sobre o cone de anteras. Ao vibrar sobre o cone de anteras os grãos de pólen eram liberados e expulsos em direção ao corpo da abelha. Após as vibrações, as abelhas se prendiam às anteras com as mandíbulas e com o par de pernas anteriores transferiam os grãos de pólen que ficaram aderidos no corpo para as corbículas ou escopas (**Figura 3**Figura 3C).



Figura 3: Comportamento de *Augochlora* sp. em flor do tomateiro. A) Pousada sobre a flor, presa à antera pelas pernas e mandíbula; B) Posição de vibração, com o ápice do cone de anteras voltado para a porção ventral do corpo; C) presa pelas mandíbulas e pernas dianteiras, esfregando as pernas posteriores para a retirada dos grãos de pólen. **Barras brancas** = 1cm.

Abelhas dos gêneros *Bombus* e *Exomalopsis*, em geral, realizaram mais de uma vibração durante uma mesma visita. Entre uma vibração e outra, a

abelha realizava giros ao redor do cone, de modo que o ápice das anteras continuasse voltado para a porção ventral do corpo.

De modo geral, em abelhas grandes (por exemplo *Bombus* e *Oxaea*), foi possível, visualizar a formação de uma nuvem de pólen sendo expulsa pela abertura apical do cone da antera durante a vibração e atingindo a parte dorsal do corpo da abelha. Estas abelhas ficam pouco tempo nas flores (aproximadamente quatro segundos no caso de *Oxaea*) se comparado com abelhas menores (por exemplo halictídeos e *Exomalopsis*), deste modo, o menor número de indivíduos coletados pode ser consequência da maior dificuldade de coletá-los durante o forrageio.

A. mellifera pairava em frente a flor, podendo pousar sobre ela ou não (**Figura 4****Figura 4A**). Ao pousar sobre a flor, se prendia ao cone de anteras com as pernas e introduzia a glossa pela abertura apical do cone, retirando o pólen ali presente (**Figura 4B**).

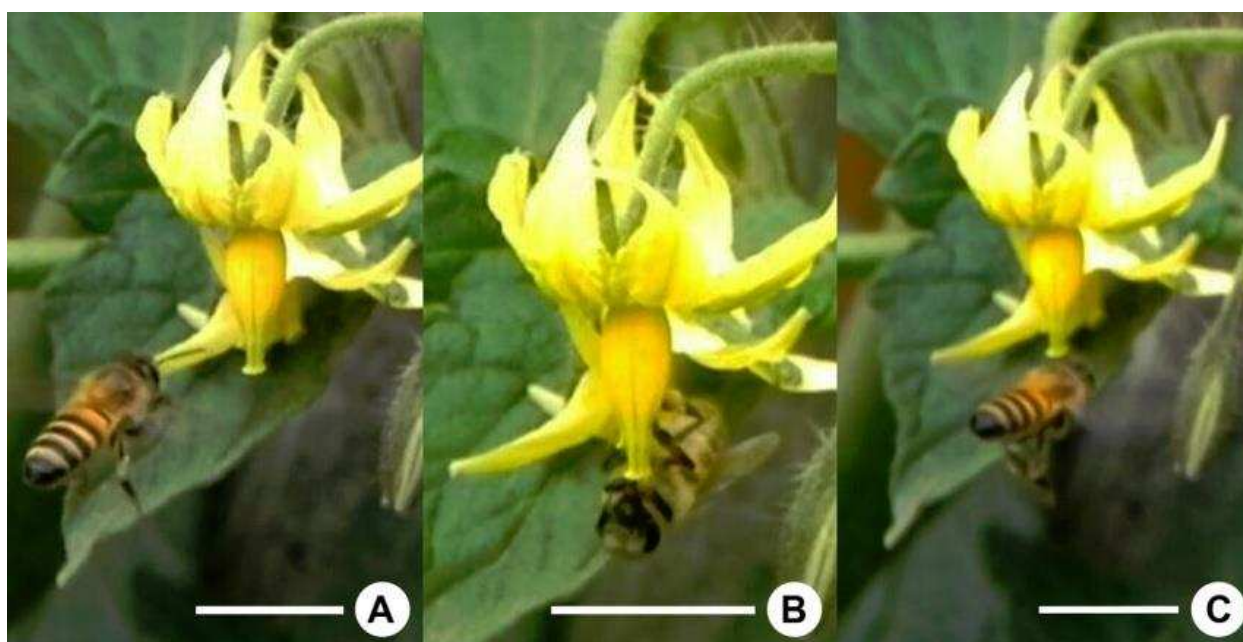


Figura 4: Comportamento de *A. mellifera* na flor do tomateiro. **A)** Voo de reconhecimento em frente a flor; **B)** Pousada sobre a flor, introduzindo a glossa no orifício do cone de anteras; **C)** Pairando em frente a flor retirando o pólen do corpo e transferindo-o para as pernas posteriores. Barras brancas = 1cm

3.3 - Efeito da polinização na qualidade dos frutos

O tratamento de autopolinização com suplementação de pólen (P+) apresentou a menor porcentagem de frutificação quando comparado com os demais tratamentos, exceto na Safra II/2012 do cultivar Sophia®, onde o tratamento de autopolinização espontânea que menos frutificou. Já as flores destinadas ao teste de polinização aberta (PA) apresentaram 100% de frutificação (Tabela 2).

Tabela 2: Parâmetros de avaliação da qualidade dos frutos do tomateiro formados a partir dos diferentes tratamentos de polinização realizados em cultivos de tomate Tipo Italiano, dos cultivares Sophia® e Aguamiel® nos anos de 2012 e 2013, respectivamente. Porcentagem de frutificação, onde os dados entre parênteses se referem ao número de frutos formados/número de flores marcadas para o teste; massa média (g), diâmetro médio (mm) e número médio de sementes dos frutos. Dados seguidos de letras iguais não diferem significativamente pelo teste ANOVA (teste F) ou pelo teste Mann-Whitney (teste U) a nível de significância de 5%.

Safra	Tratamentos	Porcentagem de Frutificação	Frutos analisados	Massa média (g)	Diâmetro médio (mm)	Número médio de Sementes
II (Sofia®)	Polinização Aberta (PA)	100% (50/50)	n = 50	125.18 ± 53.28 a	63.21 ± 12.20 a	149.86 ± 62.95 a
	Autopolinização + pólen (P+)	96% (48/50)	n = 48	37.27 ± 19.52 b	37.04 ± 7.86 b	31.82 ± 17.55 b
	Autopolinização (VR)	92% (46/50)	n = 46	61.28 ± 33.54 c	47.00 ± 11.67 c	52.10 ± 28.24 c
I (Aguamiel®)	Polinização Aberta (PA)	100% (50/50)	n = 50	88.98 ± 22.94 a	50.80 ± 6.14 a	153.32 ± 50.07 a
	Autopolinização + pólen (P+)	84% (42/50)	n = 42	48.77 ± 27.44 b	39.54 ± 9.18 b	113.52 ± 53.01 b
	Autopolinização (VR)	98% (49/50)	n = 49	39.83 ± 15.33 c	38.07 ± 5.18 c	70.58 ± 31.89 c
II (Aguamiel®)	Polinização Aberta (PA)	100% (50/50)	n = 30	92.59 ± 20.34 A	51.28 ± 5.513 A	133.00 ± 29.78 A
	Autopolinização + pólen (P+)	90% (45/50)	n = 35	58.58 ± 23.63 B	42.98 ± 7.18 B	129.08 ± 50.15 B
	Autopolinização (VR)	94% (47/50)	n = 33	38.82 ± 20.94 C	36.56 ± 7.71 C	84.12 ± 37.87 C
	1ª visita por <i>Apis</i>	100% (36/36)	n = 36	81.28 ± 20.97 D	48.87 ± 5.47 D	108.75 ± 28.96 D
	1ª visita por <i>Bombus</i>	100% (12/12)	n = 12	96.02 ± 13.96 E	53.60 ± 8.24 E	135.96 ± 49.88 E

Os dados de polinização por primeira visita foram obtidos apenas na safra II/2013 do cultivar Aguamiel®, uma vez que as flores destinadas para este teste na safra I/2013, também do cultivar Aguamiel® não foram visitadas por nenhuma abelha, desta forma, não houve formação de frutos para serem analisados. As únicas abelhas que visitaram as flores destinadas a este tratamento, em número suficiente para análise, foram *A. mellifera* (n=36) e *Bombus* sp. (n=12). Todas as flores visitadas por essas abelhas nos tratamentos de polinização por primeira visita frutificaram (**Tabela 2**).

Na safra II/2012 do cultivar Sophia®, os frutos formados a partir de flores expostas (PA) foram maiores, mais pesados e com maior quantidade de sementes que os demais frutos. Houve diferença na massa ($F_{(2,141)} = 67,5$; $p < 0,05$), no diâmetro ($F_{(2,141)} = 71,9$; $p < 0,05$) e no número de sementes ($F_{(2,141)} = 134,8$; $p < 0,05$) dos frutos formados nos diferentes tratamentos (**Tabela 2**).

As safras I/2013 e II/2013 do cultivar Aguamiel® apresentaram diferenças significativas entre os parâmetros massa (g) ($W = 8376$; $p = 0,0048$) e diâmetro (mm) do fruto ($W = 8746$; $p < 0,05$), no entanto não diferiram estatisticamente quanto ao número de sementes formadas por fruto ($W = 9858$; $p > 0,5$).

Na safra I/2013 do cultivar Aguamiel®, houve diferença no peso médio dos frutos formados nos diferentes tratamentos de polinização ($F_{(2,139)} = 68,9$; $p < 0,05$). O tratamento de polinização influenciou no tamanho dos frutos ($F_{(2,139)} = 49,9$; $p < 0,05$). Os frutos formados a partir de flores autopolinizadas, que ficaram excluídas e assim não podendo receber a visitação polinizadores (VR), tiveram menor peso, aproximadamente 45% do peso dos tomates produzidos por flores livres para polinização e menor tamanho quando comparado com os dos outros tratamentos de polinização realizados (**Tabela 2**).

Na safra II/2013 do cultivar Aguamiel®, houve diferença no peso ($F_{(2,141)} = 36,4$; $p < 0,05$) e no diâmetro ($F_{(2,141)} = 28,1$; $p < 0,05$) dos frutos formados nos diferentes tratamentos de polinização. Os frutos formados a partir de flores visitadas por *Bombus* foram maiores, mais pesados e com maior quantidade de sementes que os frutos dos demais tratamentos. Frutos formados por flores visitadas por *A. mellifera* foram menores, mais leves e com menor quantidade

de sementes que os formados a partir de flores que ficaram expostas (PA), no entanto apresentaram maiores médias de tamanho, peso e número de sementes que os frutos formados de flores que ficaram restritas à ação de polinizadores (VR) (**Tabela 2**).

Os frutos produzidos a partir de flores visitadas por *Bombus* foram aproximadamente 16% mais pesados que os frutos formados de flores visitadas por *A. mellifera* e 54% mais pesados que os frutos formados de flores autopolinizadas espontaneamente, restritas à visitação (VR). O número médio de sementes formadas por fruto foi influenciado pelo tratamento de polinização tanto na Safra I ($F_{(2,139)} = 43,2$; $p < 0,05$) quanto na Safra II ($F_{(2,141)} = 8,67$; $p < 0,05$) ambas do cultivar Aguamiel® (**Tabela 2**).

4- Discussão

A riqueza de abelhas registradas visitando as flores do tomateiro na região de Coimbra foi considerada alta, uma vez que teve maior quantidade de indivíduos e espécies quando comparada com outros estudos sobre polinizadores do tomateiro em campo aberto (Deprá *et al.* 2013, De Melo e Silva Neto *et al.* 2013, Santos *et al.* 2014). Sabe-se que o manejo e a conservação dos habitats no entorno dos plantios podem ser fundamentais para garantir a presença e a qualidade dos polinizadores nas áreas agrícolas.

A importância de paisagens mais diversificadas e de melhor qualidade, a preservação dos remanescentes florestais no entorno dos plantios, a disponibilidade de recursos alimentares e de locais de nidificação para as abelhas, têm sido relatados por vários autores (Kearns *et al.* 1998, Steffan-Dewenter *et al.* 2001, 2002, Westphal *et al.* 2003, Klein *et al.* 2007, Kremen *et al.* 2007). Embora impactada e com grande cobertura de capim gordura (*Melinis minutiflora*), a região rural de Coimbra ainda conta com fragmentos de mata secundária no entorno das áreas agrícolas, formando capoeiras interruptas, fato que pode estar favorecendo a presença desses polinizadores na região.

A diferença na quantidade e no número de espécies de abelhas coletados nos dois anos de estudo pode ter sido consequência da sazonalidade (Hilário *et al.* 2000, Montemor e Malerbo Souza 2009), da atratividade das flores, consequência da diferença dos voláteis sintetizados pelos diferentes cultivares testados (Baptistella, 2013) ou possivelmente, devido a interação entre esses fatores. Portanto, investigações sobre como os fatores bióticos e abióticos podem interferir na comunidade de abelhas que coletam recursos nas flores do tomateiro, são fundamentais para o estabelecimento de estratégias que contribuam para aumentar a produtividade agrícola e para a preservação da população desses insetos nesses ambientes.

O padrão de ocorrência das abelhas encontrado nos dois anos pode estar relacionado ao ciclo de vida sazonal de algumas espécies (Mansingh 1971), à influência das condições climáticas inerentes a época do ano na atividade de forrageio delas (Antonini *et al.* 2005, Truylio e Harter-Marques 2007, Almeida-Soares *et al.* 2010, Polatto *et al.* 2012), além da oferta e qualidade dos recursos florais oferecidos no entorno durante o período de florescimento do cultivo.

Sabe-se que as flores do tomateiro não produzem néctar, sendo o pólen o único recurso oferecido para seus visitantes (Buchmann e Hurley 1978). Desta forma, a ocorrência de machos visitando as flores do tomateiro provavelmente se deve ao comportamento de patrulhar as fêmeas, para o estabelecimento de territórios (Thornhill e Alcock, 1983) ou como visita acidental devido à procura de néctar nas flores.

Quando se considera a diversidade de espécies de abelhas encontradas nas áreas de cultivos de tomateiro na região de Coimbra, fica clara a necessidade de manutenção de fontes alternativas de recursos para os períodos de entressafra, de modo a permitir a presença de espécies polinizadoras chave nas áreas de plantio ao longo de todo o ano. No entanto, apesar de extremamente importante para a manutenção da comunidade de polinizadores em áreas agrícolas, a manutenção da flora ruderal visando o forrageamento de polinizadores exige certa atenção do produtor, uma vez que algumas espécies podem ser nocivas ao cultivo e ainda podem abrigar pragas ou doenças (Fontes *et al.* 2003). No entanto, se manejadas adequadamente

podem ser importantes fontes de recursos para as abelhas, permitindo a manutenção e permanência desses polinizadores nas áreas nos períodos entressafras, como visto neste estudo.

A dominância de *A. mellifera* neste trabalho pode ser atribuída à capacidade dessa espécie de explorar recursos florais de um amplo espectro de plantas, sendo considerada generalista extremo (Roubik, 1989), além de apresentar amplo raio de voo e capacidade de adaptação a diferentes condições ambientais (Paranhos *et al.* 1997, Köppler *et al.* 2007). Embora colônias selvagens dessa espécie sejam comuns na região de Coimbra e arredores (observação pessoal), em plantios de tomate do híbrido Pioneiro, cultivados na região de Viçosa, *A. mellifera* foi uma espécie pouco frequente no ano de 2014 (Sandoval 2015).

Abelhas do gênero *Exomalopsis* têm sido frequentemente registradas como visitantes das flores de tomateiro em plantios em campo aberto (Deprá *et al.* 2013, de Melo e Silva Neto *et al.* 2013) e seu papel na polinização desta cultura tem sido satisfatório quando comparado com a produção na ausência de polinizadores (Santos *et al.* 2014, Sandoval 2015). *Exomalopsis* são abelhas comunais, com ninhos contendo até 884 fêmeas (Michener 2000), nidificam no solo (Silveira *et al.* 2002) e, embora importantes nas culturas de tomateiro, pouco se sabe acerca das condições necessárias para a manutenção dessas abelhas nas áreas agrícolas. Estudos nesse sentido são, portanto, necessários.

Em diversas culturas agrícolas, abelhas do gênero *Trigona* são consideradas visitantes desvantajosas, devido ao seu comportamento de forrageio (Johnson e Hubell 1974, Cobert e Willmer 1980). Estas abelhas são capazes de monopolizar o recurso alimentar, defendendo-o de outras abelhas, além de danificar com as mandíbulas os tecidos florais e dos frutos, causando danos aos produtores (Silva *et al.* 1997, Boiça Jr. *et al.* 2004). Embora *T. spinipes* tenha sido uma espécie frequente nos plantios de tomate, tal comportamento não foi observado.

Apesar da maioria das espécies registradas visitando as flores do tomateiro serem capazes de realizar *buzz pollination*, poucas têm sido utilizadas racionalmente para o propósito de polinização dirigida da cultura.

Alguns países têm utilizado espécies do gênero *Bombus* para esse fim e alcançado resultados satisfatórios (Palma *et al.* 2008; Whittington e Winston 2004). No entanto, a agressividade das espécies brasileiras de *Bombus* ainda é um entrave no manejo adequado destas abelhas. Uma alternativa tem sido a utilização de algumas poucas espécies de abelhas sem ferrão, como por exemplo, espécies do gênero *Melipona*. Apesar da adaptabilidade das abelhas sem ferrão em ambientes fechados, ainda ser um problema a ser superado, resultados satisfatórios na qualidade e na produção dos cultivos de tomateiro polinizados por essas abelhas nesses ambientes têm sido alcançados (Shipp 1994, Del Sarto 2005, Palma *et al.* 2008, Meyrelles 2013).

A diferença na taxa de frutificação encontrada entres os diferentes tratamentos de polinização pode estar relacionada à manipulação das flores durante a realização dos testes, assim como a fatores ligados a polinização. A variação da quantidade pólen depositado no estigma da flor, conseqüentemente, leva à uma variação no número de sementes formadas por fruto. Por sua vez, frutos com menor quantidade de sementes têm maior probabilidade de serem abortados (Stepheson 1981), o que ressalta a importância de agentes polinizadores eficientes na produção dos frutos.

A diferença na qualidade dos frutos oriundos de flores visitadas por *Bombus* em relação aos frutos oriundos de flores visitadas por *A. mellifera* reforça a importância do efeito da vibração na polinização da flor do tomateiro. Além do fato de vibrar, a intensidade da vibração, que pode variar de espécie para espécie (Buchmann e Nabhan 1996, Hrnecir *et al.* 2008, Nunes-Silva *et al.* 2013), tem relação direta com a quantidade de pólen depositado na superfície estigmática e que conseqüentemente, influencia na qualidade do fruto formado (Ilbi e Boztok 1994).

Embora, usualmente, apenas espécies capazes de vibrar as flores durante a visita sejam consideradas polinizadoras efetivas do tomateiro (Buchmann e Nabhan 1996, MCGregor 1976), *A. mellifera*, espécie exótica e que não vibra, se mostrou eficiente na polinização dessa cultura na região de Coimbra. A análise do comportamento de inserir a glossa no cone de anteras, comportamento denominado “ordenha” (Wille 1963, Thorp 2000), possibilita a deposição de grãos de pólen no estigma da flor, o que resulta na formação de

frutos mais pesados, maiores e com maior quantidade de sementes do que flores não visitadas por essa abelha.

É importante ressaltar que não só o comportamento do visitante floral é determinante para que uma espécie seja considerada potencial polinizadora de uma determinada cultura, sua frequência também é um determinante nessa efetividade. Dessa forma, aliado ao comportamento de forrageio de *A. mellifera* e aos resultados da qualidade dos frutos obtidos, a frequência dessas abelhas nos plantios analisados as fazem polinizadoras eficientes dos cultivos de tomateiro na região de Coimbra.

5- Considerações Finais

Diante da preocupação global acerca dos efeitos que um possível declínio dos polinizadores ou total desaparecimento dos mesmos possa acarretar na produção de culturas de importância agrícola, trabalhos que visam a polinização aplicada devem abranger também estudos sobre a biologia e comportamento dos polinizadores, o que inclui os hábitos de nidificação e fontes de outros recursos utilizados.

No Brasil, é necessário expandir o conhecimento sobre as interações entre as abelhas e plantas agrícolas, pois esse conhecimento proporciona bases científicas para a tomada de decisões em relação à conservação dos polinizadores e também fornece novas alternativas para a agricultura.

6- Conclusão

1 - O presente estudo evidenciou a importância da presença das abelhas nos plantios de tomate em campo aberto, ressaltando a importância da ação desses polinizadores na formação de frutos de melhor qualidade nos cultivos de Coimbra, Minas Gerais.

2 - A vegetação ruderal presente nos períodos entressafras pode ter contribuído para a permanência das espécies de abelhas polinizadoras do tomateiro na área mesmo fora do período de floração do cultivo.

3 – Embora, usualmente, apenas espécies capazes de realizar o *buzz pollination* sejam consideradas potenciais polinizadores do cultivo de tomateiro, *A. mellifera*, espécie não vibradora, se mostrou eficiente na polinização da flor do tomateiro nos plantios em Coimbra.

7- Agradecimento

Agradecemos à FAO/ GEF/ PNUMA/ FUNBIO/ CNPq (Projeto de Conservação e Manejo de Polinizadores para Agricultura Sustentável através de uma Abordagem Ecosistêmica). A FAPEMIG e CAPES pelo apoio financeiro. Aos produtores rurais do Município de Coimbra. Aos professores Dr. Fernando Silveira e Dr. Eduardo Almeida pela identificação das abelhas.

8 - Referências

AIZEN, M.A.; GARIBALDI, L.A.; CUNNINGHAM, S.A.; KLEIN, A.M. How much does agriculture depend on pollinators? Lessons from long-term trends in crop production. **Annals of Botany**, v. 103, p.1579-1588, 2009.

ALMEIDA-SOARES, S.; POLATTO, L.P.; DUTRA, J.C.S.; TOREZANI SILINGARDI, H.M. Pollination of *Adenocalymma bracteatum* (Bignoniaceae): floral biology and visitors. **Neotropical Entomology**, v. 39(6), p. 941-948, 2010.

ANTONINI, Y.; SOUZA, H.G.; JACOBI, C.M.; MURY, F.B. Diversidade e comportamento dos insetos visitantes florais de *Stachytarpheta glabra* Cham. (Verbenaceae), em uma área de campo ferruginoso, Ouro Preto, MG. **Neotropical Entomology**, v. 34(4), p. 555-564, 2005.

BAPTISTELLA, A.R.O. **Uso e eficiência de abelhas sem ferrão (Apidae, Meliponini) na polinização do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill, Solanaceae) sob cultivo protegido.** 2013. *Tese (Doutorado)* - Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, SP.

BAWA, K.S. Plant-pollinator interactions in tropical rain forests. **Annual review of Ecology and Systematics**, p. 399-422, 1990.

BIESMEIJER, J.C.; ROBERTS, S.P.M.; REEMER, M.; OHLEMÜLLER, R.; EDWARDS, M.; PEETERS, T.; SCHAFFERS, A.P.; POTTS, S.G.; KLEUKERS, R.; THOMAS, C.D.; SETTELE, J.; KUNIN, W.E. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. **Science**, v.313(5785), p.351-354, 2006.

BOIÇA JR, A. L.; SANTOS, T. M.; PASSILONGO, J. *Trigona spinipes* (Fabr.) (Hymenoptera: Apidae) em espécies de maracujazeiro: flutuação populacional, horário de visitação e danos às flores. **Neotropical Entomology**, v. 33(2), p. 135-139, 2004.

BUCHMANN, S.L. Buzz pollination in angiosperms. In: JONES, C.E.; LITTLE, R.J. (Ed.). **Handbook of experimental pollination biology**. New York: Division of Van Nostrand Reinhold Company Inc, 1983. p.73-113.

BUCHMANN, S.L.; HURLEY, J.P. A biophysical model for buzz pollination in angiosperms. **Journal Theoretical Biology**, v. 72(4), p. 639-657, 1978.

BUCHMANN, S.L.; NABHAN, G.P. **The forgotten pollinators**. Washington: Island Press, 1996. 292p.

BUSCHINI, M.L.T. Species diversity and community structure in trap-nesting bees in Southern Brazil. **Apidologie**, v. 37(1), p. 58-66, 2006.

CAUICH, O.; QUEZADA-EUÁN, J.J.G.; MACIAS-MACIAS, J.O.; REYES-OREGEL, V.; MEDINA-PERALTA, S.; PARRA-TABLA, V. Behavior and

pollination efficiency of *Nannotrigona perilampoides* (Hymenoptera: Meliponini) on greenhouse tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) in subtropical Mexico. **Journal of Economic Entomology**, v. 97(2), p. 475-481, 2004.

COBERT, S.A.; WILLMER, P.G. Pollination of the yellow passion fruit: nectar, pollen and carpenter bee. **The Journal of Agricultural Science**, v. 95(3), 655-666, 1980.

CORBET, S. A.; WILLIAMS, I.H.; OSBORNE, J.L. Bees and the pollination of crops and wild flowers in the European Community. **Bee World**, v. 72(2), p. 47-59, 1991.

COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM S.; O'NEILL, R.V.; PARUELO, J.; RASKIN, R.G.; SUTTON, P.; VAN DEN BELT, M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Ecological Economics**, v. 1(25), p. 3-15, 1997.

CRANE, P.R.; FRIIS, E.M.; PEDERSEN, K.R. The origin and early diversification of angiosperms. **Shaking the Tree: Readings from Nature in the History of Life**, p. 233-250, 2000.

DAFNI, A.; KEVAN, P.G.; HUSBAND, B.C. **Practical Pollination Biology**. Ontario: Canada, 2005. 315p.

DE MELO E SILVA NETO, C.; LIMA, F.G.; GONÇALVES, B.B.; BERGAMINI, L.L.; BERGAMINI, B.A.R.; ELIAS, M.A.S.; FRANCESCHINELLI, E.V. Native bees pollinate tomato flowers and increase fruit production. **Journal of Pollination Ecology**, v. 11(6), p. 41-45, 2013.

DELAPLANE, K.S.; MAYER, D.F **Crop pollination by bees**. New York: Cabi Publishing, 2000. 352p.

DEL SARTO, M.C.L.; PERUQUETTI, R.C.; CAMPOS L.A.O. Evaluation of the neotropical stingless bee *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae) as pollinator of greenhouse tomatoes. **Journal of Economic Entomology**, v. 98(2), p. 260-266, 2005.

DEPRÁ, M.S.; DELAQUA, G.C.G.; FREITAS, L.; GAGLIANONE, M.C. Pollination deficit in open-field tomato crops (*Solanum lycopersicum* L., Solanaceae) in Rio de Janeiro state, southeast Brazil. **Journal of Pollination Ecology**, v. 12, p. 1-8, 2013.

FAEGRI, K.; VAN DER PIJL, L. **The principles of pollination ecology**. New York: Pergamon Press, Elsevier. 1979. p.244.

FONTES, J.R.A.; SHIRATSUCHI, L.S.; NEVES, J.L.; DE JÚLIO, L.; FILHO, J.S. **Manejo Integrado de Plantas Daninhas**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Documento 103, 2003.

FREE, J. B. Insect pollination of crops. In.: **Insect pollination of crops**. London: Academic Press, 1970. p. 544.

FREITAS, B. M.; NUNES-SILVA, P. Polinização agrícola e sua importância no Brasil. In.: IMPERATRIZ-FONSECA. V.L.; SARAIVA, A.M.; CANHOS, D.A.; ALVES, D.A. **Polinizadores no Brasil. Contribuição e Perspectivas Para a Biodiversidade, Uso Sustentável, Conservação e Serviços Ambientais**. São Paulo, EDUSP, 2012. p. 488.

GALLAI, N.; SALLES, J.M.; SETTELE, J.; VAISSIÈRE, B.E. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. **Ecological economics**, v. 68(3), p. 810-821, 2009.

GHAZOUL, J. Buzziness as usual? Questioning the global pollination crisis. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 20(7), p. 367-373, 2005.

HEARD, T.A. The role of stingless bees in crop pollination. **Annual Review of Entomology**, v. 44(1), p. 183-206, 1999.

HILÁRIO, S.D.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; KLEINERT, A.M.P. Flight activity and colony strength in the stingless bee *Melipona bicolor bicolor* (Apidae, Meliponinae). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 60(2), p. 299-306, 2000.

HRNCIR M.; GRAVEL, A.I.; SCHORKOPF, D.L.P.; SCHMIDT, V.M.; ZUCCHI, R.; BARTH, F.G. Thoracic vibrations in stingless bees (*Melipona seminigra*): resonances of the thorax influence vibrations associated with flight but not those associated with sound production. **Journal of Experimental Biology**, v. 211(5), p. 678-685, 2008.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil, Rio de Janeiro, v. 29(1), p.1-83, janeiro de 2015.

ILBI, H.; BOZTOK, K. The effects of different truss-vibration durations on pollination and fruit set of greenhouse grown tomatoes. In: **II Symposium on Protected Cultivation of Solanacea in Mild Winter Climates 366**. 1993. p. 73-78.

IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. Polinização: os desafios de um Brasil biodiverso para o uso dos serviços ambientais prestados pelas abelhas. In.: **Anais da II Semana dos Polinizadores**, Documento 229, p. 48-58, 2010.

IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; NUNES-SILVA, P. As abelhas, os serviços ecossistêmicos e o Código Florestal Brasileiro. **Biota Neotropica**, v. 10(4), p. 59-62, 2010.

JOHNSON, L.K.; HUBBEL, S.P. Aggression and competition among stingless bees: field studies. **Ecology**, v. 55, p. 120-127, 1974.

KEARNS, C.A.; INOUE, D.W.; WASER, N.M. Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, v. 29, p. 83-112, 1998.

KLEIN, A. M.; STEFFAN-DEWENTER, I.; BUCHORI, D.; TSCHARNTKE, T. Effects of land-use intensity in tropical agroforestry systems on coffee flower-visiting and trap-nesting bees and wasps. **Conservation Biology**, v. 16(4), p. 1003 -1014, 2002.

KLEIN, A.M.; VAISSIERE, B.E.; CANE, J.H.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S.A.; KREMEN, C.; TSCHARNTKE, T. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 274(1608), p. 303-313, 2007.

KÖPPLER, K.; VORWOHL, G.; KOENIGER, N. Comparison of pollen spectra collected by four different subspecies of the honeybee *Apis mellifera*. *Apidologie*, v. 38(4), p. 341-353, 2007.

KREMEN, C.; WILLIAMS, N.M.; BUGG, R.L.; FAY, J.P.; THORP, R.W. The area requirements of an ecosystem service: crop pollination by native bee communities in California. **Ecology Letters**, v. 7(11), p. 1109 – 1119, 2004.

KREMEN, C.; WILLIAMS, N.M.; AIZEN, M.A.; GEMMILLHERREN, B.; LEBUHN, G.; MINCKLEY, R.; PACKER, L.; POTTS, S.G.; ROULSON, T.; STEFFAN-DEWENTER, I.; VÁZQUEZ, D.P.; WINFREE, R.; ADAMS, L.; CRONE, E.E.; GREENLEAF, S.S.; KEITT, T.H.; KLEIN, A.M.; REGETZ, J.; RICKETTS, T.H. Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. **Ecology Letters**, v. 10(4), p. 299-314, 2007.

MALAGODI-BRAGA, K.S. **Estudo de agentes polinizadores em cultura de morango (*Fragaria x ananassa* Duch.– Rosaceae)**. 2002. 104p. Tese

(Doutorado), Universidade de São Paulo, Departamento de Ecologia, São Paulo, SP.

MANSINGH, A. Physiological classification of dormancies in insects. **The Canadian Entomologist**, v. 121(7), p. 745-756, 1971.

MCGREGOR, S.E. **Insect pollination of cultivated crop plants**. Agriculture Handbook n°496. Washington DC: US Department of Agriculture, 1976, p. 411.

MEIRELLES, B.G. **Polinização do tomate cereja por abelhas nativas em cultivo protegido**. 2013. 35p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MENEZES, C.; SILVA, C.I.; SINGER, R.B.; KERR, W.E. Competição entre abelhas durante forrageamento em *Schefflera arboricola* (Hayata). **Bioscience Journal**, v. 23, p. 63-69, 2007.

MICHENER, C.D. **The bees of the world**. Johns Hopkins University Press. 2000. 913pp.

MONTEMOR K.A.; MALERBO SOUZA, D.T. Biodiversidade de polinizadores e biologia floral em cultura de berinjela (*Solanum melongena*). **Zootecnia Tropical**, v. 27, p. 97-103, 2009.

NUNES-SILVA, P., HRNCIR, M., DA SILVA, C.I. ROLDAO, Y.S. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. The behaviour of *Bombus impatiens* (Apidae, Bombini) on tomato (*Lycopersicon esculentum*, Mill., Solanaceae) flowers: Pollination and Reward Perception. **Journal of Pollination Ecology**, v. 11(5), p. 33-40, 2013.

PAINI, D.R.; WILLIAMS, M.R.; ROBERTS, J.D. No short-term impact of honeybee on the reproductive success of an Australian native bee. **Apidologie**, v. 36(4), p. 613-621, 2005.

PALMA, G.; QUEZADA-EUÁN, J.J.G.; REYES-OREGEL, V.; MELÉNDEZ, V.; MOO-VALLE, H. Production of greenhouse tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) using *Nannotrigona perilampoides*, *Bombus impatiens* and mechanical vibration (Hym.: Apoidea). **Journal of Applied Entomology**, v. 132(1), p. 79-85., 2008.

PARANHOS, B.A.J.; WALDER, J.M.M.; CHAUD NETO, J. Flight range of africanized honeybees, *Apis mellifera* L. 1750 (Hymenoptera: Apidae) in an apple grove. **Scientia Agricola**, v. 54(1-2), p. 85-88, 1997.

PAXTON, R.J.; BANDA, H.J. Pollination of plastic house tomatoes by bees. **Acta Horticulturae**, v. 288, p. 194-198, 1991.

POLATTO, L.P.; CHAUD-NETTO, J.; DUTRA, J.C.S.; ALVES JUNIOR, V.V. Exploitation of floral resources on *Sparattosperma leucanthum* (Bignoniaceae): foraging activity of the pollinators and the nectar and pollen thieves. **Acta Ethologica**, v. 15(1), p. 119-126, 2012.

ROSA, A.S., BLOCHTEIN, B. & LIMA, D.C. Potential honey bee contribution to canola pollination in southern Brazil. **Scientia Agricola**, v. 68(2), p. 255-259, 2011.

SANDOVAL, E.Y.S. **Polinização por abelhas (Hymenoptera: Apoidea) no tomateiro em diferentes sistemas de cultivo no município de Viçosa, Minas Gerais**. 2015. 56p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SANTOS, A.O.R.; BARTELLI, B.F.; NOGUEIRA-FERREIRA, F.H. Potential pollinators of tomato, *Lycopersicon esculentum* (Solanaceae), in open crops and the effect of a solitary bee in fruit set and quality. **Journal of Economic Entomology**, v. 107(3), p. 987-994, 2014.

SCATOLINI, D; PENTEADO-DIAS, A. M. Análise faunística de Braconidae (Hymenoptera) em três áreas de mata nativa do Estado do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 47(2), p. 187-195, 2003.

SHIPP, J.L.; WHITFIELD, G.H.; PAPADOPOULOS, A.P. Effectiveness of the bumblebee, *Bombus impatiens* (Hymenoptera: Apidae), as a pollinator of greenhouse sweet pepper. **Scientia Horticulturae**, v. 57(1), p. 29-39, 1994.

SILVA, M.M.; BUCKNER, C.H.; PIKANÇO M.; CRUZ, C.D. Influência de *Trigona Spinipes* Fabr. (Hymenoptera Apidae) na polinização do Maracujazeiro Amarelo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 26(2), p. 217-221, 1997.

SILVA, E.M.S.; FREITAS, B.M.; SILVA, L.A.; CRUZ, D.O.; BOMFIM, I.G.A. Effect of the different number of flowers by the stingless *Melipona subnitida* to the fruit set of greenhouse Sweet Pepper (*Capsium annum* L.). In: **8th International Conference on Tropical Bess and VI Encontro sobre Abelhas**. Ribeirão Preto, SP. 2004.

SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; VILA NOVA, N.A. **Manual de ecologia dos insetos**. Piracicaba: Ceres, 1976. 419pp.

THORNHILL, R. e Alcock, J. **The evolution of insect mating systems**. Harvard University Press, 1983. 547pp.

RICKETTS, T.H., REGETZ, J., STEFFAN-DEWENTER, I., CUNNINGHAM, S.A., BOGDANSKI, A., GEMMILL-HERREN, B., GREENLEAF, S.S., KLEIN, A.M., MAYFIELD, M.M. & MORANDIN, L.A. ET AL. Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? **Ecology Letters**, v. 11(5), p. 499-515, 2008.

RIZZARDO, R.; FREITAS, B.; MILFONT, M.; SILVA, E. A polinização de culturas oleaginosas com potencial para produção de biodiesel: um estudo de

caso com a mamona (*Ricinus communis* L.). In.: **Anais do VIII Encontro Sobre Abelhas**, v. 8, p. 72-79, 2008.

ROUBIK, D.W. Foraging and pollination. In.: **D.W. Roubik (ed.) Ecology and natural history of tropical bees**. Cambridge University Press, Cambridge, England.1989, 514p.

ROUBIK, D.W.; WOLDA, H. Do competing honey bees matter? Dynamics and abundance of native bees before and after honey bee invasion. **Population Ecology**, v. 43(1), p. 53-62, 2001.

SILVEIRA, F. A.; MELO, G. A.; ALMEIDA, E. A. **Abelhas brasileiras: sistemática e identificação**. Belo Horizonte, MG. 2002. 253p.

STEFFAN-DEWENTER, I.; MÜNZENBERG, U.; TSCHARNTKE, T. Pollination, seed set and seed predation on a landscape scale. **Proceedings of the Royal Society of London. Biological Sciences**, v. 268(1477), p. 1685-1690, 2001.

STEFFAN-DEWENTER, I.; MÜNZENBERG, U.; BÜRGER, C.; THIES, C.; TSCHARNTKE, T. Scale dependent effects of landscape context on three pollinator guilds. **Ecology**, v. 15(5), p. 1421-1432, 2002.

STEPHESON, A.G. Flower and fruit abortion: proximate causes and ultimate functions. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 12, p. 253-279, 1981.

THORP, R.W. The collection of pollen by bees. **Plant Systematics and Evolution**, v. 222, p. 211-223, 2000.

TRUYLIO, B.; HARTER-MARQUES, B. A comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em áreas florestais do Parque Estadual de Itapuã (Viamão, RS): diversidade, abundância relativa e atividade sazonal. **Iheringia Zoologia**, v. 97, p. 392-399, 2007.

WESTPHAL, C.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. Mass flowering crops enhance pollinator densities at a landscape scale. **Ecology Letters**, v. 6(11), p. 961-965, 2003.

WHITTINGTON R.; WINSTON M.L. Comparison and examination of *Bombus occidentalis* and *Bombus impatiens* (Hymenoptera; Apidae) in tomato greenhouse. **Journal of Economic Entomology**, v.97(4), p. 1384-1389, 2004.

WILLE, A. Behavioral Adaptation of bees for pollen collecting from *Cassia Flowers*. **Revista de Biología Tropical**, v. 11(2), p. 205-210, 1963.

WILLIAMS, I.H.; CORBET, S.A.; OSBORNE, J.L. Beekeeping, wild bees and pollination in the European Community. **Bee World**, v. 72(4), p. 170-180, 1991.

Capítulo II

O USO DE PAN TRAPS NA AMOSTRAGEM DA FAUNA APÍCOLA EM ÁREAS DE CULTIVO DE TOMATEIRO

RESUMO

O recente interesse na amostragem de polinizadores em áreas agrícolas, motivado pela preocupação com o declínio da população dos mesmos, alertou para a necessidade da padronização de um método de coleta que permita comparações futuras entre os estudos auxiliando o entendimento da dinâmica dos polinizadores nesses ambientes. Desta forma, o nosso objetivo foi amostrar a fauna de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em áreas de cultivo de tomateiro (*Solanum lycopersicum*, Solanaceae), no município de Coimbra, Minas Gerais; comparar as comunidades de abelhas ocorrentes nas áreas dos cultivos de tomateiro durante a safra e no período entressafras e avaliar a eficiência das *pan traps* na amostragem de abelhas em geral e polinizadoras do tomateiro em particular, neste ecossistema. O estudo foi desenvolvido em áreas de cultivo de tomateiros dos cultivares Sophia® e Aguamiel® nos anos de 2012 e 2013, respectivamente. Foram utilizadas *pan traps* nas cores azul, amarelo, branco e branco com verniz, pintadas com tinta luminosa (Colorgin®). Foram coletados no total 868 indivíduos, sendo 85% fêmeas e 15% machos, pertencentes a 62 espécies. A família mais abundante foi Apidae, com 55% dos indivíduos coletados. *Dialictus* foi o gênero mais diverso, com 11 espécies coletadas e *Apis mellifera*, a espécie mais abundante com aproximadamente 15% dos indivíduos coletados. Armadilhas pintadas de azul foram mais atrativas às abelhas, coletando maior diversidade e abundância de indivíduos, seguida das cores amarela, branca e branca com verniz. Os resultados mostram a importância do uso de diferentes métodos de coleta na amostragem da fauna de abelhas de uma região, bem como a importância da associação de diferentes cores de *pan traps*. Estas foram eficientes na amostragem de abelhas potenciais polinizadores do cultivo de tomate na região de Coimbra.

Palavras-chave: *Buzz pollination*, *Solanum lycopersicum*, monitoramento.

ABSTRACT

The recent interest in sampling of pollinators in agricultural areas, motivated by concern for their population decline, warned for the need for standardization of a collection method that will allow future comparisons among these studies, aiding the understanding of the dynamics of pollinators in these environments. Thus, the present study aimed to sample the bee fauna (Hymenoptera, Apidae) in areas of cultivation of tomato (*Solanum lycopersicum*, Solanaceae) in the city of Coimbra, Minas Gerais; compare the communities of bees occurring in the areas of tomato crops during the harvest period and dry season and assess the efficiency of pan traps in sampling bees in general and pollinators of tomato crops particularly, in this ecosystem. The study was conducted in areas of tomato plantations, using Sophia® and Aguamiel® cultivars, in the years 2012 and 2013, respectively. Pan traps were used in blue, yellow, white and white with varnish, painted with bright varnish (Colorgin®). It was collected in total 868 individuals, 85% females and 15% males, belonging to 62 species. The most abundant family was *Apidae* with 55% of the collected individuals. *Dialictus* was the most diverse genus with 11 species collected and *Apis mellifera*, the most abundant species, ranging about 15% of the collected individuals. Painted blue traps were more attractive to bees, collecting greater diversity and abundance of individuals, followed by yellow, white and white with varnish. The results show the importance of using different collection methods in sampling bee fauna of a region, and the importance of the association of different colors of pan traps. The pan traps were effective in sampling potential bee pollinators of tomato crops in the region of Coimbra.

Keywords: *Buzz pollination*, *Solanum lycopersicum*, monitoring.

1 - INTRODUÇÃO

Os polinizadores constituem um dos mais importantes componentes da biodiversidade, pois garantem o sucesso reprodutivo da maioria das espécies vegetais (Potts *et al.* 2010). Os insetos são considerados importantes polinizadores de muitas plantas, sendo as abelhas o grupo mais diverso e abundante de polinizadores (Michener 2000).

Muitas plantas de importância econômica dependem dos serviços de polinização prestado pelas abelhas para que haja a formação de frutos e sementes (Richards 2001, Maués 2002) ou para o aumento da quantidade e qualidade de frutos e sementes formados (Westerkamp e Gottsberger 2002, Malerbo-Souza *et al.* 2003, Deprá *et al.* 2013). No entanto, pouco se sabe acerca da biodiversidade desses polinizadores em áreas agrícolas, sendo estes estudos restritos a algumas poucas culturas.

O recente interesse na amostragem de polinizadores em áreas agrícolas, muitas vezes motivado pela preocupação com o declínio da população dos mesmos (Goulson *et al.* 2008, Cameron *et al.* 2011), alertou para a necessidade da padronização de um método de coleta que permita comparações futuras entre os recentes estudos, auxiliando o entendimento da dinâmica dos polinizadores nesses ambientes.

Nesse sentido, um método de coleta desenvolvido há relativamente pouco tempo, mas cada vez mais utilizado como ferramenta de amostragem da comunidade de polinizadores em áreas agrícolas envolve a utilização de armadilhas coloridas, conhecidas como *pan traps* (Roulston *et al.* 2007, Campbell e Hanula 2007, Westphal *et al.* 2008). Esse método de coleta não requer a utilização de equipamentos especializados, sendo um método de coleta de baixo custo e por ser um método de coleta passivo, não sofre a influência da habilidade e experiência do coletor nas amostragens (Campbell e Hanula 2007, Gollan *et al.* 2011).

Os insetos de modo geral são atraídos pelas diferentes formas, cores, tamanho e fragrâncias das flores (Niesenbom *et al.* 1999), sendo a cor o

atrativo mais importante (Kevan e Backhaus 1998). Dessa forma, as cores das *pan traps* influenciam na captura dos polinizadores devido à similaridade das armadilhas com as flores (Kevan 1972, Dafni 1992, Aguiar e Sharkov 1997, Campbell e Hanula 2007).

O uso das *pan traps* é considerado um método eficaz na captura de um amplo espectro de visitantes florais (Roulston *et al.* 2007, Campbell e Hanula, 2007, Westphal *et al.* 2008), especialmente espécies de abelhas e dípteros (Roulston *et al.* 2007). No entanto, alguns autores mencionam que esse método pode não estimar com precisão a fauna de polinizadores de uma determinada área, sendo recomendável aliá-lo a outros métodos de coleta (Cane *et al.* 2000).

O Brasil é atualmente um dos maiores produtores agrícolas a nível mundial. É o oitavo maior produtor de tomate do mundo, com aproximadamente 65 mil hectares plantados e produção de quatro milhões de toneladas (IBGE 2015). A tomaticultura gera cerca de 1,5 bilhões de reais por ano no Brasil, representando um dos maiores mercados da produção agrícola nacional. O estado de Minas Gerais é o segundo maior produtor no território nacional, responsável por aproximadamente 25% dessa produção.

Estudos recentes têm demonstrado o papel das abelhas na polinização do tomateiro em cultivos protegidos (Del Sarto 2005, Macias e Macias 2000, Meyrelles 2013) e também em cultivos em campo aberto (Deprá 2013, Melo Silva e Neto 2013, Sandoval 2015). Apesar da importância das abelhas na polinização e conseqüentemente na produção dos cultivos de tomate, pouco se sabe acerca da comunidade de abelhas presente nas áreas de cultivo de tomate em campo aberto nas diferentes regiões.

Dessa forma, os nossos objetivos foram: a) amostrar a fauna de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em áreas de cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*, Solanaceae), no município de Coimbra, Minas Gerais; b) comparar as comunidades de abelhas ocorrentes nas áreas dos cultivos de tomate durante a safra e no período entressafras e c) avaliar a eficiência das *pan traps* na amostragem de abelhas em geral e polinizadoras do tomateiro em particular, nesse ecossistema.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

2.1 - Área de Estudo

O estudo foi desenvolvido em quatro propriedades agrícolas do município de Coimbra (20 °51'31"S e 42 °48'21"N – 720m), Zona da Mata de Minas Gerais, Brasil. O clima da região é classificado como subtropical úmido (Köppen-Geiger), com temperatura média anual de 19,4°C e precipitação pluviométrica anual média de 1.221,4mm. A vegetação original da região de Coimbra é do tipo floresta tropical subperenifólia, pertencente ao ecossistema da Mata Atlântica.

2.2 - Metodologia de Coleta

As coletas foram realizadas em áreas de plantios de tomate (*S. lycopersicum*, Solanaceae), no período de abril de 2012 a dezembro de 2013, durante os períodos de safra e nos períodos de entressafra. O cultivo de tomate na região ocorre ao longo de todo o ano, sendo normalmente cultivadas duas safras ao ano: uma entre os meses de janeiro a junho, com floração entre março a maio; e outra no período de julho a dezembro, com floração entre setembro e novembro.

No total onze plantios foram acompanhados, destes sete (n=7) plantios eram do cultivar Sophia® cultivados no ano de 2012 e quatro (n=4) plantios eram do cultivar Aguamiel® cultivados no ano de 2013.

Para a coleta das abelhas, foram utilizadas *pan traps* (adaptado de Westphal *et al.* 2008), que consistiam em recipientes plásticos redondos com volume de 200ml (Plásticos Rainha®) contendo água com detergente neutro, para quebrar a tensão superficial da água (Kearns e Inouye 1993). As cores das *pan traps* utilizadas foram: branca (na cor original dos recipientes), azul, amarela e branca com verniz fosco, pintadas com tinta acrílica spray ColorGin® Luminosa.

Para avaliar as propriedades colorimétricas das cores das *pan traps* utilizadas, as curvas de refletância espectral (**Figura 1**) foram medidas usando o espectrômetro portátil para refletância de contato FieldSpec® 4 Standard-Res Spectroradiometer.

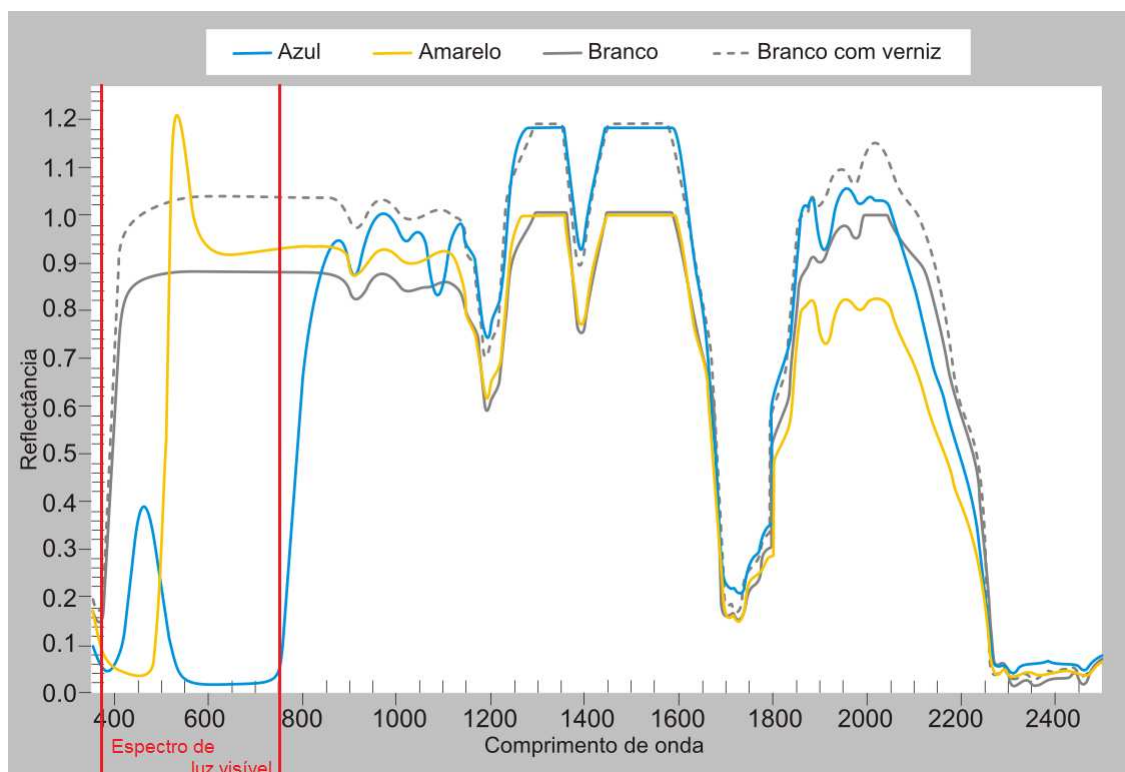


Figura 1: Gráfico de refletância das cores das *pan traps* utilizadas na coleta de abelhas em áreas de cultivo de tomate, no município de Coimbra, Minas Gerais. O comprimento de onda entre as linhas vermelhas corresponde ao espectro de luz visível ao olho humano (370 a 750nm).

As armadilhas foram distribuídas em pontos fixos nas áreas dos plantios, onde cada ponto era composto por um conjunto de quatro armadilhas, uma de cada cor, dispostas em plataformas de madeira, ajustável de acordo com a altura da floração dos tomateiros, durante a florada do cultivo ou, na altura das plantas ruderais nos períodos de entressafra. Em cada dia de coleta as armadilhas ficavam expostas no campo por 24 horas (**Figura 2**).



Figura 2: Suportes de madeira reguláveis com pan traps instalados em áreas de cultivo de tomate. **A** – Conjunto de *pan traps* instaladas durante o período de florescimento do tomateiro; **B** – *pan trap* azul instalada fora do período de cultivo do tomateiro. As setas coloridas indicam as cores das *pan traps* nos suportes.

No laboratório, os espécimes coletados foram triados, separando-se as abelhas dos demais insetos. Estas foram lavadas em álcool 70°GL, secas em papel absorvente, montadas em alfinetes entomológicos, etiquetadas e identificadas, utilizando-se chaves de identificação disponíveis na literatura (Silveira *et al.* 2002). A identificação das abelhas foi confirmada por especialistas e foram depositadas na coleção do Museu Regional de Entomologia da Universidade Federal de Viçosa, na Coleção Entomológica das Coleções Taxonômicas da Universidade Federal de Minas Gerais e na Coleção Entomológica Prof. J. M. F. Camargo (RPSP) da Universidade de São Paulo. Os demais insetos capturados foram conservados em frascos de vidros contendo álcool 70% com etiquetas de papel vegetal onde constam dados de identificação (data, local, cor da armadilha).

2.3 - Análise dos Dados

A fauna de abelhas foi caracterizada qualitativamente e quantitativamente através do número de famílias, gêneros, espécies e indivíduos coletados. A frequência relativa das abelhas coletadas foi calculada

utilizando-se a fórmula: $f_i = ni/N \times 100$, onde f é a porcentagem de frequência relativa da espécie i , n é o número de indivíduos da espécie i e N o número total de indivíduos (Silveira Neto 1976).

Para comparar a abundância e riqueza de espécies coletadas no período da safra e de entressafra, os dados foram analisados quanto a sua normalidade utilizando-se o teste Shapiro-Wilks. Em seguida os dados de riqueza foram comparados através do teste T de Student (teste t) e os dados de abundância comparados através do teste Wilcoxon Mann-Whitney (teste U). O efeito da cor na atratividade das abelhas, foi avaliado utilizando-se o teste de Kruskal-Wallis, a nível de confiança de 95%. As análises foram realizadas utilizando o software Statistica 10.0.

As espécies de abelhas consideradas potenciais polinizadores do cultivo de tomate foram aquelas capazes de realizar *buzz pollination* (Buchmann 1983, McGregor 1976). Os visitantes florais do tomateiro foram determinados segundo Netto 2015 (capítulo I desta tese).

3 - RESULTADOS

Foram coletados 868 indivíduos, sendo 738 fêmeas (85%) e 130 machos (15%), pertencentes a três famílias (Andrenidae, Apidae e Halictidae), 30 gêneros e 62 espécies. No período de safra, foram coletados 599 indivíduos pertencentes a 52 espécies e no período de entressafra, foram coletados 269 indivíduos pertencentes a 38 espécies (**Tabela 1**). Do total, 45% das espécies coletadas ocorreram tanto nos períodos de safra quanto nos períodos de entressafra.

Não houve diferença significativa quanto à abundância ($U=143$; $p>0,05$) e riqueza ($t=1,07$; $p>0,05$) de abelhas coletadas nos períodos com e sem o cultivo de tomate (**Tabela 1**).

Tabela 1: Abelhas coletadas com *pan traps* em áreas de cultivo de tomateiro (*Solanum lycopersicum*) nos anos de 2012 e 2013, durante os períodos de safra e de entressafra. LEGENDA: n= número total de coletas; dados seguidos da mesma letra não diferiram significativamente.

PERÍODO	COLETAS	ABUNDÂNCIA		RIQUEZA		INDIVÍDUOS POR COLETA	ESPÉCIE POR COLETA
		♀	♂	♀	♂		
SAFRA	n = 24	483	116	46	21	24.9 ± 23.79 a	2.17 a
ENTRESSAFRA	n = 14	255	14	38	6	19.21 ± 20.08 a	2.70 a
Total		738	130	57	23		

A família mais abundante foi Apidae com 55% dos indivíduos coletados, seguida por Halictidae com 43% e Andrenidae com 2%. *Dialictus* foi o gênero mais diverso, com 11 espécies coletadas, seguido por *Exomalopsis*, com 08 espécies. *Apis mellifera* foi a espécie mais abundante com 127 indivíduos coletados, seguida por *Melitoma segmentaria* e *Dialictus picadensis* com 122 e 81 indivíduos, respectivamente (Tabela 2).

A tabela 2 apresenta as espécies de abelhas coletadas em *pan traps* coloridas com cada uma das cores utilizadas neste estudo e a classificação das espécies quanto ao potencial de serem polinizadoras do cultivo de tomate (abelhas capazes de realizar *buzz pollination*) e quais espécies são visitantes florais do tomateiro segundo Netto (2015 – Capítulo I desta tese), coletadas nos mesmos plantios e época do presente estudo.

Das 62 espécies de abelhas coletadas nas *pan traps*, destas, 35 espécies são potenciais polinizadoras do cultivo de tomate, 28 espécies são visitantes florais do tomateiro, das quais 22 são potenciais polinizadores (Netto 2015 – Capítulo I desta tese). Em torno de 35% das espécies coletadas nas *pan traps* são visitantes e potenciais polinizadores do tomateiro (Tabela 2).

Tabela 2: Abelhas coletadas com *pan traps* de diferentes cores, em áreas de plantio de tomate (*Solanum lycopersicum*, Solanaceae) no município de Coimbra, Minas Gerais. Legenda: **F**= frequência relativa; **V**= visitante floral do tomateiro segundo Neto (2015 capítulo I desta tese); **P**= potencial polinizador do tomateiro; *realizam *buzz pollination*; **as fêmeas realizam *buzz pollination*; ***Embora não vibre, realiza *buzz pollination*, são capazes de polinizar a flor do tomateiro (Neto 2015 – Capítulo I desta tese).

Famílias	Espécies	Cores das <i>pan traps</i>				Total	F (%)	Sexo	Classificação
		Amarelo	Azul	Branco	Branco com verniz				
Andrenidae	<i>Anthrenoides meridionalis</i> (Schrottky, 1906)	0	2	0	0	2	0.23	♀	-
	<i>Cephalurgus anomalus</i> (Moure & Lucas de Oliveira, 1962)	0	0	0	1	1	0.12	♀	V
	<i>Oxaea flavescens</i> (Klug, 1807) *	5	3	5	1	14	1.61	♀♂	V / P
Apidae	<i>Ancylloscelis apiformis</i> (Fabricius, 1793)	7	2	1	2	12	1.38	♀♂	-
	<i>Apis mellifera</i> (Linnaeus, 1758)***	26	33	24	44	127	14.63	♀	V
	<i>Bombus (Fervidobombus) morio</i> (Swederus, 1787) *	1	10	0	0	11	1.27	♀	V / P
	<i>Bombus (Fervidobombus) pauloensis</i> (Friese, 1913) *	0	1	0	0	1	0.12	♀	V / P
	<i>Ceratina (Crewella) sp1</i> *	0	1	0	0	1	0.12	♀	P
	<i>Ceratina (Crewella) sp2</i> *	0	0	1	1	2	0.23	♀♂	P
	<i>Epicharis (Epicharana) flava</i> (Friese, 1900) *	0	1	1	0	2	0.23	♀♂	P
	<i>Euglossa</i> sp. *	0	0	1	0	1	0.12	♀	P
	<i>Eulaema (Apeulaema) nigrita</i> (Lepeletier, 1841)**	0	1	0	0	1	0.12	♂	-
	<i>Exomalopsis (Exomalopsis) analis</i> (Spinola, 1853) *	10	6	1	1	18	2.07	♀♂	V / P
	<i>Exomalopsis (Exomalopsis) auropilosa</i> (Spinola, 1853) *	28	10	4	6	48	5.53	♀♂	V / P
	<i>Exomalopsis (Exomalopsis) collaris</i> (Friese, 1899) *	0	0	1	0	1	0.12	♀	V / P
	<i>Exomalopsis (Exomalopsis) elephantopodis</i> (Friese, 1899) *	0	1	1	1	3	0.35	♀	V / P
	<i>Exomalopsis (Exomalopsis) fernandoi</i> (Moure, 1990) *	2	5	2	1	10	1.15	♀	V / P
	<i>Exomalopsis (Exomalopsis) fulvofasciata</i> (Smith, 1879) *	2	8	3	0	13	1.50	♀♂	V / P
<i>Exomalopsis (Exomalopsis) ypirangensis</i> (Schrottky, 1910) *	0	2	0	0	2	0.23	♀	V / P	
<i>Exomalopsis</i> sp. **	1	1	0	1	3	0.35	♂	-	

Cont...

Cont...

Famílias	Espécies	Amarelo	Azul	Branco	Branco	Total	F (%)	Sexo	Classificação
					com verniz				
	<i>Florilegus (Euflorilegus) affinis</i> (Urban,1970)**	1	0	0	0	1	0.12	♂	-
	<i>Melipona (Melipona) quadrifasciata</i> (Lepeletier, 1836) *	0	2	0	0	2	0.23	♀	V / P
	<i>Melissodes (Eclipetica) nigroaenea</i> (Smith, 1854) *	0	1	0	0	1	0.12	♀	P
	<i>Melissoptila boanaerensis</i> (Holmberg, 1903) **	0	1	0	0	1	0.12	♂	-
	<i>Melitoma segmentaria</i> (Fabricius, 1804)	6	109	6	1	122	14.06	♀ ♂	-
	<i>Nannotrigona testaceicornis</i>	1	0	1	0	2	0.23	♀ ♂	V
	<i>Peponapis fervens</i> (Smith, 1879) *	0	3	0	0	3	0.35	♂	-
	<i>Plebeia droryana</i> (Friese, 1900)	0	1	0	0	1	0.12	♀	-
	<i>Plebeia lucii</i> (Moure, 2004)	0	1	0	1	2	0.23	♀	-
	<i>Ptilothrix plumata</i> (Smith, 1853)	0	3	1	0	4	0.46	♀ ♂	-
	<i>Ptilothrix relata</i> (Holmberg, 1903)	3	19	0	0	22	2.53	♀ ♂	-
	<i>Schwarziana quadripunctata</i> (Lepeletier, 1836)	0	0	0	1	1	0.12	♀	-
	<i>Thygater (Thygater) analis</i> (Lepeletier, 1841) *	1	25	3	0	29	3.34	♀ ♂	V / P
	<i>Trigona spinipes</i> (Fabricius, 1793)	7	17	4	6	34	3.92	♀	V
	<i>Xylocopa (Schonnherria) varians</i> (Smith, 1874) *	0	0	0	1	1	0.12	♀	V / P
Halictidae	<i>Augochlora (Oxystoglossela) morrae</i> *	3	8	0	1	12	1.38	♀ ♂	V / P
	<i>Augochlora (Oxystoglossela) sp1</i> *	2	4	2	0	8	0.92	♀	V / P
	<i>Augochlora (Oxystoglossela) sp2</i> *	1	1	0	0	2	0.23	♀	P
	<i>Augochlora (Augochlora) cydippe</i> *	0	1	0	0	1	0.12	♀	P
	<i>Augochlora (Augochlora) esox</i> *	6	10	4	0	20	2.30	♀ ♂	V / P
	<i>Augochlora (Augochlora) sp1</i> *	0	1	0	0	1	0.12	♀	P
	<i>Augochlora (Augochlora) sp2</i> *	0	1	0	0	1	0.12	♀	P
	<i>Augochloropsis argentina</i> (Friese, 1908) *	4	5	0	2	11	1.27	♀	V / P
	<i>Augochloropsis cupreola</i> (Cockerell, 1900) *	1	3	0	0	4	0.46	♀	V / P

Cont...

Cont...

Famílias	Espécies	Amarelo	Azul	Branco	Branco	Total	F (%)	Sexo	Classificação
					com verniz				
	<i>Augochloropsis notophos</i> *	0	1	0	0	1	0.12	♀	V / P
	<i>Augochloropsis smithiana</i> (Cockerell, 1900) *	1	0	1	0	2	0.23	♀ ♂	V / P
	<i>Augochloropsis</i> sp1 *	0	1	0	0	1	0.12	♀	V / P
	<i>Augochloropsis</i> sp2 *	1	2	0	0	3	0.35	♀	P
	<i>Dialictus opacus</i>	20	13	8	7	48	5.53	♀	V
	<i>Dialictus picadensis</i>	28	31	12	10	81	9.33	♀	-
	<i>Dialictus ypirangensis</i>	10	17	6	1	34	3.92	♀ ♂	V
	<i>Dialictus</i> sp1	0	1	0	0	1	0.12	♀	-
	<i>Dialictus</i> sp2	1	1	0	0	2	0.23	♀	-
	<i>Dialictus</i> sp3	26	22	7	10	65	7.49	♀	-
	<i>Dialictus</i> sp4	17	21	9	5	52	5.99	♀ ♂	-
	<i>Dialictus</i> sp5	1	0	1	0	2	0.23	♀	-
	<i>Dialictus</i> sp6	0	2	0	0	2	0.23	♀	-
	<i>Dialictus</i> sp7	0	1	0	0	1	0.12	♀	-
	<i>Dialictus</i> sp8	0	1	0	0	1	0.12	♀	-
	<i>Pseudaugochlora graminea</i> (Fabricius, 1804) *	0	2	0	0	2	0.23	♀ ♂	V / P
	<i>Pseudagapostemon (Pseudagapostemon) pissisi</i> (Vachal, 1903) *	4	5	0	1	10	1.15	♀	P
	<i>Sphcodes</i> sp. *	0	1	0	0	1	0.12	♀	P
TOTAL		227	425	110	106	868	100		

A cor das *pan traps* teve efeito significativo na riqueza ($H_{(3,152)} = 21,72$; $p < 0,05$) e na abundância ($H_{(3,152)} = 23,31$; $p < 0,05$) das abelhas coletadas.

A cor azul atraiu maior diversidade e abundância de abelhas que as demais cores. A segunda cor mais atrativa foi a amarela, seguida pela branca e branca com verniz. A abundância e riqueza de abelhas não diferiram significativamente entre as *pan traps* amarelas e brancas, nem entre as *pan traps* brancas e brancas com verniz (Figura 3).

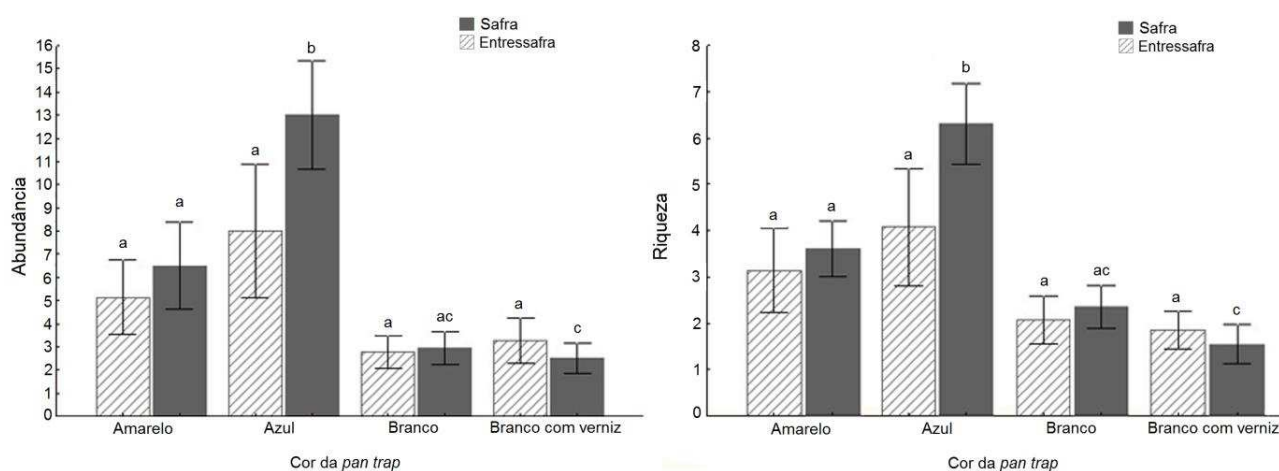


Figura 3: Abundância e riqueza de abelhas coletadas nas *pan traps* de diferentes cores instaladas em áreas de cultivo de tomateiro (*Solanum lycopersicum*) nos anos de 2012 e 2013, durante o período de safra e período de entressafras. LEGENDA: As barras indicam o erro padrão e as barras seguidas da mesma letra não apresentaram diferença significativa.

O número de espécies coletadas em cada uma das cores de *pan traps* e a relação entre elas, estão representadas na figura 4. Das 52 espécies coletadas nas *pan traps* azuis, 21 foram exclusivamente atraídas por essa cor, não ocorrendo nas demais cores. Trinta e uma espécies foram atraídas pela cor amarela, 26 espécies foram atraídas pela cor branca e 23 espécies pela cor branca com verniz. Treze espécies foram comuns às quatro cores de *pan traps* utilizadas (Figura 4).

Vinte e duas espécies de abelhas visitantes florais do tomateiro foram coletadas nas *pan traps* azuis, 18 espécies nas *pan traps* amarelas, 15

espécies nas *pan traps* brancas e 12 espécies nas *pan traps* brancas pintadas com verniz.

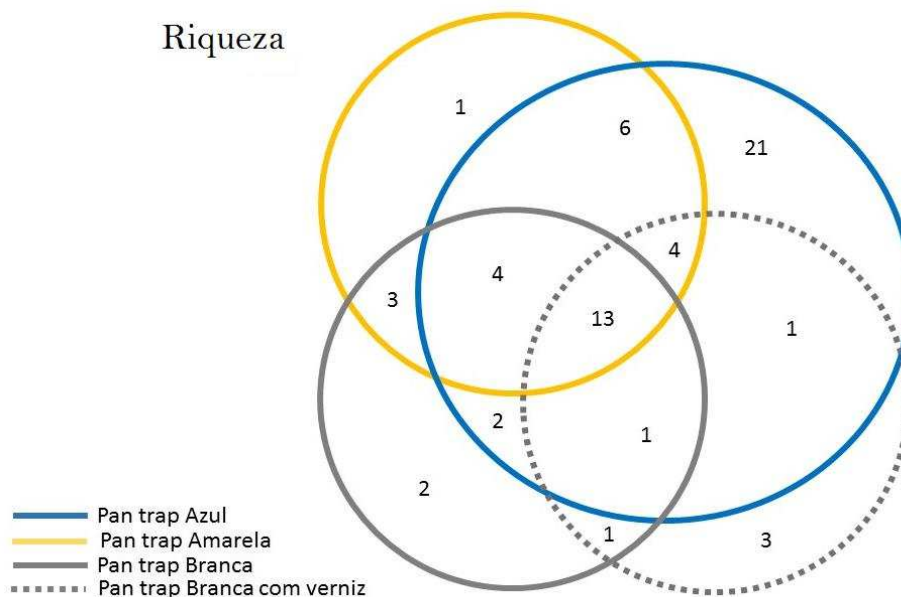


Figura 4: Número de espécies de abelhas coletadas em áreas de plantio de tomate, durante e fora do período de cultivo durante o ano de 2012 e 2013, utilizando-se *pan traps* de diferentes cores. Obs.: As combinações das cores de *pan traps* que não coletaram espécies comuns não estão representadas no diagrama. São elas: Amarelo e Branco com verniz; Branco, Branco com verniz e Amarelo.

Considerando as espécies coletadas com rede entomológica de acordo com Netto (2015 – Capítulo 1 desta tese) e as espécies coletadas com *pan traps* no presente trabalho, foram registradas no total 74 espécies de abelhas nas áreas de plantio de tomateiro na região de Coimbra entre os anos de 2012 e 2013 (Apêndice I). Treze espécies foram coletadas exclusivamente com rede entomológica, visitando as flores, 29 espécies coletadas exclusivamente com *pan trap* e 33 espécies foram comuns aos dois métodos de coleta.

4 – DISCUSSÃO

O melhor método de coleta para amostrar a comunidade de abelhas de uma determinada região pode variar de acordo com hábitat e a logística adotada. No entanto, melhores resultados em relação à diversidade desses insetos tem sido alcançados quando diferentes métodos de coleta são

empregados (Pinheiro-Machado e Silveira 2006, Krug e Alves-dos-Santos 2008). No presente estudo observou-se a pertinência de tal recomendação, visto que, ao considerar apenas a coleta com rede entomológica realizada por Netto (2015 - Capítulo I desta tese) nas mesmas áreas e período do presente estudo, cerca de 29 espécies de abelhas não teriam sido coletadas, caso não tivessem sido realizadas coletas utilizando-se *pan traps*.

Embora o método de coleta com *pan traps* não possibilite determinar os visitantes florais ou sua efetividade como polinizadores, ele propicia conhecer quais as espécies de potenciais polinizadores estão presentes na área agrícola e como variam em riqueza e abundância no cultivo (Andrade 2014). Nesse sentido, o uso de *pan trap* foi eficiente na amostragem de abelhas polinizadoras do cultivo de tomate, uma vez que 58% das abelhas coletadas são espécies potenciais polinizadoras deste cultivo, evidenciando a presença destes indivíduos as áreas dos plantios de tomate na região. Dentre elas destacam as abelhas do gênero *Bombus*, *Exomalopsis*, *Augochlora*, *Augochloropsis* e as espécies *Melipona quadrifasciata*, *Xylocopa varians* e *A. mellifera*.

A distribuição das famílias de abelhas em relação à abundância e riqueza de espécies coletadas, no presente estudo, corrobora com os dados encontrados na literatura utilizando-se *pan traps* (Krug e Alves-dos-Santos 2008, Andrade 2014), onde a maior abundância é encontrada em Apidae e a maior diversidade de espécies em Halictidae. A maior abundância de Apidae pode estar relacionada ao comportamento social da maioria das espécies dessa família e também ao fato de possuírem ninhos muito populosos (Roubik 1989, Michener 2000, Silveira et al. 2002). Já a maior representatividade de Halictidae provavelmente se deve à metodologia de coleta (Cane et al. 2000, Roulston et al. 2007), à predominância dessas abelhas em vegetação aberta e/ou secundária (Barbosa e Laroca 1993), característica da região agrícola de Coimbra. Do mesmo modo, a baixa representatividade de Andrenidae, Colletidae e Megachilidae pode estar relacionada à seletividade do método de coleta em relação a alguns grupos de abelhas (Pinheiro-Machado e Silveira 2006), à sazonalidade (Krug 2007), ou ainda às condições ambientais de agroecossistemas, uma vez que se assemelha com outros estudos realizados

em ambientes agrícolas (Souza e Campos 2008, Krug e Alves–dos-Santos 2008, Oliveira 2013).

A abundância e diversidade de abelhas coletadas pelas *pan traps* foi influenciada pela cor, sendo o azul a cor mais atrativa às abelhas nas áreas de plantio de tomate em Coimbra. Muitos himenópteros são capazes de reconhecer melhor as cores do espectro visível com comprimento de onda mais curtos, do que as cores de comprimento de onda mais longos; e também são capazes de detectar cores dentro do espectro de cor ultra-violeta, com comprimento de onda inferior a 370nm (Jones e Buchmann 1974, Kevan 1979, Peitsch et al. 1992). Segundo Campbel e Hanuma (2007), a cor azul é mais eficiente na captura de abelhas, pois muitas delas percebem melhor cores de baixos comprimentos de onda da luz visível quando comparado com cores de comprimentos mais longos (Leong e Thorp 1999).

Ainda que, no presente estudo, a cor azul tenha atraído um maior número de indivíduos e espécies se comparado com o amarelo, branco e branco com verniz, cabe ressaltar a importância da associação de diferentes cores na amostragem de abelhas. Em estudos realizados em cultivos de algodão (Cruz e Freitas 2013) em sistemas agroflorestais de cultivo de castanha-do-pará (Maués 2011) e em cultivos de maçã (Penna 2013) a cor azul também foi a mais atrativa às abelhas. No entanto, o amarelo foi mais eficiente na coleta de abelhas em estudos realizados em áreas de floresta ombrófila (Krug 2007), cultivo de castanha-do-pará (Costa et al. 2012) e cultivos de canola (Oliveira 2013).

5 - CONCLUSÃO

- O uso das *pan traps* permitiu inventariar um número significativo de abelhas nas áreas de plantio de tomate na região de Coimbra.
- O método de coleta foi eficiente na amostragem de abelhas potenciais polinizadoras do cultivo de tomate.

- A cor azul foi a mais atrativa às abelhas, no entanto foi possível perceber a importância da associação de diferentes cores de *pan trap* na amostragem da fauna apícola.

6 - AGRADECIMENTO

Agradecemos à FAO/ GEF/ PNUMA/ FUNBIO/ CNPq (Projeto de Conservação e Manejo de Polinizadores para Agricultura Sustentável através de uma Abordagem Ecosistêmica). Aos produtores rurais do Município de Coimbra. Aos professores Dr. Fernando Silveira e Dr. Eduardo Almeida pela identificação das abelhas.

7 - REFERÊNCIAS

AGUIAR, A.P.; SHARKOV, A. Blue pan traps as a potential method for collecting Stephanidae (Hymenoptera). **Journal of Hymenoptera Research**, v. 6(2), p. 422-423, 1997.

ANDRADE, P.B. **Monitoramento de abelhas em plantios de cajueiros próximos a fragmentos vegetais**. 2014. 70pp. Tese (doutorado), Universidade Federal do Ceará.

BÁRBOLA, I.F. de; LAROCCA, S. A comunidade de Apoidea (Hymenoptera) da Reserva Passa Dois (Lapa, Paraná, Brasil): 1. Diversidade, abundância relativa e atividade sazonal. **Acta Biológica Paranaense**, v. 22(1-4), p. 91-113, 1993.

BUCHMANN, S.L. Buzz pollination in angiosperms. In: JONES, C.E.; LITTLE, R.J. (Ed.). **Handbook of experimental pollination biology**. New York: Division of Van Nostrand Reinhold Company Inc, 1983. p.73-113.

CAMERON, S.A.; LOZIER, J.D.; STRANGE, J.P.; KOCH, J.B.; CORDES, N.; SOLTER, L.F.; GRISWOLD, T. L. Patterns of widespread decline in North

American bumble bees. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 108(2), p. 662-667, 2011.

CAMPBELL, J.W.; HANULA, J.L. Efficiency of Malaise traps and colored pan traps for collecting flower visiting insects from three forested ecosystems. **Journal of Insect Conservation**, v. 11(4), p. 399-408, 2007.

CANE, J.H.; MINCKLEY, R.L.; KERVIN, L.J. Sampling bees (Hymenoptera: Apiformes) for pollinator community studies: pitfalls of pan-trapping. **Journal of the Kansas Entomological Society**, v. 73(4), p. 225-231, 2000.

CRUZ, D.D.O.; FREITAS, B.M. Diversity of bee species floral visitors and potential pollinators of oleaginous crops in Northeast of Brazil. **AMBIÊNCIA**, v. 9(2), p. 411-418, 2013.

DAFNI, A. **Pollination ecology: a practical approach**. IRL Press Ltd. 1992. 250pp.

DEL SARTO, M.C.L.; PERUQUETTI, R.C.; CAMPOS L.A.O. Evaluation of the neotropical stingless bee *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae) as pollinator of greenhouse tomatoes. **Journal of Economic Entomology**, v. 98(2), p. 260-266, 2005.

DEPRÁ, M.S.; DELAQUA, G.C.G.; FREITAS, L.; GAGLIANONE, M.C. Pollination deficit in open-field tomato crops (*Solanum lycopersicum* L., Solanaceae) in Rio de Janeiro state, southeast Brazil. **Journal of Pollination Ecology**, v. 12, p. 1-8, 2013.

DE MELO E SILVA NETO, C.; LIMA, F.G.; GONÇALVES, B.B.; BERGAMINI, L.L.; BERGAMINI, B.A.R.; ELIAS, M.A.S.; FRANCESCHINELLI, E.V. Native bees pollinate tomato flowers and increase fruit production. **Journal of Pollination Ecology**, v. 11(6), p. 41-45, 2013.

GOLLAN, J.R.; ASHCROFT, M.B.; BATLEY, M. Comparison of yellow and white pan traps in surveys of bee fauna in New South Wales, Australia

(Hymenoptera: Apoidea: Anthophila). **Australian Journal of Entomology**, v. 50(2), p.174-178, 2011.

GOULSON, D.; LYE, G.C.; DARVILL, B. Decline and conservation of bumble bees. **Annual Review of Entomology**, v. 53, p. 191-208, 2008.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil, Rio de Janeiro, v. 29(1), p.1-83, janeiro de 2015.

JONES, C.E.; BUCHMANN, S. L. Ultraviolet floral patterns as functional orientation cues in hymenopterous pollination systems. **Animal Behaviour**, v. 22(2), p. 481-485, 1974.

KEARNS, C.A.; INOUE, D.W. **Techniques for pollination biologists**. University Press of Colorado, 1993. 583pp.

KEVAN, P.G. Floral colors in the high arctic with reference to insect-flower relations and pollination. **Canadian Journal of Botany**, v. 50(11), p. 2289-2316, 1972.

KEVAN, P.G. Vegetation and floral colors revealed by ultraviolet light: interpretational difficulties for functional significance. **American Journal of Botany**, v. 66(6), p. 749-751, 1979.

KEVAN, P.G.; BACKHAUS, W.G. **Color vision: perspectives from different disciplines**: Color vision: ecology and evolution in making the best of the photic environment. p. 163-183, 1998.

KRUG, C. **A comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apiformes) da Mata com Araucária em Porto União - SC e abelhas visitantes florais da abóboreira (*Cucurbita* L.) em Santa Catarina, com notas sobre *Peponapis***

fervens (Eucerini, Apidae). 2007. 127pp. Dissertação (Mestrado), Universidade do Extremo Sul de Santa Catarina, Criciúma, SC.

KRUG, C.; ALVES-DOS-SANTOS, I. The use of different methods to sample the bee fauna (Hymenoptera: Apoidea), a study in the mixed temperate rainforest in Santa Catarina State. **Neotropical Entomology**, v. 37(3), p. 265-278, 2008.

LEONG, J.; THORP, R.W. Colour-coded sampling: the pan trap colour preferences of oligolectic and nonoligolectic bees associated with a vernal pool plant. **Ecological Entomology**, v. 24(3), p. 329-335, 1999.

MACIAS-MACIAS, O.; CHUC, J.; ANCONA-XIU, P.; CAUICH, O.; QUEZADA-EUÁN, J. J. G. Contribution of native bees and Africanized honey bees (Hymenoptera: Apoidea) to Solanaceae crop pollination in tropical México. **Journal of Applied Entomology**, v. 133(6), p. 456-465, 2009.

MALERBO-SOUZA, D.T.; NOGUEIRA-COUTO, R.H.; COUTO, L.A.; DE SOUZA, J.C. Atrativo para as abelhas *Apis mellifera* e polinização em café (*Coffea arabica* L.). **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**. v. 40(4), 2003.

MAUÉS, M. M. Reproductive phenology and pollination of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl. *Lecythidaceae*) in Eastern Amazonia. IN: Kevan P & Imperatriz Fonseca VL (eds) - **Pollinating Bees - The Conservation Link Between Agriculture and Nature** - Ministry of Environment / Brasília. p.245-254, 2002.

MAUÉS, M.M.; DE SOUSA, J.T.A.; DE MOURA, T.D.S.A.; DOS SANTOS, A.C.S. Biomonitoramento de abelhas com pan traps em um sistema agroflorestal em Tomé-Açu, Pará. In.: **Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais, v. 8, 2011.

MCGREGOR, S.E. **Insect pollination of cultivated crop plants**. Agriculture Handbook nº496. Washington DC: US Department of Agriculture, 1976, p. 411.

MEIRELLES, B.G. **Polinização do tomate cereja por abelhas nativas em cultivo protegido**. 2013. 35p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

MICHENER, C.D. **The bees of the world**. Johns Hopkins University Press. 2000. 913pp.

NIESENBAOUM, R.A.; PATSELAS, M.G.; WEINES S.D. Does flower color change in *Aster vimineus* cue pollinators? **The American Midland Naturalist Journal**, v. 141, p. 59-68, 1999.

OLIVEIRA, R.H.D. **Assembleia de abelhas e efeito da distância de remanescentes florestais na produção de grãos e no valor econômico de *Brassica napus* (Hyola 420) no sul do Brasil**. 2013. 92pp. Dissertação (Mestrado), Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

PEITSCH, D.; FIETZ, A.; HERTEL, H.; DE SOUZA, J.; VENTURA, D. F.; MENZEL, R. The spectral input systems of hymenopteran insects and their receptor-based colour vision. **Journal of Comparative Physiology**, v. 170(1), p. 23-40, 1992.

PENNA, U. **Efeito da heterogeneidade do hábitat sobre a comunidade de abelhas em ambientes compostos por fisionomias de cerrado e cultivos agrícolas da Chapada Diamantina, Bahia**. 2013. 47pp. Trabalho de conclusão de Curso. Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA.

PINHEIRO-MACHADO, C.; SILVEIRA, F. A. Surveying and monitoring of pollinators in natural landscapes and in cultivated fields. In.: **Bees as pollinators in Brazil: Assessing the status and suggesting best practices**. Ribeirão Preto, Holos, 96pp, 2006.

POTTS, S.G.; ROBERTS, S.P.; DEAN, R.; MARRIS, G.; BROWN, M.A.; JONES, R.; SETTELE, J. Declines of managed honey bees and beekeepers in Europe. **Journal of Apicultural Research**, v. 49(1), p. 15-22, 2010.

RICHARDS, A.J. Does low biodiversity resulting from modern agricultural practice affect crop pollination and yield? **Annals of Botany**, v. 88(2), p. 165-172, 2001.

ROUBIK, D.W. Foraging and pollination. In.: **D.W. Roubik (ed.) Ecology and natural history of tropical bees**. Cambridge University Press, Cambridge, England.1989, 514p.

ROULSTON, T.H.; SMITH, S.A.; BREWSTER, A.L. A comparison of pan trap and intensive net sampling techniques for documenting a bee (Hymenoptera: Apiformes) fauna. **Journal of the Kansas Entomological Society**, v. 80, p. 179–181, 2007.

SANDOVAL, E.Y.S. **Polinização por abelhas (Hymenoptera: Apoidea) no tomateiro em diferentes sistemas de cultivo no município de Viçosa, Minas Gerais**. 2015. 56p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; VILA NOVA, N.A. **Manual de ecologia dos insetos**. Piracicaba: Ceres, 1976. 419P.

SILVEIRA, F. A.; MELO, G. A.; ALMEIDA, E. A. **Abelhas brasileiras: sistemática e identificação**. Belo Horizonte, MG. 2002. 253p.

SOUZA, L.D.; CAMPOS, M.J.D.O. Composition and diversity of bees (Hymenoptera) attracted by Moericke traps in an agricultural area in Rio Claro, state of São Paulo, Brasil. **Iheringia: Série Zoologia**, v. 98(2), p. 236-243, 2008.

WESTERKAMP, C.; GOTTSBERGER, G. The costly crop pollination crisis. *Pollinating Bees. In.: **The Conservation link between Agriculture and Nature**, P. Kevan and V. Imperatriz Fonseca, eds. (Brasilia: Ministry of Environment), p. 51-56, 2002.*

WESTPHAL, C.; BOMMARCO, R.; CARRÉ, G.; LAMBORN, E.; MORISON, N.; PETANIDOU, T.; STEFFAN-DEWENTER, I. Measuring bee diversity in different European habitats and biogeographical regions. **Ecological Monographs**, v. 78(4), p. 653-671, 2008.

CONCLUSÃO GERAL

Este estudo mostrou a importância da presença das abelhas como visitantes florais do tomateiro em plantios em campo aberto, ressaltando a importância da ação desses polinizadores na formação de tomates maiores, mais pesados e com maior quantidade de sementes.

A presença de plantas ruderais nas áreas dos plantios no período de entressafras pode ter contribuído para a permanência das espécies de abelhas polinizadoras do tomateiro na área mesmo fora do período de floração do cultivo.

A. mellifera, espécie não vibradora, se mostrou eficiente na polinização da flor do tomateiro nos plantios em Coimbra.

O uso das pan traps possibilitou inventariar um número significativo de abelhas nas áreas de plantio de tomate na região de Coimbra, sendo portanto considerado um método eficiente na amostragens desse grupo, incluindo de espécies polinizadoras do cultivo do tomateiro.

Embora, a cor azul tenha sido a mais atrativa às abelhas, foi possível perceber a importância da associação de diferentes cores de *pan trap* na amostragem faunística.

APÊNDICE I

Tabela 3: Lista das espécies de abelhas coletadas em áreas de cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*, Solanaceae) no período de safra e de entressafra, utilizando dois diferentes métodos de coleta: rede entomológica e *pan traps*. As abelhas foram coletadas, com rede entomológica, visitando as flores do tomateiro durante seu florescimento e as flores ruderais estabelecidas na área nos períodos entressafra.

Família	Espécies	Método de coleta	Coletada na flor do tomateiro	Potenciais Polinizadores (<i>Buzz pollination</i>)	Observação
Apidae	<i>Ancyloscelis apiformis</i> (Fabricius, 1793)	<i>pan trap</i>	NÃO	NÃO	
	<i>Apis mellifera</i> (Linnaeus, 1758)	<i>pan trap</i> / rede	SIM	NÃO	
	<i>Bombus</i> (<i>Fervidobombus</i>) <i>morio</i> (Swederus, 1787)	<i>pan trap</i> / rede	SIM	SIM	
	<i>Bombus</i> (<i>Fervidobombus</i>) <i>pauloensis</i> (Friese, 1913)	<i>pan trap</i> / rede	SIM	SIM	
	<i>Cephalurgus anomalus</i> (Moure & Lucas de Oliveira, 1962)	<i>pan trap</i> / rede	SIM	NÃO	
	<i>Centris</i> (<i>Centris</i>) <i>varia</i>	rede	SIM	SIM	
	<i>Centris</i> (<i>Hemisiella</i>) <i>tarsata</i> (Smith, 1874)	rede	SIM	SIM	
	<i>Ceratina</i> (<i>Crewella</i>) <i>sp1</i>	<i>pan trap</i>	NÃO	SIM	
	<i>Ceratina</i> (<i>Crewella</i>) <i>sp2</i>	<i>pan trap</i>	NÃO	SIM	
	<i>Ceratina</i> (<i>Crewella</i>) <i>sp3</i>	rede	SIM	SIM	
	<i>Epicharis</i> (<i>Epicharana</i>) <i>flava</i> (Friese, 1900)	<i>pan trap</i>	NÃO	SIM	
	<i>Euglossa</i> <i>sp.</i>	<i>pan trap</i>	NÃO	SIM	
	<i>Eulaema</i> (<i>Apeulaema</i>) <i>nigrita</i> (Lepeletier, 1841)	<i>pan trap</i> / rede	SIM	SIM	
	<i>Exomalopsis</i> (<i>Exomalopsis</i>) <i>analis</i> (Spinola, 1853)	<i>pan trap</i> / rede	SIM	SIM	
	<i>Exomalopsis</i> (<i>Exomalopsis</i>) <i>auropilosa</i> (Spinola, 1853)	<i>pan trap</i> / rede	SIM	SIM	
	<i>Exomalopsis</i> (<i>Exomalopsis</i>) <i>collaris</i> (Friese, 1899)	<i>pan trap</i> / rede	SIM	SIM	
	<i>Exomalopsis</i> (<i>Exomalopsis</i>) <i>elephantopodis</i> <i>conf.</i> (Friese, 1899)	<i>pan trap</i> / rede	SIM	SIM	
	<i>Exomalopsis</i> (<i>Exomalopsis</i>) <i>fernandoi</i> (Moure, 1990)	<i>pan trap</i> / rede	SIM	SIM	

Continuação...

Família	Espécies	Método de coleta	Coletada na flor do tomateiro	Potenciais Polinizadores (<i>Buzz pollination</i>)	Observação
Apidae	<i>Exomalopsis (Exomalopsis) fulvofasciata (Smith, 1879)</i>	pan trap / rede	SIM	SIM	
	<i>Exomalopsis (Exomalopsis) ypirangensis (Schrottky, 1910)</i>	pan trap / rede	SIM	SIM	
	<i>Exomalopsis sp</i>	pan trap	NÃO	SIM	
	<i>Florilegus (Euflorilegus) affinis (Urban, 1970)</i>	pan trap	NÃO	SIM	
	<i>Melipona (Eomelipona) bicolor (Lepeletier, 1836)</i>	rede	SIM	SIM	
	<i>Melipona (Melipona) quadrifasciata (Lepeletier, 1836)</i>	pan trap / rede	SIM	SIM	
	<i>Melissodes (Eclectica) nigroaenea (Smith, 1854)</i>	pan trap	NÃO	SIM	
	<i>Melissoptila boanaerensis (Holmberg, 1903)</i>	pan trap	NÃO	SIM	
	<i>Melitoma segmentaria (Fabricius, 1804)</i>	pan trap	NÃO	NÃO	
	<i>Peponapis fervens (Smith, 1879)</i>	pan trap	NÃO	SIM	
	<i>Nannotrigona testaceicornis</i>	pan trap / rede	SIM	NÃO	
	<i>Plebeia droryana</i>	pan trap / rede	NÃO	NÃO	
	<i>Plebeia lucii</i>	pan trap	NÃO	NÃO	
	<i>Ptilothrix plumata (Smith, 1853)</i>	pan trap	NÃO	NÃO	
	<i>Ptilothrix relata (Holmberg, 1903)</i>	pan trap	NÃO	NÃO	
	<i>Schwarziana quadripunctata (Lepeletier, 1836)</i>	pan trap / rede	NÃO	NÃO	
	<i>Tetragonisca angustula (Latreille, 1811)</i>	rede	NÃO	NÃO	
	<i>Thygater (Thygater) analis (Lepeletier, 1841)</i>	pan trap / rede	SIM	SIM	
	<i>Trigona hyalinata (Lepeletier, 1836)</i>	rede	SIM	NÃO	
	<i>Trigona spinipes (Fabricius, 1793)</i>	pan trap / rede	SIM	NÃO	
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) frontalis (Olivier, 1789)</i>	rede	SIM	SIM		
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) nigrocincta (Smith, 1854)</i>	rede	SIM	SIM		
<i>Xylocopa (Schonherria) varians (Smith, 1874)</i>	pan trap / rede	SIM	SIM		

Continuação...

Família	Espécies	Método de coleta	Coletada na flor do tomateiro	Potenciais Polinizadores (<i>Buzz pollination</i>)	Observação
Andrenidae	<i>Acamptopoeum prinii</i> (Holmberg, 1884)	rede	SIM	NÃO	
	<i>Anthrenoides meridionalis</i> (Schrottky, 1906)	pan trap	NÃO	NÃO	
	<i>Anthrenoides</i> sp.	rede	NÃO	NÃO	
	<i>Oxaea flavescens</i> (Klug, 1807)	pan trap / rede	SIM	SIM	
Halictidae	<i>Augochlora</i> (<i>Oxystoglossela</i>) sp1	pan trap / rede	SIM	SIM	
	<i>Augochlora</i> (<i>Oxystoglossela</i>) sp2	pan trap	NÃO	SIM	
	<i>Augochlora</i> (s. st.) esox	pan trap / rede	SIM	SIM	
	<i>Augochlora</i> (s. st.) sp1	pan trap	NÃO	SIM	
	<i>Augochlora</i> (s. st.) sp2	pan trap	NÃO	SIM	
	<i>Augochlora cydippe</i>	pan trap	NÃO	SIM	
	<i>Augochloropsis argentina</i>	pan trap / rede	SIM	SIM	
	<i>Augochloropsis cupreola</i> (Cockerell, 1900)	pan trap / rede	SIM	SIM	
	<i>Augochloropsis notophos</i>	pan trap / rede	SIM	SIM	
	<i>Augochloropsis smithiana</i> (Cockerell, 1900)	pan trap / rede	SIM	SIM	
	<i>Augochloropsis</i> sp1	pan trap / rede	SIM	SIM	
	<i>Augochloropsis</i> sp2	pan trap	NÃO	SIM	
	<i>Augochloropsis</i> sp3	rede	SIM	SIM	Está no Capítulo I como <i>Augochloropsis</i> sp2
	<i>Augochloropsis</i> sp4	rede	SIM	SIM	Está no Capítulo I como <i>Augochloropsis</i> sp3
	<i>Dialictus</i> sp1	pan trap	NÃO	NÃO	
	<i>Dialictus</i> sp2	pan trap	NÃO	NÃO	
	<i>Dialictus</i> sp3	pan trap	NÃO	NÃO	
	<i>Dialictus</i> sp4	pan trap / rede	NÃO	NÃO	Está no Capítulo I como <i>Dialictus</i> sp1
	<i>Dialictus</i> so5	pan trap	NÃO	NÃO	
	<i>Dialictus</i> sp6	pan trap	NÃO	NÃO	

Continuação...

Família	Espécies	Método de coleta	Coletada na flor do tomateiro	Potenciais Polinizadores (<i>Buzz pollination</i>)	Observação
Halictidae	<i>Dialictus sp7</i>	<i>pan trap</i>	NÃO	NÃO	
	<i>Dialictus sp8</i>	<i>pan trap</i>	NÃO	NÃO	
	<i>Dialictus opacus</i>	<i>pan trap / rede</i>	SIM	NÃO	
	<i>Dialictus picadensis</i>	<i>pan trap / rede</i>	NÃO	NÃO	
	<i>Dialictus ypirangensis</i>	<i>pan trap / rede</i>	SIM	NÃO	
	<i>Sphcodes sp.</i>	<i>pan trap</i>	NÃO	SIM	
	<i>Pseudaugochlora graminea (Fabricius, 1804)</i>	<i>pan trap / rede</i>	SIM	SIM	
	<i>Pseudagapostemon (Pseudagapostemom) pissisi (Vachal, 1903)</i>	<i>pan trap</i>	NÃO	SIM	
Megachilidae	<i>Megachile (Pseudocentron) leucopogonites</i>	<i>rede</i>	SIM	NÃO	