

EVELYN YULIANA SÁNCHEZ SANDOVAL

**POLINIZAÇÃO POR ABELHAS (HYMENOPTERA: APOIDEA)
NO TOMATEIRO EM DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO
NO MUNICÍPIO DE VIÇOSA, MINAS GERAIS**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2015

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

T

S211p
2015

Sánchez Sandoval, Evelyn Yuliana, 1990-

Polinização por abelhas (Hymenoptera: Apoidea) no
tomateiro em diferentes sistemas de cultivo no município de
Viçosa, Minas Gerais / Evelyn Yuliana Sánchez Sandoval. –
Viçosa, MG, 2015.

viii, 56f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Lucio Antonio de Oliveira Campos.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Abelha- Abundância. 2. Abelha - Espécies.
3. Polinizadores. 4. Tomate - Cultivo. 5. Tomate - Qualidade.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de
Entomologia. Programa de Pós-graduação em Entomologia.
II. Título.

CDD 22. ed. 638.12

EVELYN YULIANA SÁNCHEZ SANDOVAL

**POLINIZAÇÃO POR ABELHAS (HYMENOPTERA: APOIDEA)
NO TOMATEIRO EM DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO
NO MUNICÍPIO DE VIÇOSA, MINAS GERAIS**

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

APROVADA: 19 de março de 2015.

Derly José Henriques da Silva

Fernando Amaral da Silveira

Lucio Antonio de Oliveira Campos
(Orientador)

“Si un reto vale la pena, sólo que lo intentes ya te hace mejor.”

Ada Yonath.

Aos meus queridos pais e irmãos.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter-me dado a graça de alcançar mais este objetivo na minha vida.

À minha família, pelo amor, apoio incondicional e incentivo constante desde o Peru. Pela compreensão infinita sobre a minha paixão pelos insetos e por sempre me deixar “voar” nesta viagem, chamada vida.

Ao meu orientador Prof. Lucio Antonio de Oliveira Campos, pela amizade, acolhimento, apoio, paciência, confiança e orientação neste trabalho. O senhor me fez sentir em casa durante esses dois anos!

À OEA (Organização dos Estados Americanos) por ser meu primeiro contato com a Universidade Federal de Viçosa.

À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia, pela oportunidade oferecida para a realização do mestrado.

A Capes pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao Prof. Derly Silva pela amizade, confiança, ensinamentos e aceitar prontamente participar desta banca.

Ao M. Sc. Victor Almeida pela amizade, paciência, conhecimentos, parceria e ajuda na condução dos experimentos em campo.

Aos professores Fernando Silveira e Eduardo Almeida, pela disponibilidade e valiosa ajuda na identificação das abelhas coletadas neste estudo.

Aos funcionários da horta de pesquisa da Universidade Federal de Viçosa, pela ajuda na condução dos sistemas de cultivo dos tomateiros durante o desenvolvimento deste trabalho.

Ao M. Sc. Jorge Peralta e M. Sc. Vinícius Rodrigues pelo auxílio nas análises estatísticas dos dados.

Aos meus amigos Cristiane Marques, Paula Netto, Larissa Freitas, Priscila Araújo, Camila Folly, Crislayne Souza, Maira Coelho, Jaqueline Amorim, Mayla Gava, Riudo Paiva, Raissa Santana e Geisyane Franco pela acolhida no Apiário, amizade, boa convivência e pelas valiosas discussões que contribuíram para este trabalho.

BIOGRAFIA

EVELYN YULIANA SÁNCHEZ SANDOVAL, filha de Sixto Sánchez Lequernaqué e Albertina Esperanza Sandoval Dioses, nasceu no dia 13 de outubro de 1990, na cidade de Bellavista, província do Callao, Peru.

Em março de 2007, iniciou o Curso de Ciências Biológicas na Universidad Nacional Mayor de San Marcos, obtendo o título de Bióloga com menção em Zoologia em setembro de 2012. Durante a graduação, trabalhou como estagiária voluntária no Museu de Historia Natural Javier Prado, desenvolvendo trabalhos relacionados à taxonomia de vespas da subfamília Ophioninae, no Departamento de Entomologia, sob a orientação do Professor Gerardo Lamas Müller.

No período de agosto 2010 a agosto 2011, fez um intercambio acadêmico na University of Turku, na Finlândia; nesse período desenvolveu trabalhos de sistemática molecular com borboletas da família Nymphalidae e estudou a classificação morfológica de vespas dos Andes.

Em abril de 2013, ingressou no Curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Entomologia, na Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa da dissertação em 19 de março de 2015.

RESUMO

SÁNCHEZ SANDOVAL, Evelyn Yuliana, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2015. **Polinização por abelhas (Hymenoptera: Apoidea) no tomateiro em diferentes sistemas de cultivo no município de Viçosa, Minas Gerais.** Orientador: Lucio Antonio de Oliveira Campos.

Os serviços ecossistêmicos prestados pelas abelhas polinizadoras apresentam um valor econômico no cultivo de tomate, sendo o Brasil o oitavo maior produtor mundial. Nesse sentido, os objetivos deste trabalho foram descrever a abundância e riqueza da apifauna visitante de flores de tomateiro em diferentes sistemas de cultivo e mensurar a importância da polinização na qualidade dos frutos. Foi utilizado o híbrido Pioneiro de frutos do tipo Saladete. Visitantes florais foram coletados das 9h às 15h em quatro sistemas de cultivo: sistema Adensado, Viçosa, Cerca Cruzada e Vertical. Em cada sistema foram avaliados a riqueza de espécies, abundância de abelhas/planta, número de flores/racimo e taxa de visitação (abundância de abelhas/flor/dia). Foram testados cinco tratamentos: autopolinização espontânea (AU), polinização aberta (PA), polinização mecânica ensacada (ME), polinização mecânica aberta (MA) e primeira visita (PV). Nos frutos obtidos nesses tratamentos foram analisados a massa, diâmetro equatorial, número de sementes, número de lóculos, firmeza, pH, acidez titulável (AT), sólidos solúveis totais (SST) e sabor (SST/AT). Foram registradas 946 abelhas fêmeas, pertencentes a 36 espécies e quatro famílias. *Exomalopsis (Exomalopsis) analis* foi a espécie mais abundante em todos os sistemas de cultivo, seguida de *E. (Exomalopsis) auropilosa*, ambas classificadas como muito frequentes dominantes e comuns. Os polinizadores efetivos e os ladrões de pólen representaram 71,14% e 28,86% das abelhas, respectivamente. Os sistemas Vertical e Viçosa foram os mais propícios para visitação por abelhas. Frutos obtidos nos tratamentos ME, MA e PA não apresentaram diferenças significativas quanto à massa, diâmetro equatorial e número de sementes. Frutos obtidos no tratamento AU apresentaram os menores valores para esses parâmetros. Maiores médias das características do fruto foram obtidas no tratamento PV (*Exomalopsis*) em relação ao seu controle (AU). Obtiveram-se frutos saborosos em todos os tratamentos. Verificou-se correlação positiva entre o número de sementes e a massa dos frutos nos primeiros seis racimos. Conclui-se que plantas cultivadas nos sistemas Vertical e Viçosa recebem a maior taxa de visitação por planta e por flor. Não existe déficit de polinização na cultura de tomate, porém uma sobrepolinização das flores, principalmente até o sexto racimo do tomateiro, aumenta a produção sem afetar a qualidade dos frutos.

ABSTRACT

SÁNCHEZ SANDOVAL, Evelyn Yuliana, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, March 2015. **Pollination by bees (Hymenoptera: Apoidea) of tomato in different cropping systems in Viçosa, Minas Gerais.** Adviser: Lucio Antonio de Oliveira Campos.

Ecosystem services provided by pollinators like bees have economic value in tomato crop, being Brazil the eighth largest producer of tomato in the world. In this sense, the objectives of this study were to describe the abundance and species richness of flower-visiting bees in tomato in different cropping systems and to measure the importance of pollination on fruit quality. Was used the Pioneer hybrid with Saladette type tomatoes. Flower visitors were collected from 9AM to 3PM in four cropping systems: Dense, Viçosa, Crossed fence and Vertical system. In each cropping system the bee species richness, bee abundance/plant, number of flowers/cluster and visitation rates (number of bees/flower/day) were evaluated. Five pollination treatments were tested: spontaneous self-pollination (AU), open pollination (PA), bagged mechanical pollination (ME), open mechanical pollination (MA) and first visit (PV). In the fruits obtained from these treatments the mass, equatorial diameter, number of seeds, number of locules, firmness, pH, titratable acidity (AT), total soluble solids (SST) and flavor (SST/AT) were analyzed. A total of 946 female bees belonging to 36 species and four families were collected. *Exomalopsis (Exomalopsis) analis* was the most abundant species in all the cropping systems, followed by *E. (Exomalopsis) auropilosa*, both classified as very frequent, dominant and common. The effective pollinators and pollen thieves represented 71.14% and 28.86% of bee abundance, respectively. The Vertical and Viçosa systems were the most suitable for flower visitors. Fruits obtained from ME, MA and PA treatments showed no significant differences in weight, equatorial diameter and number of seeds. Fruits obtained from AU treatment had the lowest values for these parameters. The highest averages of fruit characteristics were obtained for PV (*Exomalopsis*) with respect to its control (AU). Tasty fruits were obtained in all treatments. There was a positive correlation between the number of seeds and fruit mass in the first six clusters. It is concluded that plants cultivated in the Vertical and Viçosa systems receive the highest visitation rate per plant and flower. There is no pollination deficit in tomato crop, nevertheless, over-pollination of flowers, mainly up to the sixth cluster, increases production without affecting fruit quality.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS	3
CAPÍTULO 1 – Fauna de abelhas como potenciais polinizadoras de tomateiros cultivados em diferentes sistemas	6
RESUMO.....	7
ABSTRACT	8
INTRODUÇÃO	9
MATERIAL E MÉTODOS	11
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
CONCLUSÕES	31
REFERÊNCIAS	32
CAPÍTULO 2 – Polinização do tomateiro cultivado em campo aberto.....	35
RESUMO.....	36
ABSTRACT	37
INTRODUÇÃO	38
MATERIAL E MÉTODOS	39
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
CONCLUSÕES	53
REFERÊNCIAS	53
CONCLUSÕES GERAIS	56

INTRODUÇÃO GERAL

A polinização é vital para a reprodução das angiospermas em todos os ecossistemas terrestres, sendo considerada um processo fundamental para a manutenção da biodiversidade, da abundância e sustentabilidade da flora e fauna do mundo (Kevan & Viana, 2003; Potts et al., 2010).

Os serviços ecossistêmicos prestados pelos polinizadores apresentam um valor econômico total mundial de cerca de 153 bilhões de euros, dentre o quais o valor da polinização por insetos de hortaliças e frutas é de aproximadamente 50 bilhões de euros (Gallai et al., 2009). Os insetos, principalmente as abelhas, são considerados como os polinizadores primários da maioria das culturas agrícolas e das plantas silvestres (Potts et al., 2010). As abelhas polinizam entre 60% a 70% das 1500 espécies de culturas agrícolas no mundo (Roubik, 1995) e são essenciais para a produção de 15 a 30% da alimentação humana (McGregor, 1976).

O tomate (*Solanum lycopersicum* L., Solanaceae) é uma planta herbácea, perene e cultivada anualmente. Tem a sua origem na região andina da América do Sul, sendo considerada uma das hortaliças mais importantes do mundo (Naika et al., 2006; Silva & Vale, 2007), sendo cada vez mais consumida em razão da versatilidade de seu uso e aos expressivos teores de vitaminas e sais minerais (principalmente sódio, potássio, cálcio, fósforo e ferro) presentes nos frutos (Brioschi, 2001; Silva & Vale, 2007).

O Brasil é o oitavo maior produtor mundial de tomate. De acordo com as estimativas de safra do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2013, a produção brasileira de tomate foi de aproximadamente 4,1 milhões de toneladas em 66 mil hectares plantados, com produtividade média de 63,05 t ha⁻¹. Os estados de Goiás, São Paulo, Minas Gerais e Paraná foram os maiores produtores, nessa ordem.

A flor do tomateiro é hermafrodita e secreta quantidades insignificantes de néctar, irrelevantes no processo de polinização. A inflorescência é do tipo racimo e o fruto é uma baga bi, tri ou plurilocular. Em virtude da antera do tomateiro apresentar deiscência do tipo poricida é necessário que agentes polinizadores efetuem vibrações sobre a flor, exatamente na antera, para que os grãos de pólen sejam liberados (McGregor, 1976; Banda & Paxton, 1991). Este tipo de polinização tem sido

denominado *buzz pollination* ou polinização por vibração, devido ao som audível feito pelas abelhas durante suas visitas à essas flores (Buchmann, 1983).

As abelhas visitantes florais do tomateiro têm sido estudadas em campo aberto no Brasil. Deprá et al (2013) avaliaram a taxa de visitação por abelhas e as classificaram segundo o seu comportamento de vibração nas flores, em cultivos de tomate no Rio de Janeiro. Coletas dos principais polinizadores de flores de tomateiros foram realizadas nos estados de Goiás (Silva Neto et al., 2013) e Minas Gerais (Santos et al., 2014), sendo *Exomalopsis (Exomalopsis) analis* Spinola, 1853 a espécie mais abundante nos cultivos.

Estudos têm verificado o efeito da polinização na qualidade dos tomates de acordo com os parâmetros de massa, diâmetro equatorial e número de sementes dos frutos, em condições de campo aberto, nos estados de Rio de Janeiro (Deprá et al., 2013), Goiás (Silva Neto et al., 2013) e Minas Gerais (Santos et al., 2014). Todos eles avaliaram os tratamentos de autopolinização espontânea e polinização natural nessas condições, obtendo maior produção de frutos (Silva Neto et al., 2013; Santos et al., 2014), além de tomates com maior massa e maior número de sementes (Deprá et al., 2013; Silva Neto et al., 2013) no segundo tratamento. Concluindo que os cultivos de tomate nesses estados são beneficiados pela presença de polinizadores.

O tomateiro possui caule flexível e incapaz de suportar o peso dos frutos, para manter-se na posição ereta precisam ser tutorados (Silva & Vale, 2007). O tutoramento, também denominado estaqueamento ou envaramento, tem como objetivo principal oferecer condições de suporte para o desenvolvimento da planta, reduzindo assim o contato dela com o solo.

A vantagem principal de tutorar as plantas de tomate é a melhora na qualidade dos frutos, principalmente em relação à aparência, devido à uniformidade da iluminação neles (Silva & Vale, 2007). Diversos são os sistemas de cultivo utilizados na produção dos tomateiros no Brasil, sendo os dois principais: o sistema Cerca Cruzada (também denominado “V” invertido) e o sistema Fitolho. Além desses, Almeida et al. (2015) propuseram recentemente um novo sistema de cultivo denominado “sistema Viçosa”. Neste sistema as plantas são conduzidas com uma haste, amarradas com fitilho e inclinadas aproximadamente 75° em relação ao solo. As plantas são inclinadas

alternadamente para um lado e para o outro, formando, quando vistas de frente, um “V”.

Segundo Klein et al. (2007), o estudo comparativo das diferentes espécies de polinizadores de culturas agrícolas é muito importante para revelar espécies que são polinizadoras chave. Identificações adequadas dos principais polinizadores até o nível de gênero e espécie são essenciais para a compreensão da polinização (Cane, 2001). Estas identificações têm sido severamente prejudicadas, em todos os países, pela escassez de taxonomistas, de chaves modernas de identificação e de revisões taxonômicas (O’Toole, 1996).

Kevan & Viana (2003) e Eardley et al. (2006) expressaram a necessidade de esforços mais intensivos para compreender as interações polinizador-planta, importantes na conservação dos recursos naturais e agrícolas. Evidências indiretas da perda de polinizadores têm sido relatadas em estudos de comunidades de polinizadores (Kremen et al., 2002; Larsen et al., 2005; Winfree et al., 2009).

Nesse sentido, os objetivos deste trabalho foram descrever a abundância e riqueza da apifauna visitante de flores de tomateiro em diferentes sistemas de cultivo e mensurar a importância da polinização na qualidade dos frutos.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, V.S.; SILVA, D.J.H.; GOMES, C.N.; ANTONIO, A.C.; MOURA, A.D.; LIMA, A.L.R. Sistema Viçosa para o cultivo de tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v.33, p.74-79, 2015.
- BANDA, H.J.; PAXTON, R.J. Pollination of greenhouse tomatoes by bees. **Acta Horticulturae**, v.288, p.194-198, 1991.
- BRIOSCHI, D. **Resíduos de clorotalonil em frutos e folhas de tomate de cultura estaqueada (*Solanum lycopersicum* L.)**. 2001. 57p. Dissertação (Mestrado) - 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.
- CANE, J.H. Habitat fragmentation and native bees: a premature verdict? **Conservation Ecology**, v.5, p. 3, 2001.

- 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.
- EARDLEY, C.; ROTH, D.; CLARKE, J.; BUCHMANN, S.; GEMMILL, B. **Pollinators and pollination: a resource book for policy and practice**. 1.ed. South Africa: Agricultural Research Council, 2006. 77p.
- 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, p.810-821, 2009.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil **Levantamento sistemático da produção agrícola**, v.26, p.1-86, 2013.
- KEVAN, P.G.; VIANA, B.F. The global decline of pollination services. **Biodiversity**, v.4, p.3-8, 2003.
- 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 B: Biological Sciences**, v.274, p.303-313, 2007.
- KREMEN, C.; WILLIAMS, N.M.; THORP, R.W. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.99, p.16812-16816, 2002.
- LARSEN, T.H.; WILLIAMS, N.M.; KREMEN, C. Extinction order and altered community structure rapidly disrupt ecosystem functioning. **Ecology letters**, v.8, p.538-547, 2005.
- MCGREGOR, S.E. **Insect pollination of cultivated crop plants**. Washington: Agricultural Research Service, Department of Agriculture, 1976. 849p.
- NAIKA, S.; JEUDE, J.V.L. de; GOFFAU, M. de; HILMI, M.; DAM, V.D. **A cultura do tomate: produção, processamento e comercialização**. Wageningen: Fundação Agromisa e CTA, 2006. 104 p.
- O'TOOLE, C. (1996) Bee systematics in Europe: The continuing crisis and some possible cures. In: MATHESON, A.; BUCHMANN, S.L.; O'TOOLE, C.; WESTRICH, P.; WILLIAMS, I.H. (Ed). **The Conservation of Bees**. Academic Press Limited, New York, 1996. p.227-232.
- POTTS, S.G.; BIESMEIJER, J.C.; KREMEN, C.; NEUMANN, P.; SCHWEIGER, O.; KUNIN, W.E. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. **Trends in ecology & evolution**, v.25, p.345-353, 2010.
- ROUBIK, D.W. **Pollination of cultivated plants in the tropics**. Bull 118. Rome: Food and agriculture organization of the United Nations (FAO), 1995. 198 p.

- 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, p.987-994, 2014.
- SILVA NETO, C.M.; LIMA, F.G.; GONÇALVES, B.B.; BERGAMINI, L.L.; BERGAMINI, B.A.R.; ELIAS, M.A.; FRANCESCHINELLI, E.V. Native bees pollinate tomato flowers and increase fruit production. **Journal of Pollination Ecology**, v.11, p.41-45, 2013.
- SILVA, D.J.H.; VALE, F.X.R. **Tomate: Tecnologia de produção**. Viçosa: Editora UFV. Suprema Gr. Viçosa, MG: UFV, 2007. 355p.
- WINFREE, R.; AGUILAR, R.; VÁZQUEZ, D.P.; LEBUHN, G.; AIZEN, M.A. A meta-analysis of bees' responses to anthropogenic disturbance. **Ecology**, v.90, p.2068-2076, 2009.

CAPÍTULO 1

FAUNA DE ABELHAS COMO POTENCIAIS POLINIZADORAS DE TOMATEIROS CULTIVADOS EM DIFERENTES SISTEMAS*

*Artigo escrito de acordo com as normas da revista Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB).

Fauna de abelhas como potenciais polinizadoras de tomateiros cultivados em diferentes sistemas

Evelyn Sánchez⁽¹⁾ e Lucio Antonio de Oliveira Campos⁽²⁾

⁽¹⁾Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Viçosa, Av. P.H. Rolfs s/n, Campus Universitário, 36570-900, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. E-mail: eyss13@hotmail.com ⁽²⁾Departamento de Biologia Geral, Universidade Federal de Viçosa, Av. P.H. Rolfs s/n, Campus Universitário, 36570-900, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. E-mail: lcampos@ufv.br

Resumo – O objetivo deste trabalho foi descrever a abundância, a riqueza e o comportamento da apifauna visitante de flores de tomateiro, enfatizando como a sua visitação pode ser afetada pelo sistema de cultivo. Visitantes florais foram coletados das 9h às 15h, durante todo o desenvolvimento do tomateiro. Foram avaliados quatro sistemas de cultivo do tomateiro: sistema Adensado, Viçosa, Cerca Cruzada e Vertical. Em cada sistema de cultivo foram avaliados a riqueza de espécies, abundância de abelhas/planta, número de flores/racimo e taxa de visitação (abundância de abelhas/flor/dia). O esforço de amostragem foi de 144h. Foram registradas 946 abelhas, todas fêmeas, pertencentes a 36 espécies e quatro famílias. *Exomalopsis (Exomalopsis) analis* foi a espécie mais abundante em todos os sistemas de cultivo, seguida de *E. (Exomalopsis) auropilosa*, ambas classificadas como muito frequentes, dominantes e comuns. Os polinizadores efetivos e os ladrões de pólen representaram 71,14% e 28,86% das abelhas, respectivamente. Os sistemas Vertical e Viçosa foram os mais propícios para visitação por abelhas. Concluiu-se que, no cultivo de tomate, a visitação das abelhas está relacionada com a distribuição espacial das plantas e o número de flores. Plantas cultivadas nos sistemas Vertical e Viçosa recebem a maior taxa de visitação por planta e por flor.

Termos para indexação: *Solanum lycopersicum*, visitantes florais, abundância, riqueza de espécies.

Bee fauna as potential pollinators of tomato plants cultivated in different systems

Abstract – The aim of this study was to describe the abundance, species richness and behavior of flower-visiting bees in tomato, emphasizing how their visitation may be affected by cropping systems. Flower visitors were collected from 9AM to 3PM, during the complete development of tomato plants. Four cropping systems were evaluated: Dense, Viçosa, Crossed fence and Vertical system. In each cropping system the species richness, bee abundance/plant, number of flowers/cluster and visitation rates (number of bees/flower/day) were evaluated. The sampling effort was of 144 hours. A total of 946 female bees belonging to 36 species and four families were collected. *Exomalopsis (Exomalopsis) analis* was the most abundant species in all the cropping systems, followed by *E. (Exomalopsis) auropilosa*, both classified as very frequent, dominant and common. The effective pollinators and pollen thieves represented 71.14% and 28.86% of bee abundance, respectively. The Vertical and Viçosa systems were the most suitable for flower visitors. It is concluded that in tomato crop bee visitation is related to the spatial distribution of plants and the number of flowers. Plants cultivated in the Vertical and Viçosa systems receive the highest visitation rate per plant and flower.

Index terms: *Solanum lycopersicum*, flower visitors, abundance, species richness.

Introdução

A polinização é vital para a reprodução das angiospermas em todos os ecossistemas terrestres, sendo considerada um processo fundamental para a manutenção da biodiversidade, da abundância e sustentabilidade da flora e fauna do mundo (Kevan & Viana, 2003; Potts et al., 2010). Cerca de 88% das espécies de plantas com flores são polinizadas por animais (Ollerton et al., 2011) e mais de 75% das principais culturas para o consumo humano mundial dependem de polinizadores (Klein et al., 2007). Os serviços ecossistêmicos prestados pelos polinizadores apresentam um valor econômico total mundial de cerca de 153 bilhões de euros, dentre o quais o valor da polinização por insetos de hortaliças e frutas é de aproximadamente 50 bilhões de euros (Gallai et al., 2009).

Os insetos, principalmente as abelhas, são considerados como os polinizadores primários da maioria das culturas agrícolas e das plantas silvestres (Potts et al., 2010). As abelhas polinizam entre 60% a 70% das 1500 espécies de culturas agrícolas no mundo (Roubik, 1995) e são essenciais para a produção de 15% a 30% da alimentação humana (McGregor, 1976).

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) é uma das hortaliças mais importantes do mundo (Naika et al., 2006). No Brasil, a cultura do tomateiro é de grande valor econômico e social, sendo o país com a oitava maior produção mundial de tomate. De acordo com as estimativas de safra do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2013, a produção brasileira de tomate foi em torno de 4,1 milhões de toneladas em aproximadamente 66 mil hectares plantados e com produtividade média de 63,05 t ha⁻¹. Os estados de Goiás, São Paulo, Minas Gerais e Paraná foram os maiores produtores, nessa ordem.

A flor do tomate é hermafrodita e secreta quantidades insignificantes de néctar, irrelevantes no processo de polinização. Os estames apresentam anteras com deiscência poricida, um tipo de deiscência que ocorre em apenas 6% a 8% das angiospermas, no qual os grãos de pólen saem da antera através de poros apicais (Buchmann, 1983). Sabe-se que em flores com anteras poricidas, o pólen fica usualmente bem escondido. Este fica disponível para abelhas capazes de vibrar as flores, para aquelas que recolhem o pólen deixado por outras abelhas, e para abelhas que cortam os ápices da antera com

as mandíbulas, para que os grãos de pólen sejam liberados (Buchmann, 1983). No caso da flor do tomate, para que aconteça a polinização é necessário que agentes polinizadores efetuem vibrações sobre a antera da flor. Este tipo de polinização tem sido denominado *buzz pollination* ou polinização por vibração (Buchmann, 1983).

A eficiência de um polinizador da flor de tomateiro é atribuída, entre outros fatores, à sincronização entre o horário de visita e a receptividade do estigma (Del Sarto et al., 2005), considerando também que o pólen cai da antera mais facilmente quando a umidade relativa do ar é menor (Al-Attal et al., 2003).

As abelhas visitantes florais do tomateiro têm sido estudadas em campo aberto no Brasil. Deprá et al (2013) avaliaram a taxa de visitação por abelhas e as classificaram segundo o seu comportamento de vibração nas flores, em cultivos de tomate no Rio de Janeiro. Coletas dos principais polinizadores de flores de tomateiros foram realizadas nos estados de Goiás (Silva Neto et al., 2013) e Minas Gerais (Santos et al., 2014), sendo *Exomalopsis (Exomalopsis) analis* Spinola, 1853 a espécie mais abundante nos cultivos.

O tomateiro possui caule flexível e incapaz de suportar o peso dos frutos, para manter-se na posição ereta precisam ser tutorados (Silva & Vale, 2007). O tutoramento, também denominado estaqueamento ou envaramento, tem como objetivo principal oferecer condições de suporte para o desenvolvimento da planta, reduzindo assim o contato dela com o solo. A vantagem principal de tutorar as plantas de tomate é a melhora na qualidade dos frutos, principalmente em relação à aparência, devido à uniformidade da iluminação neles (Silva & Vale, 2007).

Diversos são os sistemas de cultivo utilizados na produção dos tomateiros no Brasil, sendo os dois principais: o sistema Cerca Cruzada (também denominado “V” invertido) e o sistema Fitolho. Além desses, Almeida et al. (2015) propuseram recentemente um novo sistema de cultivo denominado “sistema Viçosa”. Neste sistema as plantas são conduzidas com uma haste, amarradas com fitilho e inclinadas aproximadamente 75° em relação ao solo. As plantas são inclinadas alternadamente para um lado e para o outro, formando, quando vistas de frente, um “V”.

De acordo com Andriolo (1999), a maneira de conduzir as plantas nos diferentes sistemas de cultivo e o tipo de tutoramento podem alterar a distribuição da radiação solar e a ventilação em torno das plantas. O sistema Vertical permite melhor distribuição da radiação solar sobre o dossel e da ventilação do ar entre as linhas do tomateiro, reduzindo a umidade relativa do ar local; além disso, facilita a pulverização e permite um controle mais eficiente de pragas e doenças (Filgueira, 2003; Silva & Vale, 2007).

Segundo Klein et al. (2007), o estudo comparativo das diferentes espécies de polinizadores de culturas agrícolas é muito importante para revelar espécies que são polinizadoras chave. De acordo com Cane (2001), identificações adequadas dos principais polinizadores em nível de gênero e espécie são essenciais para a compreensão da polinização. Kevan & Viana (2003) e Eardley et al. (2006) expressaram a necessidade de esforços mais intensivos para ampliar a compreensão geral do valor das interações polinizador-planta para a conservação dos recursos naturais e agrícolas.

Diante disso, o presente estudo teve por objetivo descrever a abundância, a riqueza e o comportamento da apifauna visitante de flores de tomateiro no município de Viçosa, Minas Gerais, enfatizando como a sua visitação pode ser afetada pelo sistema de cultivo.

Material e Métodos

Os ensaios foram conduzidos de maio a dezembro de 2014, em campo aberto, na horta de pesquisa da Universidade Federal de Viçosa (20°45'27,7" S, 42°50'44,5" W, 640 m de altitude), em uma área de 470 m², em Viçosa, Minas Gerais, Brasil. O município localiza-se no bioma Mata Atlântica.

Foi utilizado o híbrido Pioneiro, de hábito de crescimento indeterminado e frutos do tipo Saladete, cujas sementes são comercializadas pela empresa Agristar. As mudas foram produzidas em bandejas de Isopor[®] com 200 células preenchidas com substrato comercial Carolina[®] e transplantadas 22 dias após a semeadura, quando possuíam três a quatro folhas definitivas. As irrigações e as fertirrigações foram feitas por meio do sistema de gotejamento e os tratos culturais realizados como adubação, capinas, desbrotas, despontes, amarrios, aplicação de agrotóxicos para controle de pragas e

doenças, foram realizados conforme Silva & Vale (2007). Cada parcela foi formada por uma linha de plantio de 8 m de comprimento, deixando-se duas linhas laterais como bordadura.

Foram avaliados quatro sistemas de cultivo do tomateiro: Viçosa, Adensado, Cerca Cruzada, Vertical. O sistema Viçosa foi conduzido com uma haste em espaçamento 2,0 m x 0,2 m. No sistema Adensado, as plantas foram conduzidas com uma haste em espaçamento 1,60 m x 0,1 m, utilizando o sistema Viçosa. O sistema Cerca Cruzada, foi conduzido com uma haste em espaçamento 1,2 m x 0,5 m utilizando o sistema de tutoramento triangular. No sistema Vertical, as plantas foram tutoradas verticalmente com fitilho e conduzidas com uma haste em espaçamento de 1,2 m x 0,5 m. Devido às diferenças de espaçamento, nos 8 m avaliados, foram utilizadas 26 plantas no sistema Viçosa, 55 plantas no sistema Adensado, 28 plantas no sistema Cerca Cruzada e 16 plantas no sistema Vertical. Para cada sistema de cultivo foram contadas semanalmente as flores abertas e atrativas para os visitantes.

Foram realizadas coletas das abelhas que estavam visitando as flores durante todo o período de floração dos tomateiros. O levantamento foi realizado durante oito semanas (desde a primeira até a quarta semana e depois da sexta até a nona semana), entre 9 e 15h, três vezes por semana, sendo que a cada hora foram realizadas quatro sessões de coleta de 15 minutos (uma sessão por sistema de cultivo). Os insetos foram capturados por um único coletor, com auxílio de rede entomológica, para depois serem colocados em câmaras mortíferas contendo algodão umedecido com acetato de etila. O material biológico obtido foi montado em alfinetes entomológicos e etiquetado com as informações de coleta.

Foi observado o comportamento dos visitantes florais nos tomateiros durante o horário de coleta e registrado o horário de maior atividade dos visitantes (maior abundância de abelhas no campo). Os dados climáticos como temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) foram registrados a cada hora, utilizando-se um termohigrômetro digital.

Para a identificação taxonômica das abelhas até o nível de gênero e/ou subgênero foram utilizadas as chaves disponíveis em Silveira et al. (2002). Após a confirmação da identificação, feita por especialistas, os espécimes foram depositados na coleção do

Apiário Central da Universidade Federal de Viçosa. Os espécimes coletados foram fotografados usando o estereoscópio SteREO Discovery.V20 com câmera acoplada Zeiss Axiocam MRc. As fotografias foram editadas no programa Adobe Photoshop CS6 e as pranchas foram montadas no programa Adobe Illustrator CS6.

Para avaliar o esforço de amostragem, foram calculados os seguintes estimadores de riqueza não paramétricos: Chao 1, Chao 2, Jackknife de primeira ordem (Jack 1), Jackknife de segunda ordem (Jack 2), ACE (*Abundance-based Coverage Estimator*) e ICE (*Incidence-based Coverage Estimator*), todos com auxílio do programa EstimateS 9.1.0 (Colwell, 2013). A ordem em que as amostras são incluídas na análise influencia a forma da curva de acumulação (Magurran, 2004), por isto, neste estudo as amostras foram aleatorizadas 1000 vezes. As curvas de acumulação de espécies foram construídas a partir dos valores das médias dos estimadores, com intervalo de confiança de 95%, utilizando o programa STATISTICA 8.0 (StatSoft, 2007) como proposto por Jiménez-Valverde & Hortal (2003) e foram ajustadas ao modelo de Clench, segundo Soberón & Llorente (1993).

Para classificar as espécies segundo a frequência de ocorrência (FO) e dominância (D) foi utilizado o proposto por Palma *apud* Buschini (2006), onde a FO é definida como: (número de amostras que apresentam a espécie i / número de amostras totais) $\times 100$ e a D definida como: (abundância da espécie i / abundância total) $\times 100$. Se $FO < 25\%$ a espécie foi considerada como pouco frequente (pf), quando $25\% \leq FO < 50\%$ a espécie foi indicada como frequente (f) e se $FO \geq 50\%$ foi uma espécie muito frequente (mf). Por outro lado, quando $D < 2,5\%$ a espécie foi considerada como ocasional (oc), se $2,5\% \leq D < 5\%$ a espécie foi indicada como acessória (a) e quando $D \geq 5\%$ foi uma espécie dominante (d). Palma *apud* Buschini (2006) concluiu que esses dois índices juntos podem ser utilizados para agrupar as espécies em três categorias (Ct): espécies comuns (c), intermediárias (i) e raras (r). A classificação em categorias foi analisada de acordo com Aguiar & Gaglianone (2008).

Em cada sistema de cultivo foram avaliados a riqueza de espécies de abelhas, a abundância de abelhas por planta, o número de flores por racimo e a taxa de visitação (número de abelhas que visitam uma flor de tomate no período de um dia) por racimo.

Os dados foram submetidos ao teste Shapiro-Wilk, com nível de significância de 5%, para verificar a normalidade. Posteriormente, eles foram submetidos à análise de Modelagem Linear Generalizada (MLG), a 5% de probabilidade. Para os dados de riqueza de espécies e taxa de visitação foi utilizado o software R (R Development Core Team, 2014) e para os dados de número de flores, o programa STATISTICA 8.0 (StatSoft, 2007).

Foi utilizado o coeficiente de correlação de Spearman para relacionar a abundância de abelhas e o número de flores, com auxílio do programa STATISTICA 8.0 (StatSoft, 2007).

Resultados e Discussão

Durante as 24 coletas realizadas nos quatro sistemas de cultivo (esforço de coleta total = 144 horas) foram registrados 948 espécimes visitando as flores do tomate, dois dos quais foram machos. Todas as análises foram restritas às 946 fêmeas, pertencentes a 36 espécies e quatro famílias de abelhas (Figura 1-5). A família Colletidae esteve representada por um único espécime de *Colletes rugicollis* Friese, 1900 (Figura 4B).

As espécies dos machos coletados foram: *Anthrenoides meridionalis* (Schrottky, 1906) e *Megachile* sp., ambas abelhas solitárias. Sabe-se que apenas as abelhas fêmeas procuram pólen na flor do tomate (Buchman, 1983), então, provavelmente, os machos coletados estavam patrulhando as flores visitadas pelas fêmeas, esperando a chegada delas ou estabelecendo territórios (Thornhill & Alcock, 1983). Por outro lado, os machos podem ter visitado as flores de tomate por engano, em busca de néctar.

No sistema Adensado foram registradas 278 abelhas pertencentes a 29 espécies; no sistema Viçosa, 251 abelhas pertencentes a 23 espécies; no sistema Cerca Cruzada, 241 abelhas pertencentes a 26 espécies e no sistema Vertical, 176 abelhas pertencentes a 23 espécies (Tabela 1). Embora no sistema Adensado tenha se registrado o maior número de visitantes florais ($n = 278$), esse valor representou o menor número de abelhas por planta (cinco abelhas por planta, em média). Uma situação inversa aconteceu no sistema Vertical, no qual foi observada a menor abundância de abelhas, porém o maior número de abelhas por planta (11 abelhas por planta, em média) (Tabela 1).

Das 36 espécies de abelhas registradas, 32 foram classificadas como polinizadores efetivos ($n = 673$) devido ao fato de que coletavam pólen através da vibração das anteras. As quatro restantes foram classificadas como ladras de pólen ($n = 273$) já que coletavam pólen sem vibrar a antera da flor. Os polinizadores efetivos e os ladrões de pólen representaram 71,14% e 28,86% da abundância total de abelhas, respectivamente (Tabela 2).

Dos polinizadores efetivos, metade das espécies foi classificada como pouco frequente, ocasional e rara; além disso, a família Apidae foi a mais abundante e diversificada ($n = 505$, $S = 15$) e o gênero *Exomalopsis* o mais representativo, sendo *Exomalopsis (Exomalopsis) analis* Spinola, 1853 ($n = 269$) a espécie mais abundante em todos os sistemas de cultivo, representando o 98,53% dos polinizadores efetivos (Tabela 1), seguida de *E. (Exomalopsis) auropilosa* Spinola, 1853 ($n = 136$); as duas espécies foram as únicas classificadas como espécies muito frequentes, dominantes e comuns (Figura 1A, B). Esses resultados corroboram os obtidos em outros estudos, nos quais o gênero *Exomalopsis* também foi o mais abundante em cultivos de tomate no Rio de Janeiro, Brasil (Deprá et al., 2013) e no México (Macias-Macias et al., 2009). *Exomalopsis (Exomalopsis) analis* também foi o principal visitante floral de tomateiros em Minas Gerais (Santos et al., 2014) e Goiás, no Brasil (Silva Neto et al., 2013).

Os ladrões de pólen foram: *Apis mellifera* Linnaeus, 1758, *Tetragona elongata* (Lepeletier & Serville, 1828), *Trigona hyalinata* (Lepeletier, 1836) e *T. spinipes* (Fabricius, 1793) (Figura 4), sendo que *A. mellifera* foi o ladrão de pólen mais abundante ($n = 262$) e a segunda abelha mais coletada no estudo, classificando-se como muito frequente, dominante e comum. Santos et al. (2014) observaram que quando *A. mellifera* coletava pólen, inseria a glossa dentro do orifício apical das anteras, ocorrendo a aderência de grãos de pólen na cabeça. Dessa maneira, eventualmente encostavam o estigma da flor, o que sugeriu que *A. mellifera* seria um polinizador potencial do tomateiro, participando principalmente na polinização cruzada.

A classificação de todas as abelhas coletadas segundo frequência, dominância e categoria encontra-se na Tabela 2.

Tabela 1. Visitantes florais coletados nos diferentes sistemas de cultivo durante o desenvolvimento do tomateiro. Ab 1, abundância de abelhas; Ab 2, Ab 1/número de plantas por sistema de cultivo; S, riqueza de espécies.

VISITANTES FLORAIS	SISTEMAS DE CULTIVO								Abundância Total
	ADENSADO (S = 29)		VIÇOSA (S = 23)		CERCA CRUZADA (S = 26)		VERTICAL (S= 23)		
	Ab 1	Ab 2	Ab 1	Ab 2	Ab 1	Ab 2	Ab 1	Ab 2	
ANDRENIDAE	5	0,09	2	0,08	7	0,25	2	0,13	16
<i>Anthrenoides meridionalis</i> (Schrottky, 1906)	5	0,09	2	0,08	7	0,25	2	0,13	16
APIDAE	215	3,91	217	8,35	193	6,89	153	9,56	778
<i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758	85	1,55	82	3,15	48	1,71	47	2,94	262
<i>Bombus (Fervidobombus) morio</i> (Swederus, 1787)	3	0,05	2	0,08	2	0,07	5	0,31	12
<i>Bombus (Fervidobombus) pauloensis</i> Friese, 1913	3	0,05	2	0,08	1	0,04	1	0,06	7
<i>Centris (Hemisiella) tarsata</i> Smith, 1874	1	0,02	-	-	1	0,04	1	0,06	3
<i>Euglossa (Euglossa) cf. anodorhynchi</i> Nemésio, 2006	3	0,05	1	0,04	3	0,11	3	0,19	10
<i>Eulaema (Apeulaema) nigrita</i> Lepeletier, 1841	2	0,04	-	-	-	-	1	0,06	3
<i>Exomalopsis (Exomalopsis) analis</i> Spinola, 1853	67	1,22	73	2,81	81	2,89	48	3,00	269
<i>Exomalopsis (Exomalopsis) auropilosa</i> Spinola, 1853	29	0,53	35	1,35	35	1,25	37	2,31	136
<i>Exomalopsis (Exomalopsis) cf. elephantopodis</i> Schrottky, 1909	1	0,02	1	0,04	4	0,14	1	0,06	7
<i>Exomalopsis (Exomalopsis) fernandoi</i> Moure, 1990	-	-	1	0,04	-	-	2	0,13	3
<i>Exomalopsis (Exomalopsis) fulvofasciata</i> Smith, 1879	1	0,02	4	0,15	2	0,07	1	0,06	8
<i>Exomalopsis (Exomalopsis) minor</i> Schrottky, 1910	7	0,13	5	0,19	7	0,25	2	0,13	21
<i>Exomalopsis (Exomalopsis) ypirangensis</i> Schrottky, 1910	5	0,09	7	0,27	4	0,14	1	0,06	17
<i>Lophopedia nigrispinis</i> (Vachal, 1909)	3	0,05	-	-	-	-	1	0,06	4

<i>Schwarziana quadripunctata</i> (Lepeletier, 1836)	1	0,02	-	-	3	0,11	-	-	4
<i>Tetragona elongata</i> (Lepeletier & Serville, 1828)	-	-	-	-	1	0,04	-	-	1
<i>Trigona hyalinata</i> (Lepeletier, 1836)	1	0,02	-	-	-	-	-	-	1
<i>Trigona spinipes</i> (Fabricius, 1793)	2	0,04	4	0,15	1	0,04	2	0,13	9
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) suspecta</i> Moure & Camargo, 1988	1	0,02	-	-	-	-	-	-	1
COLLETIDAE	1	0,02	-	-	-	-	-	-	1
<i>Colletes rugicollis</i> Friese, 1900	1	0,02	-	-	-	-	-	-	1
HALICTIDAE	57	1,04	32	1,23	41	1,46	21	1,31	151
<i>Augochlora (Augochlora) caerulior</i> Cockerell, 1900	-	-	1	0,04	-	-	-	-	1
<i>Augochlora (Augochlora) cf. amphitrite</i> (Schrottky, 1909)	5	0,09	1	0,04	3	0,11	1	0,06	10
<i>Augochlora (Oxystoglossella) thalia</i> Smith, 1879	-	-	1	0,04	-	-	-	-	1
<i>Augochloropsis aff. electra</i>	-	-	5	0,19	3	0,11	-	-	8
<i>Augochloropsis aff. illustris</i>	-	-	1	0,04	2	0,07	-	-	3
<i>Augochloropsis cf. argentina</i> (Friese, 1908)	1	0,02	-	-	1	0,04	-	-	2
<i>Augochloropsis cupreola</i> (Cockerell, 1900)	3	0,05	-	-	2	0,07	2	0,13	7
<i>Augochloropsis electra</i> (Smith, 1853)	6	0,11	4	0,15	5	0,18	3	0,19	18
<i>Augochloropsis notophos</i> (Vachal, 1903)	9	0,16	5	0,19	15	0,54	5	0,31	34
<i>Augochloropsis smithiana</i> (Cockerell, 1900)	1	0,02	-	-	-	-	-	-	1
<i>Dialictus aff. opacus</i>	1	0,02	1	0,04	1	0,04	-	-	3
<i>Pseudaugochlora callaina</i> Almeida, 2008	3	0,05	-	-	1	0,04	-	-	4
<i>Pseudaugochlora cf. indistincta</i> Almeida, 2008	-	-	-	-	-	-	1	0,06	1
<i>Pseudaugochlora erythrogaster</i> Almeida, 2008	8	0,15	3	0,12	1	0,04	3	0,19	15
<i>Pseudaugochlora graminea</i> (Fabricius, 1804)	20	0,36	10	0,38	7	0,25	6	0,38	43
Abundância total	278	5,05	251	9,65	241	8,61	176	11,00	946

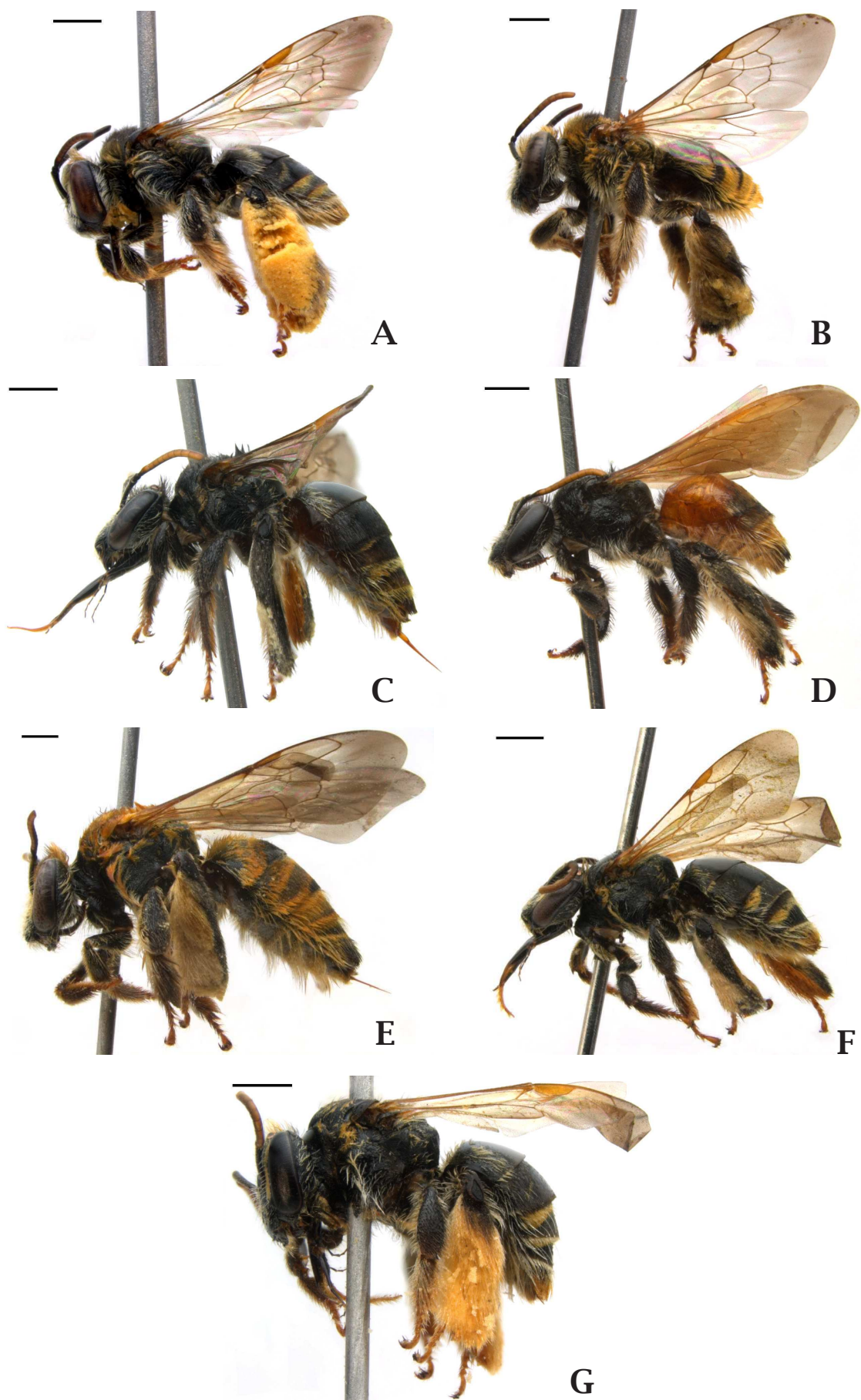


Figura 1. Habitus de fêmeas de *Exomalopsis*, em vista lateral. *E. (Exomalopsis) analis* (A), *E. (Exomalopsis) auropilosa* (B), *E. (Exomalopsis) cf. elephantopodis* (C), *E. (Exomalopsis) fernandoi* (D), *E. (Exomalopsis) fulvofasciata* (E), *E. (Exomalopsis) minor* (F), *E. (Exomalopsis) ypirangensis* (G). Escala = 1mm.

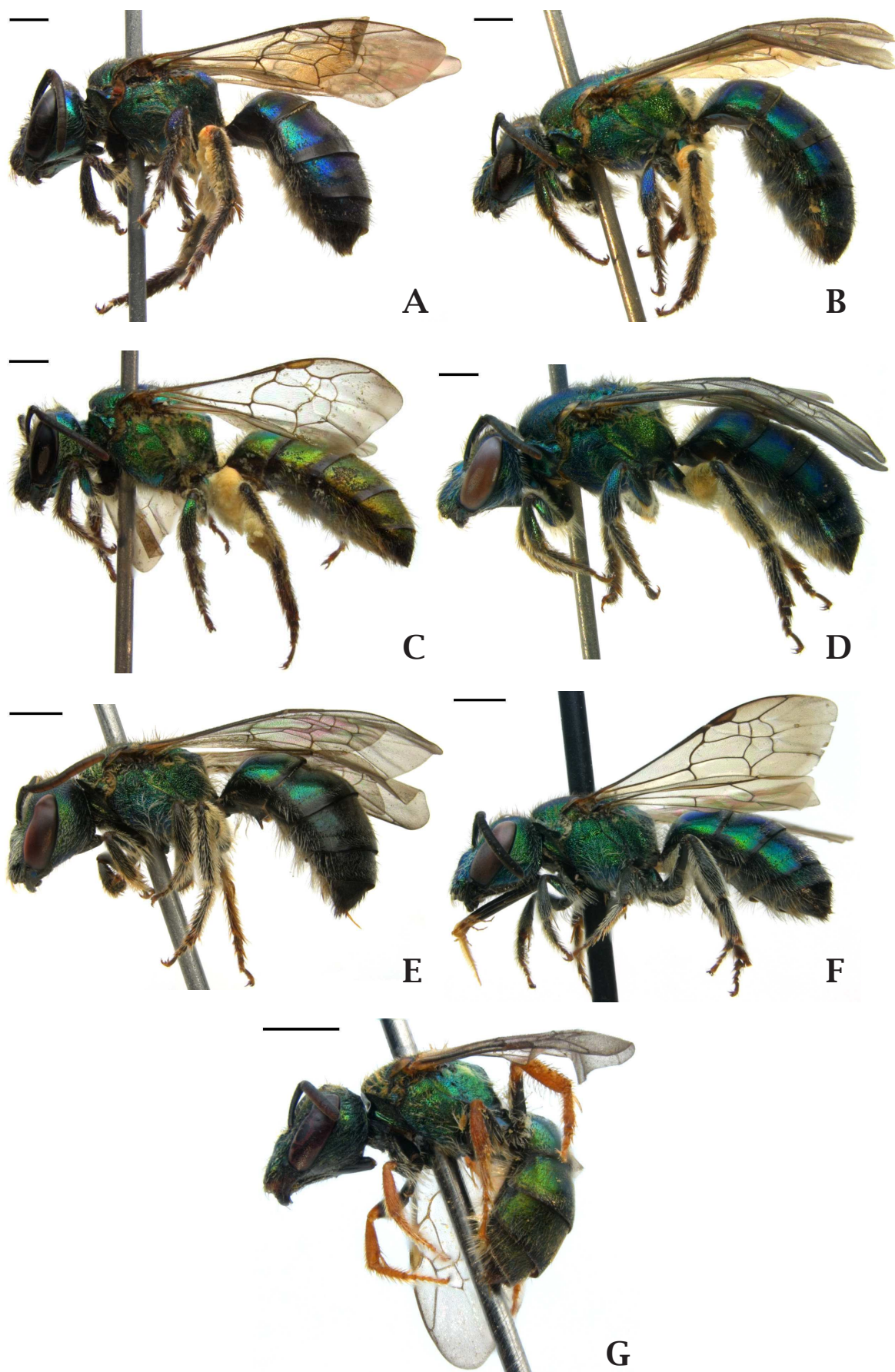


Figura 2. Habitus de fêmeas de *Pseudaugochlora* e *Augochlora*, em vista lateral. *P. callaina* (A), *P. cf. indistincta* (B), *P. erythrogaster* (C), *P. graminea* (D), *A. (Augochlora) caerulior* (E), *A. (Augochlora) cf. amphitrite* (F), *A. (Oxystoglosella) thalia* (G). Escala = 1mm.

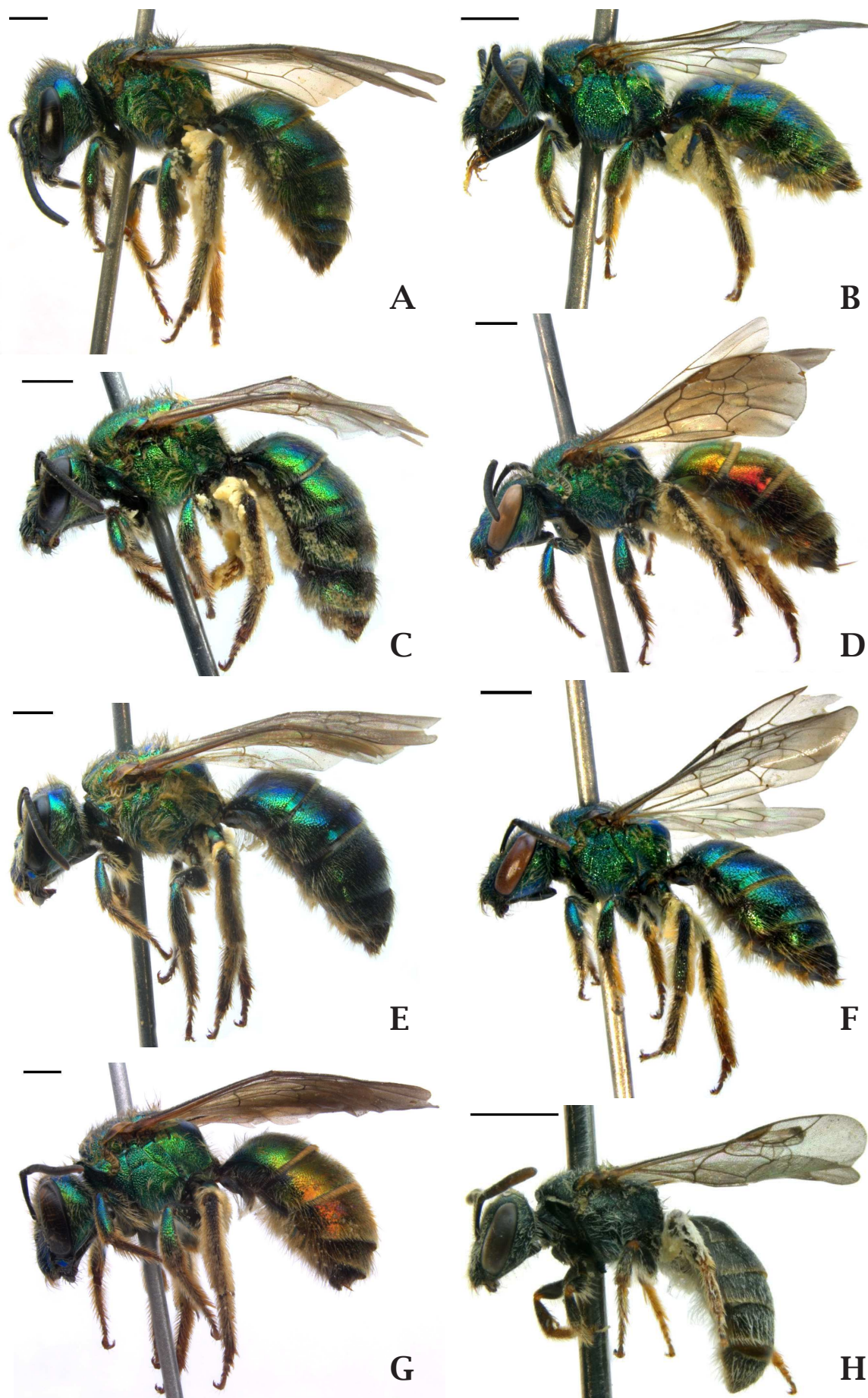


Figura 3. Habitus de fêmeas de *Augochloropsis* e *Dialictus*, em vista lateral. A. aff. *electra* (A), A. aff. *illustris* (B), A. cf. *argentina* (C), A. *cupreola* (D), A. *electra* (E), A. *notophos* (F), A. *smithiana* (G), D. aff. *opacus* (H). Escala = 1mm.

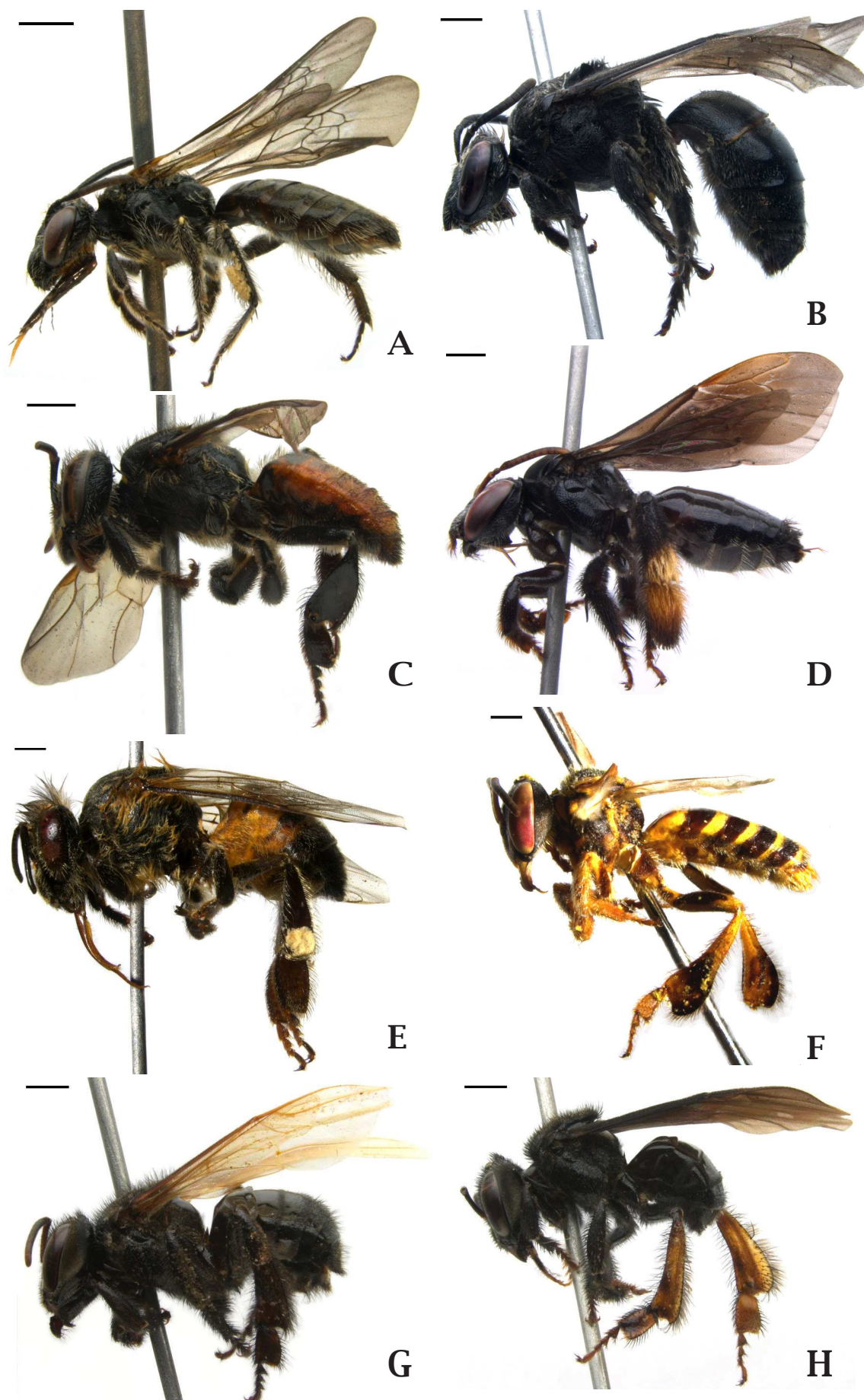


Figura 4. Habitus de fêmeas, em vista lateral. *Anthrenoides meridionalis* (A), *Colletes rugicollis* (B), *Schwarziana quadripunctata* (C), *Lophopedia nigrispinis* (D), *Apis mellifera* (E), *Tetragona clavipes* (F), *Trigona hyalinata* (G). *T. spinipes* (G) [figuras E-H, correspondem aos ladrões de pólen]. Escala = 1mm.

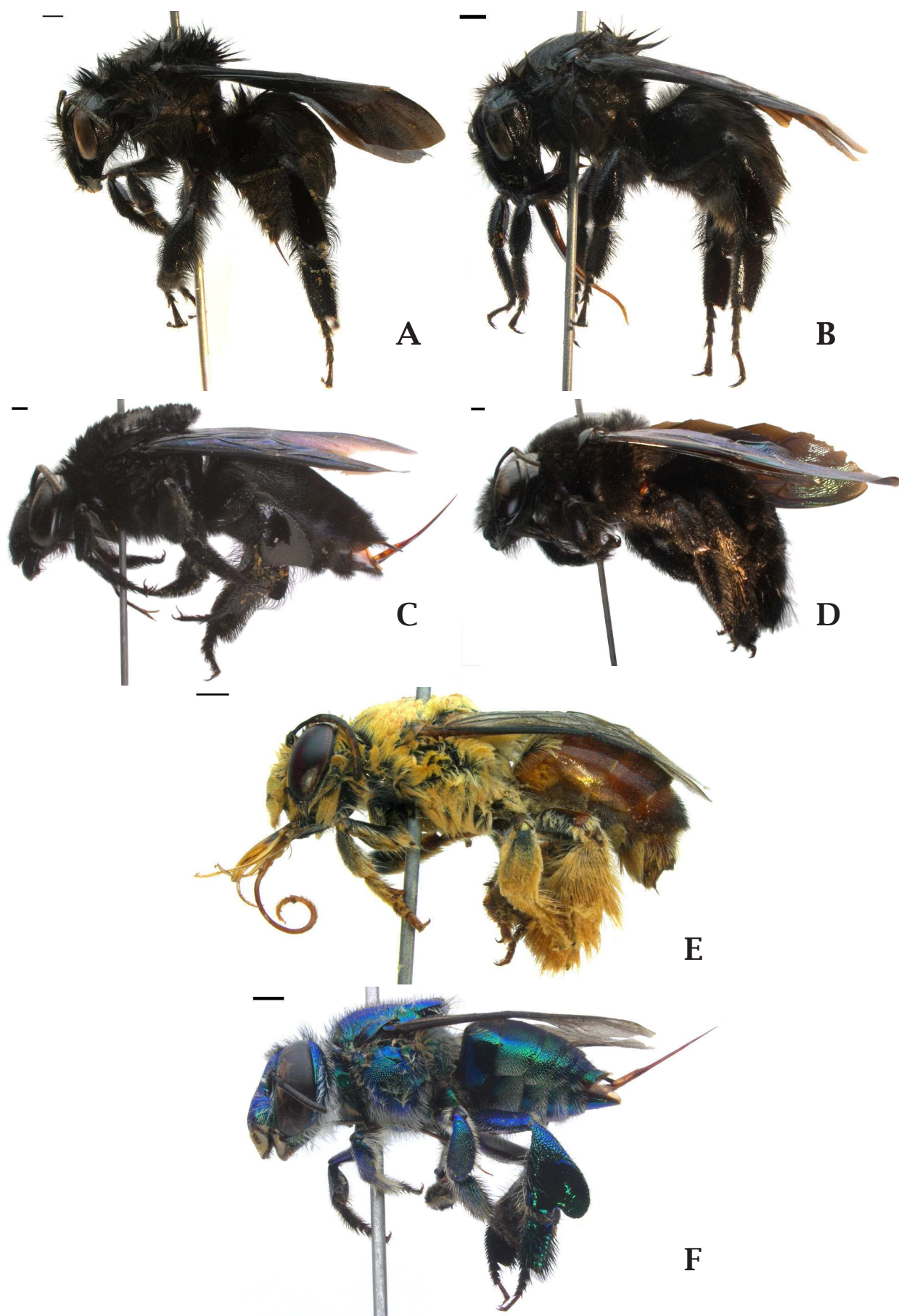


Figura 5. Habitus de fêmeas, em vista lateral. *Bombus morio* (A), *B. pauloensis* (B), *Eulaema nigrita* (C), *Xylocopa* (*Neoxylocopa*) *suspecta* (D), *Centris* (*Hemisiella*) *tarsata* (E), *Euglossa* (*Euglossa*) cf. *anodorhynchi* (F). Escala = 1mm.

Tabela 2. Classificação das 36 espécies amostradas nos tomateiros de acordo com a frequência de ocorrência (FO), dominância (D) e categoria (Ct)⁽¹⁾.

VISITANTES FLORAIS	FO	D	Ct
POLINIZADORES EFETIVOS 71,14%⁽²⁾			
<i>Anthrenoides meridionalis</i>	f	oc	i
<i>Augochlora (Augochlora) caerulior</i>	pf	oc	r
<i>A. (Augochlora) cf. amphitrite</i>	f	oc	i
<i>A. (Oxystoglossella) thalia</i>	pf	oc	r
<i>Augochloropsis aff. electra</i>	pf	oc	r
<i>A. aff. illustris</i>	pf	oc	r
<i>A. cf. argentina</i>	pf	oc	r
<i>A. cupreola</i>	f	oc	i
<i>A. electra</i>	mf	oc	i
<i>A. notophos</i>	mf	a	i
<i>A. smithiana</i>	pf	oc	r
<i>Bombus (Fervidobombus) morio</i>	f	oc	i
<i>B. (Fervidobombus) pauloensis</i>	f	oc	i
<i>Centris (Hemisiella) tarsata</i>	pf	oc	r
<i>Colletes rugicollis</i>	pf	oc	r
<i>Dialictus aff. opacus</i>	pf	oc	r
<i>Euglossa (Euglossa) cf. anodorhynchi</i>	f	oc	i
<i>Eulaema (Apeulaema) nigrita</i>	pf	oc	r
<i>Exomalopsis (Exomalopsis) analis</i>	mf	d	c
<i>E. (Exomalopsis) auropilosa</i>	mf	d	c
<i>E. (Exomalopsis) cf. elephantopodis</i>	f	oc	i
<i>E. (Exomalopsis) fernandoi</i>	pf	oc	r
<i>E. (Exomalopsis) fulvofasciata</i>	f	oc	i
<i>E. (Exomalopsis) minor</i>	mf	oc	i
<i>E. (Exomalopsis) ypirangensis</i>	f	oc	i
<i>Lophopedia nigrispinis</i>	pf	oc	r
<i>Pseudaugochlora callaina</i>	pf	oc	r
<i>P. cf. indistincta</i>	pf	oc	r
<i>P. erythrogaster</i>	f	oc	i
<i>P. graminea</i>	mf	a	i
<i>Schwarziana quadripunctata</i>	pf	oc	r
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) suspecta</i>	pf	oc	r
LADRÕES DE PÓLEN 28,86%⁽²⁾			
<i>Apis mellifera</i>	mf	d	c
<i>Tetragona elongata</i>	pf	oc	r
<i>Trigona hyalinata</i>	pf	oc	r
<i>T. spinipes</i>	f	oc	i

⁽¹⁾pf: pouco frequente, f: frequente, mf: muito frequente, oc: ocasional, a: acessória, d: dominante, r: rara, i: intermediária, c: comum, segundo Palma *apud* Buschini (2006).

⁽²⁾Porcentagem de abundância.

Não foi observada distribuição normal das médias pelo teste de normalidade Shapiro-Wilk ($p < 0,05$). Por esta razão, todas as análises estatísticas realizadas foram feitas mediante testes não paramétricos.

Não houve diferença significativa entre a riqueza de espécies visitantes, por dia, nos sistemas Adensado, Cerca Cruzada e Viçosa ($p > 0,05$), porém a riqueza na parcela conduzida com o sistema Vertical foi menor que as demais ($\chi^2 = 6,175$; $df = 92$; $p < 0,05$) (Figura 6).

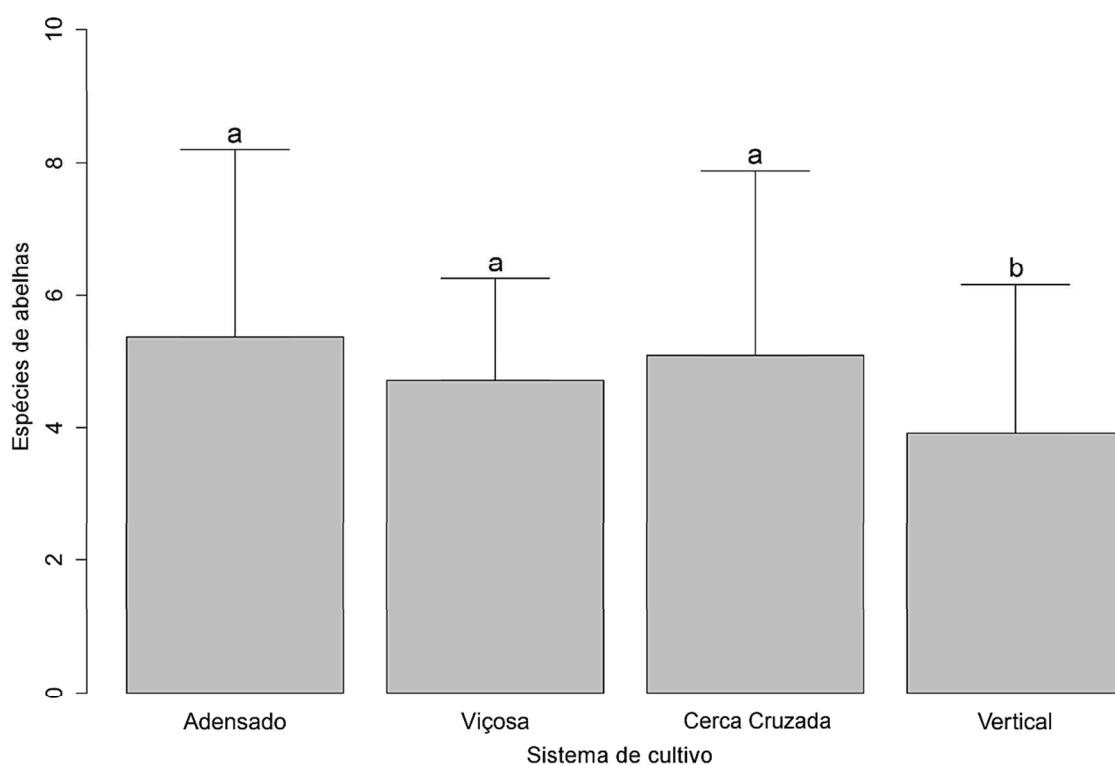


Figura 6. Médias da riqueza de espécies dos visitantes florais por dia, nos sistemas de cultivo. As barras no topo das colunas representam os desvios-padrões das médias, letras iguais não diferem entre si, pelo modelo linear generalizado com distribuição de erros Poisson, a 5% de probabilidade.

Para o número de flores, houve interação significativa entre os racimos e os sistemas de cultivo ($\chi^2 = 79,289$; $df = 21$; $p < 0,05$) (Figura 7). Para os sistemas Adensado e Cerca Cruzada, o número de flores decresce a partir do quarto racimo (quarta semana), enquanto para os sistemas de cultivo Viçosa e Vertical o número de flores começa a diminuir a partir do sexto racimo (sexta semana) (Figura 7).

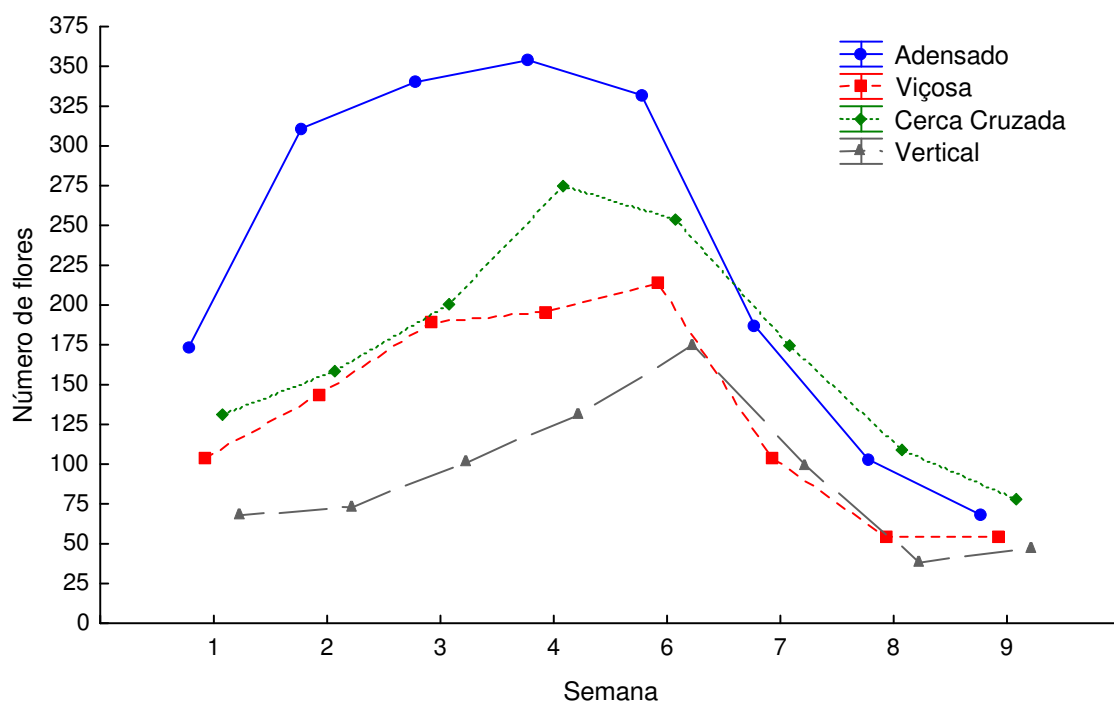


Figura 7. Variação do número total de flores aptas à polinização, por parcela e por semana, durante o período de condução do experimento em Viçosa, Minas Gerais.

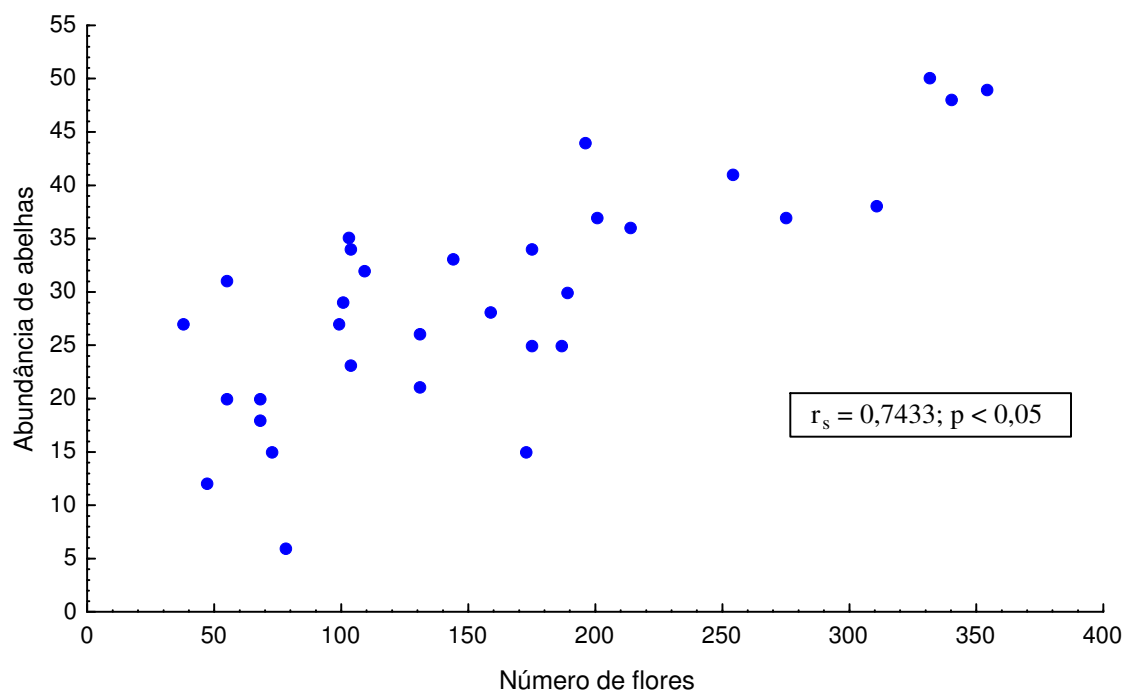


Figura 8. Correlação positiva entre a abundância dos visitantes florais e o número de flores dos tomateiros, durante o período de condução do experimento em Viçosa, Minas Gerais. r_s , coeficiente de Spearman.

Foi observada correlação positiva entre o número de flores e a abundância de abelhas, segundo o coeficiente de Spearman ($r_s = 0,7433$; $p < 0,05$) (Figura 8). Baseando-nos no descrito por Restrepo & González (2007), esta correlação não quer dizer que o número de flores seja a causa da abundância de abelhas, mas que o aumento do número de flores e o aumento da abundância de abelhas aconteceram em períodos análogos. Por causa disto, a abundância de abelhas foi analisada em função do número de flores presentes em cada um dos sistemas de cultivo.

Houve diferença significativa na taxa de visitação (abundância de abelhas/flor/dia), entre os sistemas de cultivo ($\chi^2 = 42,675$; $df = 92$; $p < 0,05$), sendo que a diferença entre as taxas de visitação nos sistemas Adensado e Cerca Cruzada não foi significativa ($p > 0,05$) (Figura 9) e a maior média da taxa de visitação foi obtida nos sistemas Viçosa e Vertical (Figura 9, Tabela 3).

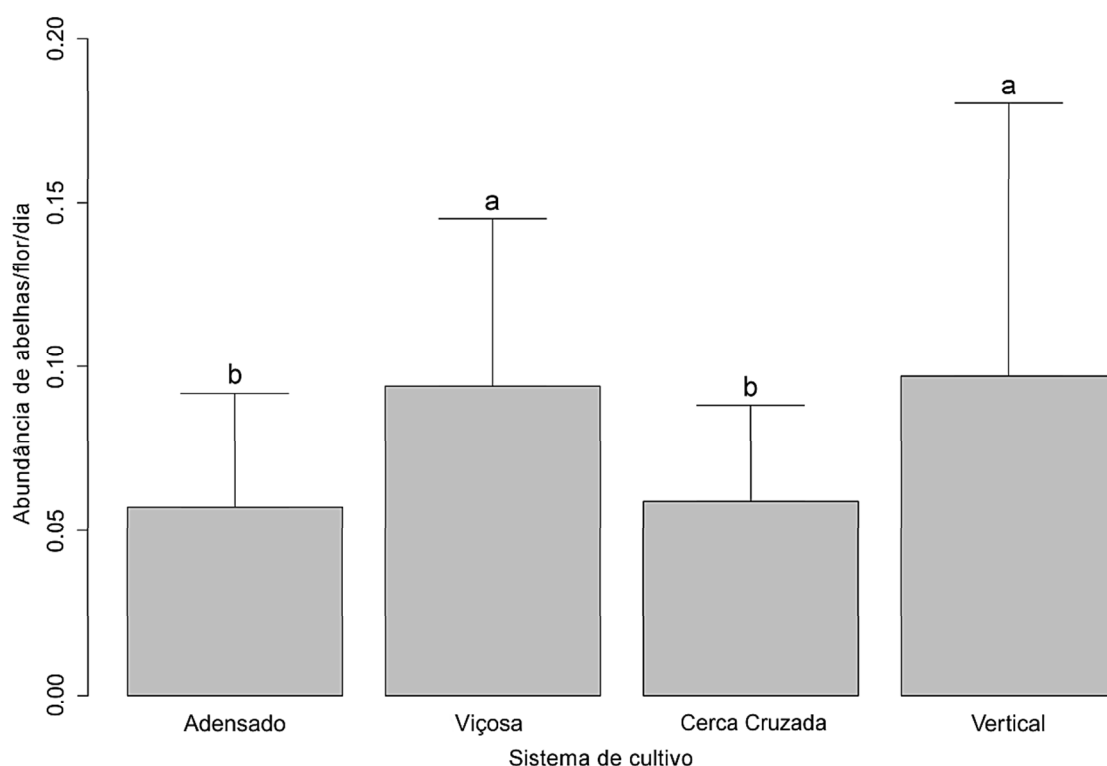


Figura 9. Médias da taxa de visitação (abundância de abelhas/flor/dia) nos sistemas de cultivo. As barras no topo das colunas representam os desvios-padrões das médias, letras iguais não diferem entre si, pelo modelo linear generalizado com distribuição de erros binomial, a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Número de flores e taxa de visitação (abundância de abelhas/ flor/dia) nos sistemas de cultivo, para cada racimo do tomateiro⁽¹⁾.

RACIMO	SISTEMAS DE CULTIVO			
	ADENSADO	VIÇOSA	CERCA CRUZADA	VERTICAL
1	173 (0,03)	104 (0,07)	131 (0,07)	68 (0,10)
2	311 (0,04)	144 (0,08)	159 (0,06)	73 (0,07)
3	340 (0,05)	189 (0,05)	201 (0,06)	101 (0,10)
4	354 (0,05)	196 (0,07)	275 (0,04)	131 (0,05)
6	332 (0,05)	214 (0,06)	254 (0,05)	175 (0,05)
7	187 (0,04)	104 (0,11)	175 (0,06)	99 (0,09)
8	103 (0,11)	55 (0,19)	109 (0,10)	38 (0,24)
9	68 (0,09)	55 (0,12)	78 (0,03)	47 (0,09)
Média	234 (0,06)	133 (0,09)	173 (0,06)	92 (0,10)

⁽¹⁾valores entre parênteses representam os valores da taxa de visitação.

Neste estudo, observou-se uma maior taxa de visitação nas plantas mais saudáveis, com menos sobreposição e sombreamento. Estas características estiveram presentes nos tomateiros conduzidos nos sistemas Vertical e Viçosa, e foram determinantes para a atratividade das flores às abelhas. As maiores taxas de visitação por abelhas (Figura 9, Tabela 3) nesses dois sistemas de cultivo foram relevantes economicamente, pois o sistema Viçosa tem sido o mais indicado aos tomaticultores para obter maior lucratividade (Almeida et al., 2015), destacando-se a importância de conservação das comunidades de abelhas e dos habitats naturais próximos dos cultivos de tomate para melhorar os serviços de polinização nessa cultura, em campo aberto.

Conclui-se que no cultivo de tomate a visitação das abelhas está relacionada com a distribuição espacial das plantas, número de flores e atratividade da flor. Plantas cultivadas nos sistemas Vertical e Viçosa foram as que receberam maior número de visitas por planta.

Para a abundância de abelhas e a riqueza de espécies por dia, nos diferentes sistemas de cultivo, houve interação significativa entre a temperatura e a umidade relativa do ar ($p < 0,05$). Essas variáveis climáticas foram registradas por horário de coleta (Figura 10), sendo que a temperatura foi aumentando ao longo do dia e a umidade relativa seguiu o padrão inverso. Nenhuma das espécies de abelhas registradas seguiu padrões de visitação das flores em função do horário.

Em relação ao tipo de vibração da flor do tomateiro por parte das abelhas, observou-se que de manhã (9h) períodos curtos de vibrações eram suficientes para encher suas escopas, a carga de pólen era conseguida com visitação de poucas flores e ficavam somente em uma posição sobre a flor. Porém, a partir das 12h as abelhas realizavam várias vibrações (ao redor de cada flor) por períodos maiores, conseguindo encher suas escopas depois de visitar muitas flores. Nesse horário, as abelhas ficavam mais tempo no cultivo na procura de pólen. Esse tipo de comportamento concorda com o descrito por Buchmann (1983).

O horário de maior atividade dos visitantes florais (maior abundância de abelhas no campo) nos tomateiros em Viçosa foi de 10h às 11h. Neste horário registrou-se uma temperatura média de 25,9°C e uma umidade relativa média de 25% (intersecção das curvas na Figura 10). A partir das 14h, a atividade dos visitantes florais diminuiu consideravelmente, coincidindo com os horários mais quentes e com menor umidade relativa do ar (Figura 10 e 11). Estes resultados assemelham-se com os obtidos em estudos anteriores que concluíram que o estigma da flor de tomate encontra-se mais receptivo de 10h às 14h (Baptistella, 2013) e de 10:30h às 15:30h (Del Sarto et al., 2005).

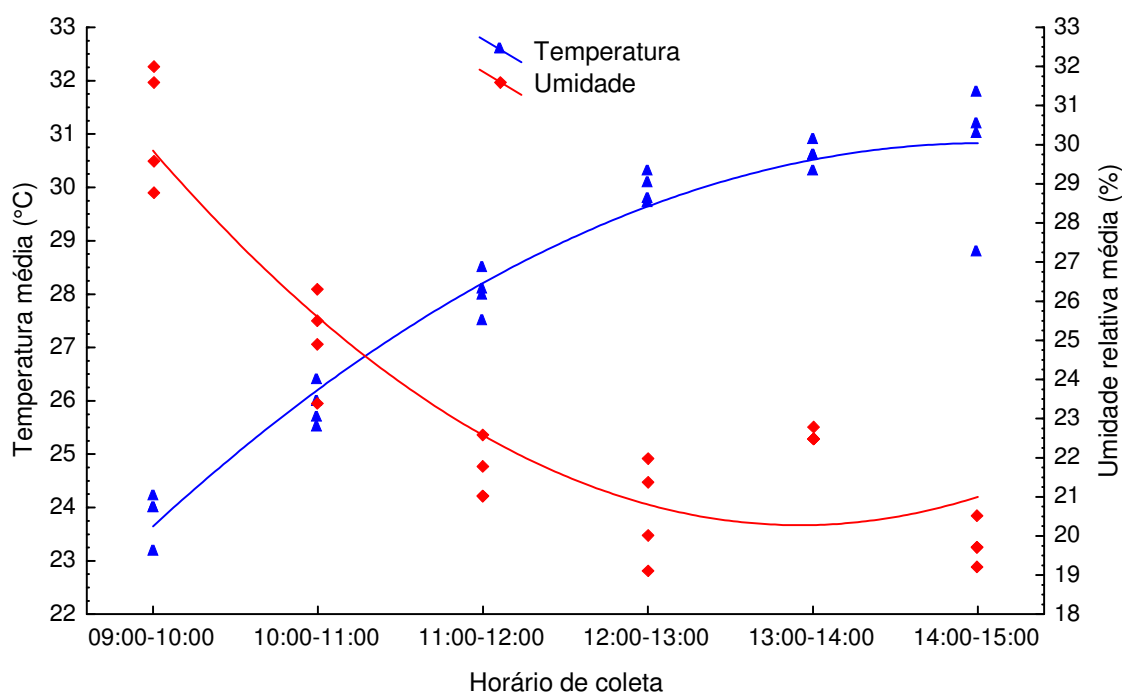


Figura 10. Temperaturas médias (°C) e umidades relativas médias (%) registradas durante o período de condução do experimento, na horta de pesquisa em Viçosa, Minas Gerais.

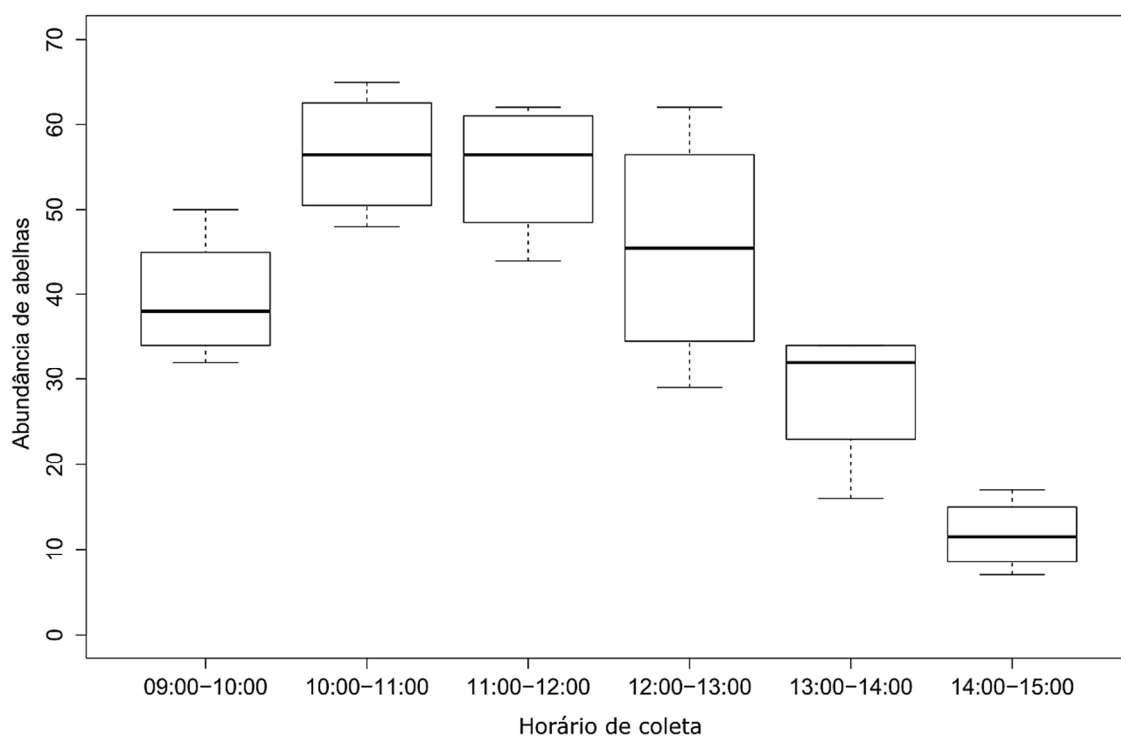


Figura 11. Médias da abundância dos visitantes florais durante o horário de coleta. As linhas em negrito e as linhas tracejadas representam os valores das médias e desvios padrões, respectivamente.

Na figura 12 é mostrado o comportamento do número cumulativo de espécies em função do esforço de amostragem. Isto foi analisado segundo o modelo assintótico de Clench, que supõe que quanto maior é o tempo de coleta no campo, maior será a probabilidade de encontrar novas espécies (até um valor máximo), devido ao aumento de experiência no lugar e com a metodologia, que vai se adquirindo em campo (Soberón & Llorente, 1993).

A curva da riqueza observada (S_{obs}) não se estabilizou, o que sugere que é preciso um esforço de coleta maior do que o utilizado para se obter uma amostra que represente melhor o número total de espécies de abelhas presentes nos tomateiros de Viçosa.

Considera-se que um estimador fornece uma estimativa útil da riqueza de espécies se a assíntota dele consegue atingir ou ficar perto do número de espécies observadas. As curvas obtidas através dos diferentes estimadores de riqueza utilizados parecem próximas da estabilização, sugerindo que a maior parte das espécies tenha sido registrada. Os maiores valores de riqueza estimada verificaram-se para ACE, ICE e

Jack 1, sendo que o primeiro estimador se baseia na abundância das espécies coletadas e os dois últimos na presença e ausência dos dados.

Portanto, os estimadores de riqueza de espécies mostraram que no estudo foi coletado entre 75,96% (Jack 1) e 88,27% (ACE) das espécies que ocorrem no cultivo de tomate em Viçosa, sendo que a fauna de abelhas seria composta entre 41 e 47 espécies, respectivamente (valor das assíntota das curvas Jack 1 e ACE na Figura 12). Estes resultados não concordam com o afirmado por Azevedo et al. (2008) e Santos et al. (2014), que consideraram o estimador Jack 1 como o único para comunidades de abelhas.

Os *singletons* e *doubletons* são definidos como o número de espécies representadas por um ou dois indivíduos, respectivamente (Magurran, 2004). No estudo, foram encontrados oito *singletons* e um *doubleton*, eles explicariam melhor a maior estimativa de riqueza de ACE, uma vez que este estimador depende diretamente do número de espécies raras (com menos de 10 indivíduos) e do número de *singletons* presentes na amostra (Magurran, 2004).

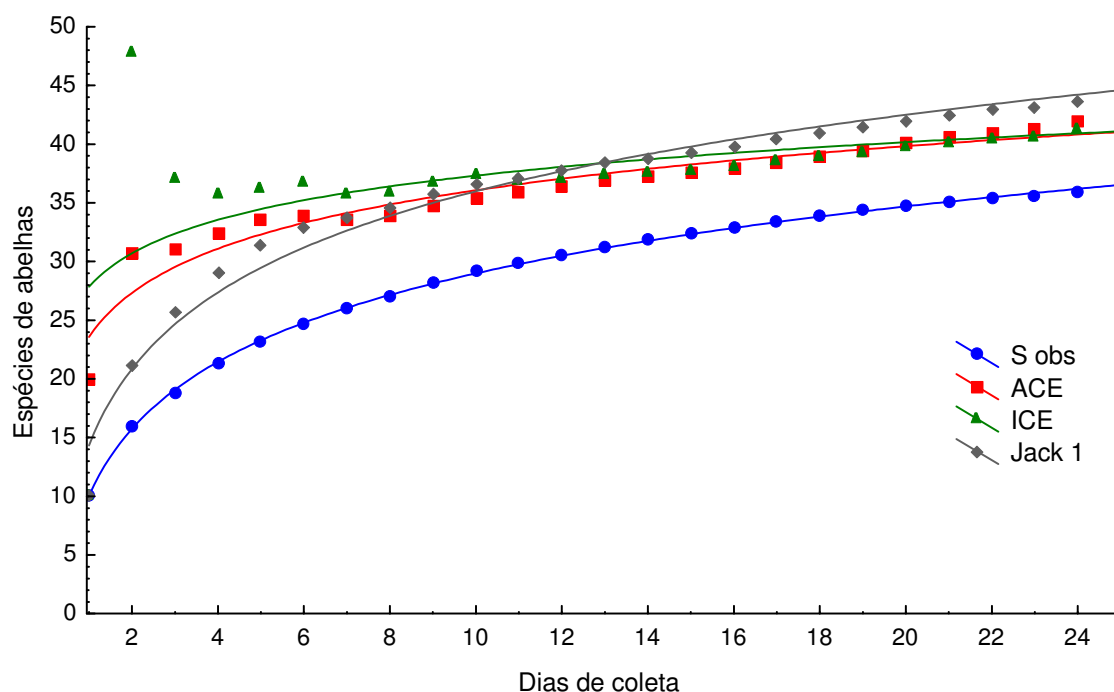


Figura 12. Curvas de acumulação dos três melhores estimadores de riqueza das espécies de abelhas, coletadas durante 144 horas de amostragem. S obs, riqueza das espécies observadas no estudo.

A interação polinizador-planta na cultura de tomate em Viçosa é afetada pelo sistema de cultivo utilizado. Os dados obtidos neste estudo poderão orientar modificações nos tratos culturais, no sentido de preservar as populações de polinizadores para aumentar a sua eficiência na cultura. Isto, principalmente relacionado à definição de melhores horários para a aplicação de agrotóxicos, com a finalidade de evitar seu efeito direto sobre as abelhas visitantes nos cultivos de tomate.

Conclusões

1. No cultivo de tomate em Viçosa, a visitação das abelhas está relacionada com a distribuição espacial das plantas e o número de flores. Plantas cultivadas nos sistemas Vertical e Viçosa recebem a maior taxa de visitação por planta e por flor.
2. A riqueza de espécies visitantes na parcela conduzida nos sistemas Adensado, Cerca Cruzada e Viçosa, não diferem entre si, porém é maior que a riqueza conduzida no sistema Vertical.
3. O horário de maior atividade dos visitantes florais nos tomateiros, no município de Viçosa, é de 10h às 11h. A partir das 14h, a atividade dos visitantes florais diminui consideravelmente, coincidindo com os horários mais quentes e com menor umidade relativa do ar.

Agradecimentos

Ao professor Derly José Henriques da Silva e Victor de Souza Almeida pela ajuda na condução dos sistemas de cultivo e tratos culturais durante o desenvolvimento dos tomateiros. Aos professores Fernando Amaral da Silveira e Eduardo Almeida, pela valiosa contribuição na identificação das abelhas coletas neste estudo.

Referências

- AGUIAR, W.M.; GAGLIANONE, M.C. Comunidade de abelhas Euglossina (Hymenoptera: Apidae) em remanescentes de mata estacional semidecidual sobre tabuleiro no estado do Rio de Janeiro. **Neotropical Entomology**, v.37, p.118-125, 2008.
- AL-ATTAL, Y.Z.; KASRAWI, M.A.; NAZER, I.K. Influence of pollination technique on greenhouse tomato production. **Agricultural and Marine Sciences**, v.8, p.21-26, 2003.
- ALMEIDA, V.S.; SILVA, D.J.H.; GOMES, C.N.; ANTONIO, A.C.; MOURA, A.D.; LIMA, A.L.R. Sistema Viçosa para o cultivo de tomateiro. **Horticultura Brasileira**, v.33, p.74-79, 2015.
- ANDRIOLO, J.L. **Fisiologia das culturas protegidas**. 1.ed. Santa Maria: Editora UFSM, 1999. 142p.
- AZEVEDO, A.A.; SILVEIRA, F.A.; AGUIAR, C.M.L.; PEREIRA, V. S. Fauna de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) nos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço (Minas Gerais e Bahia, Brasil): riqueza de espécies, padrões de distribuição e ameaças para conservação. **Megadiversidade**, v.4, p.126-157, 2008.
- BAPTISTELLA, A.R.O de. **Uso e eficiência de abelhas sem ferrão (Apidae, Meliponini) na polinização do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill, Solanaceae) sob cultivo protegido**. 2013. 147p. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, SP.
- BOFF, P.; FONTES, P.C.R.; VALE, F.X.; ZAMBOLIM, L. Controle da mancha de estenfílio e da pinta-preta do tomateiro em função do sistema de condução. **Horticultura brasileira**, v.10, p.25-27, 1992.
- 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.
- BUSCHINI, M.L.T. Species diversity and community structure in trap-nesting bees in Southern Brazil. **Apidologie**, v.37, p.58-66, 2006.
- CANE, J.H. Habitat fragmentation and native bees: a premature verdict? **Conservation Ecology**, v.5, p. 3, 2001.
- COLWELL, R.K. **EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples**, version 9.1.0, 2013. Disponível em: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/>. Acesso em: 15 dezembro 2014.
- 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, 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.
- EARDLEY, C.; ROTH, D.; CLARKE, J.; BUCHMANN, S.; GEMMILL, B. **Pollinators and pollination: a resource book for policy and practice**. 1.ed. South Africa: Agricultural Research Council, 2006. 77p.
- FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção de hortaliças**. 2.ed. revista e ampliada. Viçosa: UFV, 2003. 412p.
- 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, p.810-821, 2009.
- JIMÉNEZ-VALVERDE, A.; HORTAL, J. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. **Revista Ibérica de Aracnología**, v.8, p.151-161, 2003.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil **Levantamento sistemático da produção agrícola**, v.26, p.1-86, 2013.
- KEVAN, P.G.; VIANA, B.F. The global decline of pollination services. **Biodiversity**, v.4, p.3-8, 2003.
- 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 B: Biological Sciences**, v.274, p.303-313, 2007.
- 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, p.456-465, 2009.
- MAGURRAN, A.E. **Measuring Biological Diversity**. Oxford, UK: Blackwell Science Ltd, 2004. 256p.
- MCGREGOR, S.E. **Insect pollination of cultivated crop plants**. Washington: Agricultural Research Service, Department of Agriculture, 1976. 849p.
- NAIKA, S.; JEUDE, J.V.L. de; GOFFAU, M. de; HILMI, M.; DAM, V.D. **A cultura do tomate: produção, processamento e comercialização**. Wageningen: Fundação Agromisa e CTA, 2006. 104 p.
- OLLERTON, J.; WINFREE, R.; TARRANT, S. How many flowering plants are pollinated by animals? **Oikos**, v.120, p.321-326, 2011.
- PICANÇO, M.; LEITE, G.L.D.; GUEDES, R.N.C.; SILVA, E.A. Yield loss in trellised tomato affected by insecticidal sprays and plant spacing. **Crop Protection**, v.17, p. 447-452, 1998.

- POTTS, S.G.; BIESMEIJER, J.C.; KREMEN, C.; NEUMANN, P.; SCHWEIGER, O.; KUNIN, W.E. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. **Trends in ecology & evolution**, v.25, p.345-353, 2010.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Austria: Vienna, 2014. Disponível em: <http://www.r-project.org/>. Acesso em: 20 dezembro 2014.
- RESTREPO, L.F.; GONZÁLEZ, J. De Pearson a Spearman. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**, v.20, p.183-192, 2007.
- ROUBIK, D.W. **Pollination of cultivated plants in the tropics**. Bull 118. Rome: Food and agriculture organization of the United Nations (FAO), 1995. 198 p.
- 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, p.987-994, 2014.
- SILVA NETO, C.M.; LIMA, F.G.; GONÇALVES, B.B.; BERGAMINI, L.L.; BERGAMINI, B.A.R.; ELIAS, M.A.; FRANCESCHINELLI, E.V. Native bees pollinate tomato flowers and increase fruit production. **Journal of Pollination Ecology**, v.11, p.41-45, 2013.
- SILVA, D.J.H.; VALE, F.X.R. **Tomate: Tecnologia de produção**. Viçosa: Editora UFV. Suprema Gr. Viçosa, MG: UFV, 2007. 355p.
- SILVEIRA, F.A.; MELO, G.A.R.; ALMEIDA, E.A.B. **Abelhas Brasileiras: Sistemática e Identificação**. 1.ed. Belo Horizonte, Brasil: Fernando A. Silveira, 2002. 253p.
- SOBERÓN, J.; LLORENTE, J. The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. **Conservation biology**, v.7, p.480-488, 1993.
- STATSOFT, INC. **STATISTICA: Data analysis software system**, version 8.0, 2007. Disponível em: www.statsoft.com. Acesso em: 06 abril 2015.
- THORNHILL, R.; J. ALCOCK. **The evolution of insect mating systems**. Cambridge: Harvard University Press, 1983. 547p.

CAPÍTULO 2

POLINIZAÇÃO DO TOMATEIRO CULTIVADO EM CAMPO ABERTO, EM VIÇOSA, MINAS GERAIS*

*Artigo escrito de acordo com as normas da revista Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB)

Polinização do tomateiro cultivado em campo aberto, em Viçosa, Minas Gerais

Evelyn Sánchez⁽¹⁾, Victor de Souza Almeida⁽²⁾, Lucio Antonio de Oliveira Campos⁽³⁾,
Derly José Henriques da Silva⁽²⁾

⁽¹⁾Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Viçosa, Av. P.H. Rolfs s/n, Campus Universitário, 36570-900, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. E-mail: eyss13@hotmail.com

⁽²⁾Laboratório de Manejo de Recurso Genéticos, Universidade Federal de Viçosa, Av. P.H. Rolfs s/n, Campus Universitário, 36570-900, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. E-mail: victoragroufv@yahoo.com.br, derly@ufv.br

⁽³⁾Departamento de Biologia Geral, Universidade Federal de Viçosa, Av. P.H. Rolfs s/n, Campus Universitário, 36570-900, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. E-mail: lcampos@ufv.br

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar se ocorre déficit de polinização no cultivo de tomate, no município de Viçosa, e mensurar a importância da polinização na qualidade dos frutos. Foram avaliados cinco tratamentos: autopolinização espontânea (AU), polinização aberta (PA), polinização mecânica ensacada (ME), polinização mecânica aberta (MA) e primeira visita (PV). Vinte e nove tomateiros foram tutorados verticalmente até o oitavo racimo. Nos frutos obtidos nesses tratamentos foram analisados a massa, diâmetro equatorial, número de sementes, número de lóculos, firmeza, pH, acidez titulável (AT), sólidos solúveis totais (SST) e sabor (SST/AT). Frutos obtidos nos tratamentos ME, MA e PA não apresentaram diferenças significativas quanto à massa, diâmetro equatorial e número de sementes. Frutos obtidos no tratamento AU apresentaram os menores valores para esses parâmetros. Maiores médias das características dos frutos foram obtidas no tratamento PV (*Exomalopsis* sp.) em relação ao seu controle (AU). Obtiveram-se frutos saborosos em todos os tratamentos. Verificou-se correlação positiva entre o número de sementes e a massa dos frutos nos primeiros seis racimos. Não existe déficit de polinização no cultivo de tomate na safra de 2014, em Viçosa, porém uma sobrepolinização das flores, principalmente até o sexto racimo do tomateiro, aumenta a produção sem afetar a qualidade dos frutos.

Termos para indexação: *Solanum lycopersicum*, cultivo, tratamentos, frutos, qualidade.

Pollination of tomato plants cultivated in open field in Viçosa, Minas Gerais

Abstract – The objective of this study was to evaluate whether pollination deficit occurs in tomato crop in Viçosa and measure the importance of pollination on fruit quality. Five pollination treatments were evaluated: spontaneous self-pollination (AU), open pollination (PA), bagged mechanical pollination (ME), open mechanical pollination (MA) and first visit (PV). 29 tomato plants were vertically staked until the eighth cluster. In the fruits obtained from these treatments the mass, equatorial diameter, number of seeds, number of locules, firmness, pH, titratable acidity (AT), total soluble solids (SST) and flavor (SST/AT) were analyzed. Fruits obtained from ME, MA and PA treatments showed no significant differences in weight, equatorial diameter and number of seeds. Fruits obtained from AU treatment had the lowest values for these parameters. The highest averages of fruit characteristics were obtained for PV (*Exomalopsis* sp.) with respect to its control (AU). Tasty fruits were obtained in all treatments. There was a positive correlation between the number of seeds and fruit mass in the first six clusters. There is no pollination deficit in tomato crop in the harvest of 2014, in Viçosa, nevertheless, over-pollination of flowers, mainly up to the sixth cluster, increases production without affecting fruit quality.

Index terms: *Solanum lycopersicum*, crop, treatment, fruits, quality.

Introdução

O tomate (*Solanum lycopersicum* L., Solanaceae) é uma planta herbácea, perene e cultivada anualmente, sendo considerada uma das hortaliças mais importantes do mundo (Naika et al., 2006; Silva & Vale, 2007). Tem sua origem na região andina da América do Sul, sendo cada vez mais consumida em razão da versatilidade de seu uso e aos expressivos teores de vitaminas e sais minerais (principalmente sódio, potássio, cálcio, fósforo e ferro) presentes nos frutos (Brioschi, 2001; Silva & Vale, 2007).

O Brasil é o oitavo maior produtor mundial de tomate. De acordo com as estimativas de safra do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2013, a produção brasileira de tomate foi de aproximadamente 4,1 milhões de toneladas em 66 mil hectares plantados, com produtividade média de 63,05 t ha⁻¹. Os estados de Goiás, São Paulo, Minas Gerais e Paraná foram os maiores produtores, nessa ordem.

A flor do tomateiro é hermafrodita e não produz néctar, sua inflorescência é do tipo racimo e o fruto é uma baga bi, tri ou plurilocular. O tempo necessário para que o fruto se desenvolva pode variar de sete a nove semanas (Naika et al., 2006). Em virtude da antera do tomateiro apresentar deiscência do tipo poricida é necessário que agentes polinizadores vibrem as anteras da flor, para que os grãos de pólen sejam liberados (McGregor, 1976; Banda & Paxton, 1991). Este tipo de polinização tem sido denominado *buzz pollination* ou polinização por vibração, devido ao som audível feito pelas abelhas durante suas visitas à essas flores (Buchmann, 1983).

As abelhas polinizam entre 60% a 70% das 1500 espécies de culturas agrícolas existentes no mundo (Roubik, 1995) e são essenciais na produção de 15% a 30% da alimentação humana (McGregor, 1976). A polinização tem efeito sobre a qualidade e eficiência da produção agrícola, pois uma polinização inadequada pode resultar não só na diminuição do rendimento, mas também no atraso da produção e na elevada porcentagem de frutos abortados ou de qualidade inferior (McGregor, 1976). Além disso, sabe-se que a forma externa do fruto reflete a distribuição interna das sementes (Kerbaudy, 2004).

Sabe-se que, devido a sua autocompatibilidade, as flores do tomateiro se autopolinizam. Em campo aberto, a polinização pode ser ajudada pelo vento, que agita

as flores liberando e depositando os grãos pólen no estigma da própria flor (Free, 1993). A vibração das plantas de tomate na fase de florescimento pode aumentar a deposição de grãos de pólen no estigma, proporcionando melhor fixação e qualidade dos frutos (Higuti et al., 2010), como demonstrado por Hanna (2004) e Palma et al. (2008) ao utilizarem dispositivos eletrônicos para polinizar flores de tomateiro através de vibração mecânica.

Estudos têm verificado o efeito da polinização na qualidade dos tomates de acordo com os parâmetros de massa, diâmetro equatorial e número de sementes dos frutos, em condições de campo aberto, nos estados de Rio de Janeiro (Deprá et al., 2013), Goiás (Silva Neto et al., 2013) e Minas Gerais (Santos et al., 2014). Todos eles avaliaram os tratamentos de autopolinização espontânea e polinização natural nessas condições, obtendo maior produção de frutos (Silva Neto et al., 2013; Santos et al., 2014), além de tomates com maior massa e maior número de sementes (Deprá et al., 2013; Silva Neto et al., 2013) no segundo tratamento. Concluindo que os cultivos de tomate nesses estados são beneficiados pela presença de polinizadores.

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi verificar se está havendo déficit de polinização no cultivo de tomate em condição de campo, no município de Viçosa, e mensurar a importância da polinização mecânica e por abelhas, na qualidade dos frutos.

Material e Métodos

Os ensaios foram conduzidos de maio a dezembro de 2014, em campo aberto, na horta de pesquisa da Universidade Federal de Viçosa (20°45'27,7" S, 42°50'44,5" W, 640 m de altitude), em uma área de 470 m², em Viçosa, Minas Gerais, Brasil. O município localiza-se no bioma Mata Atlântica.

Foi utilizado o híbrido Pioneiro, de hábito de crescimento indeterminado e frutos do tipo Saladete, cujas sementes são comercializadas pela empresa Agristar. As mudas foram produzidas em bandejas de Isopor[®] com 200 células preenchidas com substrato comercial Carolina[®] e transplantadas 22 dias após a semeadura, quando possuíam três a quatro folhas definitivas. As irrigações e as fertirrigações foram feitas por meio do sistema de gotejamento e os tratos culturais realizados como adubação, capinas,

desbrotas, despontes, amarrios, aplicação de agrotóxicos para controle de pragas e doenças, foram realizados conforme Silva & Vale (2007).

As plantas foram tutoradas verticalmente com fitilho, conduzidas com uma haste em espaçamento de 0,5 m entre plantas e 1,2 m entre linhas e avaliadas nas mesmas condições de cultivo. Os tratamentos foram dispostos no delineamento inteiramente casualizados, em duas linhas de plantio de 8 m de comprimento, deixando-se duas linhas laterais como bordadura. Cada parcela foi formada por uma planta e cada fruto foi uma repetição.

Foram avaliados cinco tratamentos de polinização segundo Delaplane et al. (2013) e Dafni et al. (2005): autopolinização espontânea (AU), polinização aberta (PA), polinização mecânica aberta (MA), polinização mecânica ensacada (ME) e primeira visita (PV).

Na autopolinização espontânea (AU), os botões florais em pré-antese foram ensacados com saquinhos de organza até a formação dos frutos para impedir que as flores fossem visitadas por insetos e/ou outros agentes naturais de polinização. Foi utilizado organza pois, este material permite que o microambiente da flor (temperatura e umidade relativa) seja semelhante às condições naturais de campo (Wyatt et al., 1992).

Na polinização aberta (PA), as flores permaneceram expostas durante todo seu desenvolvimento, permitindo a visitação por abelhas (condições naturais de cultivo em campo).

A polinização mecânica ensacada (ME) e a aberta (MA) foram similares aos tratamentos AU e PA, respectivamente. No entanto, as flores foram sobrepolinizadas manualmente através de vibração mecânica realizada com auxílio de uma escova dental elétrica, na qual as cerdas foram substituídas por uma ponteira de 200 μ L (Figura 1).

Segundo Hochmuth & Hochmuth (2001) a polinização mecânica deve ser feita pelo menos a cada dois dias no horário das 10h às 15h evitando os dias nublados, pois mesmo com vibração a umidade impede a saída do pólen das anteras. Estudos anteriores concluíram que o estigma da flor de tomate encontra-se mais receptivo de 10h às 14h (Baptistella, 2013) e de 10:30h às 15:30h (Del Sarto et al., 2005). Deste modo, no

presente estudo, nos dois tratamentos de polinização mecânica (ME e MA) as vibrações foram realizadas em cada flor duas vezes ao dia (às 10h e às 14h), até o início da formação dos frutos. As vibrações foram feitas por 5 segundos (como realizado por Palma et al., 2008).

No tratamento de primeira visita (PV), os botões florais em pré-antese foram ensacados. Quando as flores iniciaram a antese, elas foram desensacadas e reensacadas após a primeira e única visita por abelha. As observações foram realizadas entre 9h e 14h, nas condições climáticas adequadas para o vôo dos insetos. A estimativa da eficiência do visitante como polinizador foi obtida a partir da comparação entre a qualidade dos seus frutos e daqueles obtidos por seu controle (AU).

As avaliações foram realizadas nas quatro primeiras flores até o oitavo racimo. No total foram avaliados 29 tomateiros: cinco para o tratamento AU, seis para PA, cinco para ME, seis para MA e sete para PV.

Os tratamentos AU, PA, ME e MA foram analisados separadamente para verificar se houve déficit de polinização na cultura. Devido às condições diferentes no tratamento PV, este foi analisado com seu controle (AU), para estimar a eficiência da polinização feita por abelhas.



Figura 1. Vibração mecânica das flores do tomateiro utilizando uma escova dental elétrica modificada.

A colheita foi realizada semanalmente e iniciada 56 dias após início dos tratamentos, quando os frutos atingiram a coloração verde-cana. Foram avaliadas as seguintes características no fruto: massa (g), diâmetro equatorial (mm), número de sementes e número de lóculos.

A qualidade organoléptica dos frutos foi avaliada através dos seguintes parâmetros: firmeza; pH; acidez titulável (AT), representada pela porcentagem de ácido cítrico; sólidos solúveis totais (SST), expressos em °Brix; e sabor, avaliado pela relação SST/AT, como descrito por Kader et al. (1978). Esses parâmetros foram obtidos a partir de medições em amostras de até quatro tomates, colhidos do quarto ou quinto racimo no estágio completamente maduro. As avaliações foram realizadas segundo as metodologias sugeridas pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

Os dados foram submetidos ao teste Shapiro-Wilk, com nível de significância de 5%, para verificar a normalidade. Posteriormente, os dados das características e qualidade organoléptica dos frutos foram submetidos à análise de Modelagem Linear Generalizada (MLG), a 5% de probabilidade, utilizando o programa STATISTICA 8.0 (StatSoft, 2007).

Foi utilizado o coeficiente de correlação de Spearman para relacionar o número de sementes e a massa dos frutos, nos oito racimos, com auxílio do programa STATISTICA 8.0 (StatSoft, 2007).

Resultados e Discussão

Não foi observada distribuição normal das médias pelo teste de normalidade Shapiro-Wilk ($p < 0,05$). Por esta razão, todas as análises estatísticas realizadas foram feitas mediante testes não paramétricos.

Não houve interação significativa entre os tratamentos de polinização (AU, PA, ME e MA) e o racimo, para a massa e o diâmetro equatorial dos frutos ($\chi^2 = 25,258$; $df = 21$; $p > 0,05$ e $\chi^2 = 24,578$; $df = 21$; $p > 0,05$; respectivamente). Porém, observou-se efeito significativo de tratamento ($p < 0,05$) e racimo ($p < 0,05$) para esses dois parâmetros (Figura 2A, B). As maiores médias para a massa e diâmetro equatorial ocorreram nos primeiros três racimos, nos tratamentos ME, MA e PA variando de 126,8 a 135,6 g e 57,9 a 59,9 mm, respectivamente. Os menores valores foram observados no tratamento AU (99 g e 53 mm).

Para o número de sementes, houve interação significativa entre os tratamentos de polinização (AU, PA, ME e MA) e o racimo ($\chi^2 = 380,49$; $df = 21$; $p < 0,05$). As maiores médias para o número de sementes ocorreram nos tratamentos MA, PA e ME variando de 145 a 156 sementes. No sétimo racimo não houve efeito dos tratamentos no número de sementes (Figura 2C).

Em todos os racimos, exceto no sétimo, foi observado menor número de sementes no tratamento AU (Figura 2C). Neste tratamento as flores só receberam os grãos de pólen liberados espontaneamente da própria antera, com auxílio do vento, ou liberados pela agitação involuntária da planta. Como a flor do tomateiro é hermafrodita e autocompatível, as poucas sementes formaram-se através da autogamia. Além disso, devido aos menores valores de massa e diâmetro equatorial dos frutos através de AU, concluiu-se que o vento não é um fator suficiente para a polinização efetiva da flor do tomateiro em campo aberto.

O número de lóculos dos frutos não foi afetado significativamente pela interação entre tratamento (AU, PA, ME e MA) e racimo ($p > 0,05$).

Devido aos valores de massa, diâmetro equatorial e número de sementes não apresentarem diferença significativa entre o tratamento PA (conduzido nas condições

naturais de campo) e os tratamentos ME e MA ($p > 0,05$) (Figura 2), evidenciou-se que não houve déficit de polinização no cultivo de tomateiro na safra de 2014, no município de Viçosa.

A polinização realizada pelas abelhas no tratamento PA e a vibração mecânica realizada nos tratamentos MA e ME levaram à produção de mais sementes, frutos mais pesados e com maior diâmetro equatorial que o tratamento AU, destacando-se a importância da vibração da flor de tomateiro para um adequado estabelecimento e desenvolvimento do fruto. Estes resultados não concordam com os obtidos por Palma et al. (2008), que em condições de estufa, observaram diferença significativa entre os frutos polinizados por abelhas nativas (*Nannotrigona perilampoides* e *Bombus impatiens*) e os frutos polinizados através de vibração mecânica, para os parâmetros de massa e número de sementes.

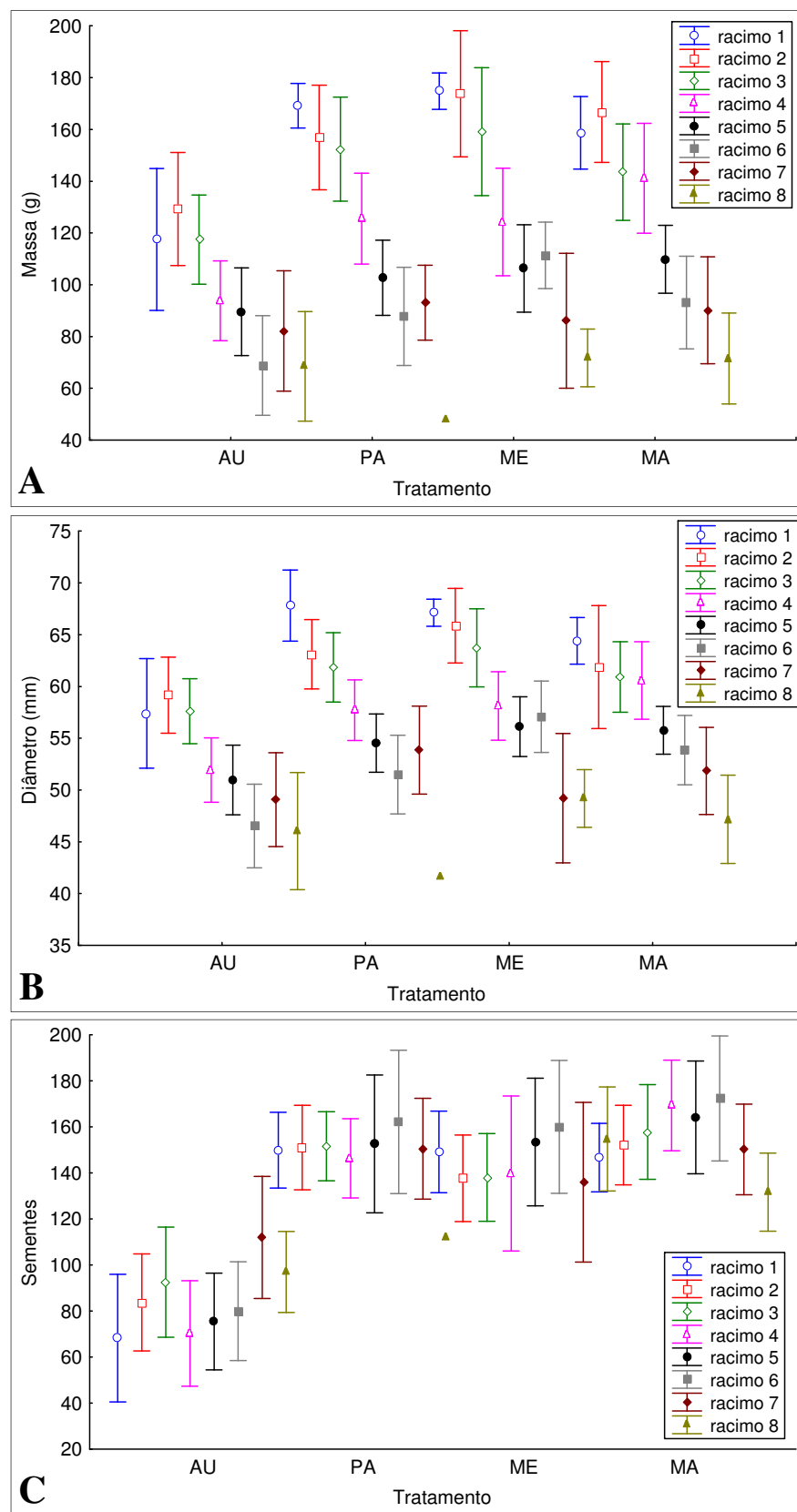


Figura 2. Médias da massa (A), diâmetro equatorial (B) e número de sementes (C) dos frutos obtidos nos tratamentos AU, PA, ME e MA, em cada um dos oito racimos. As barras representam os desvios-padrões das médias, pela Modelagem Linear Generalizada, a 5% de probabilidade. AU, autopolinização espontânea; PA, polinização aberta; ME, polinização mecânica encadada; MA, polinização mecânica aberta.

No tratamento PV, registrou-se a visita de abelhas de quatro gêneros diferentes (*Bombus* sp., *Apis mellifera*, *Eulaema* sp., *Exomalopsis* sp.). Obtiveram-se três frutos depois da visita de *Bombus* sp., quatro depois da visita de *Apis mellifera*, nove depois da visita de *Eulaema* sp. e 45 frutos depois da visita de *Exomalopsis* sp.

O efeito da polinização no tratamento PV foi avaliado apenas para o gênero *Exomalopsis* sp., por este visitante ter polinizado as flores em todos os racimos. Estes resultados foram comparados com os obtidos pelo seu controle (AU). No entanto, os parâmetros de qualidade organoléptica foram avaliados para as abelhas visitantes de todos os gêneros, uma vez que esta qualidade foi avaliada nos frutos do quarto ou quinto racimo.

Não houve interação significativa entre os tratamentos (PV por *Exomalopsis* sp. e AU) e o racimo, para a massa e o diâmetro equatorial dos frutos ($\chi^2 = 11,333$; $df = 7$; $p > 0,05$ e $\chi^2 = 6,0186$; $df = 7$; $p > 0,05$; respectivamente). Porém, observou-se efeito significativo de tratamento ($p < 0,05$) e racimo ($p < 0,05$) para esses dois parâmetros (Figura 3A, B). As médias para a massa e diâmetro equatorial obtidas no tratamento PV por *Exomalopsis* sp. (131,8 g e 58,8 mm) foram maiores que o tratamento AU (99 g e 53 mm), sendo que as maiores médias desses dois parâmetros ocorreram nos primeiros três racimos.

Para o número de sementes houve interação significativa entre os tratamentos (PV por *Exomalopsis* sp. e AU) e o racimo ($\chi^2 = 46,880$; $df = 7$; $p < 0,05$) (Figura 3C). As médias para o número de sementes do tratamento PV por *Exomalopsis* sp. foram maiores que o tratamento AU, nos oito racimos. As maiores médias do número de sementes ocorreram no sétimo e oitavo racimo.

Os frutos obtidos no tratamento PV por *Exomalopsis* sp. apresentaram aumento de 29,44% na massa; 9,48% do diâmetro equatorial; e 43,35% no número de sementes que o tratamento AU.

O número de lóculos dos frutos não foi afetado significativamente pela interação entre tratamento (PV por *Exomalopsis* sp. e AU) e racimo ($p > 0,05$).

No tratamento PV por *Exomalopsis* sp., os grandes desvios-padrões das médias observadas nos racimos quatro e cinco, para os parâmetros massa, diâmetro equatorial e número de sementes (Figura 3), são atribuídos ao pequeno número de frutos colhidos nesses racimos. Dada à dificuldade na condução deste tratamento, foram colhidos cinco e três frutos no quarto e quinto racimo, respectivamente.

Estes resultados concordam com os obtidos por Macias-Macias et al. (2009) no México, onde os tomates resultantes da polinização por primeira visita de *Exomalopsis* também apresentaram maior massa e produziram maior número de sementes que os de autopolinização espontânea. Em Minas Gerais, Santos et al. (2014) também obtiveram frutos com maior número de sementes por primeira visita de abelhas do mesmo gênero, quando comparado com seu controle, indicando que os cultivos de tomate são beneficiados pela presença de *Exomalopsis*.

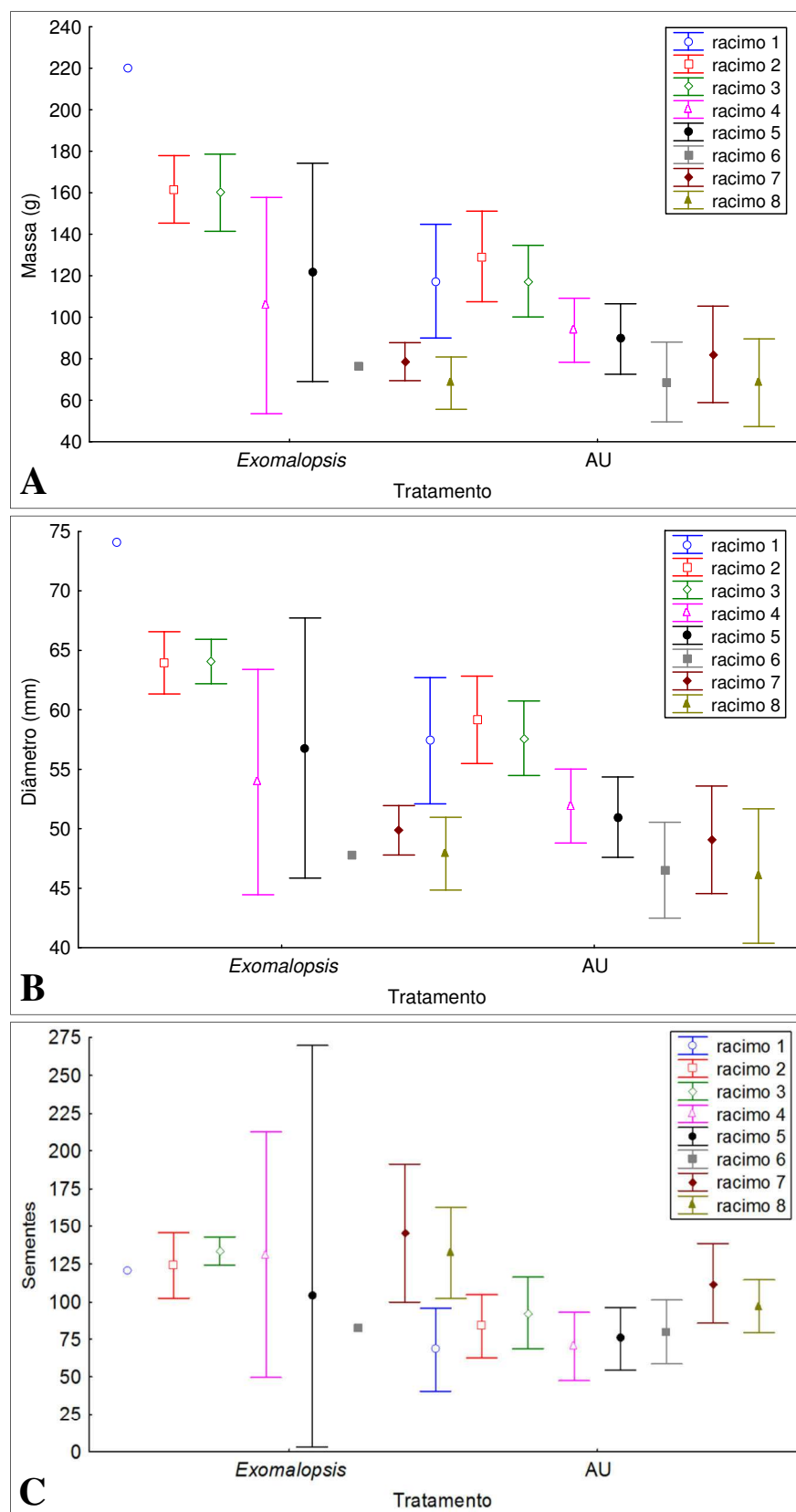


Figura 3. Médias da massa (A), diâmetro equatorial (B) e número de sementes (C) dos frutos obtidos no tratamento PV por *Exomalopsis* sp. e AU, em cada um dos oito racimos. As barras representam os desvios-padrões das médias, pela Modelagem Linear Generalizada, a 5% de probabilidade. AU, autopolinização espontânea; PV, primeira visita.

Quanto ao número de sementes, foi observada correlação positiva com a massa dos frutos ($p < 0,05$) desde o primeiro até o sexto racimo, segundo os valores do coeficiente de Spearman (Figura 4). A melhor correlação dessas variáveis aconteceu no primeiro racimo ($r = 0,6900$; $p < 0,05$) (Figura 4). Essa correlação positiva entre o número de sementes e massa do tomate também tem sido relatada no México (Cauich et al., 2004; Palma et al., 2008; Macias-Macias et al., 2009). Na França, Prudent et al. (2013) desenvolveram um modelo para relacionar essas duas variáveis no tomate.

A correlação positiva pode ser explicada pelo efeito fisiológico da quantidade de sementes durante o desenvolvimento do tomate. Sabe-se que o estímulo inicial para o crescimento do fruto é a polinização. Depois dela, o fator mais importante no controle do desenvolvimento do fruto é desempenhado pelas sementes em desenvolvimento (Kerbaudy, 2004).

Várias evidências sugerem que o fitormônio envolvido na regulação do desenvolvimento dos frutos é a auxina, que é produzida nos grãos de pólen, no endosperma e no embrião das sementes em desenvolvimento (Kerbaudy, 2004; Taiz & Zeiger, 2009). Na maioria das vezes, a concentração de auxina é maior nas sementes (Kerbaudy, 2004).

A polinização bem-sucedida inicia o crescimento do rudimento seminal. Após a fertilização o crescimento do fruto depende da auxina produzida nas sementes em desenvolvimento (Taiz & Zeiger, 2009). Os grãos de pólen e o endosperma de frutos jovens com sementes, além da auxina, também apresentam uma fonte rica de giberelina. Assim, uma ação cooperativa entre giberelina e auxina faz parte da cadeia de transdução de sinal que leva ao estabelecimento da formação do fruto e à subsequente ativação da divisão celular. Esses dois fitormônios são efetivos em promover o crescimento de frutos como o tomate (Kerbaudy, 2004).

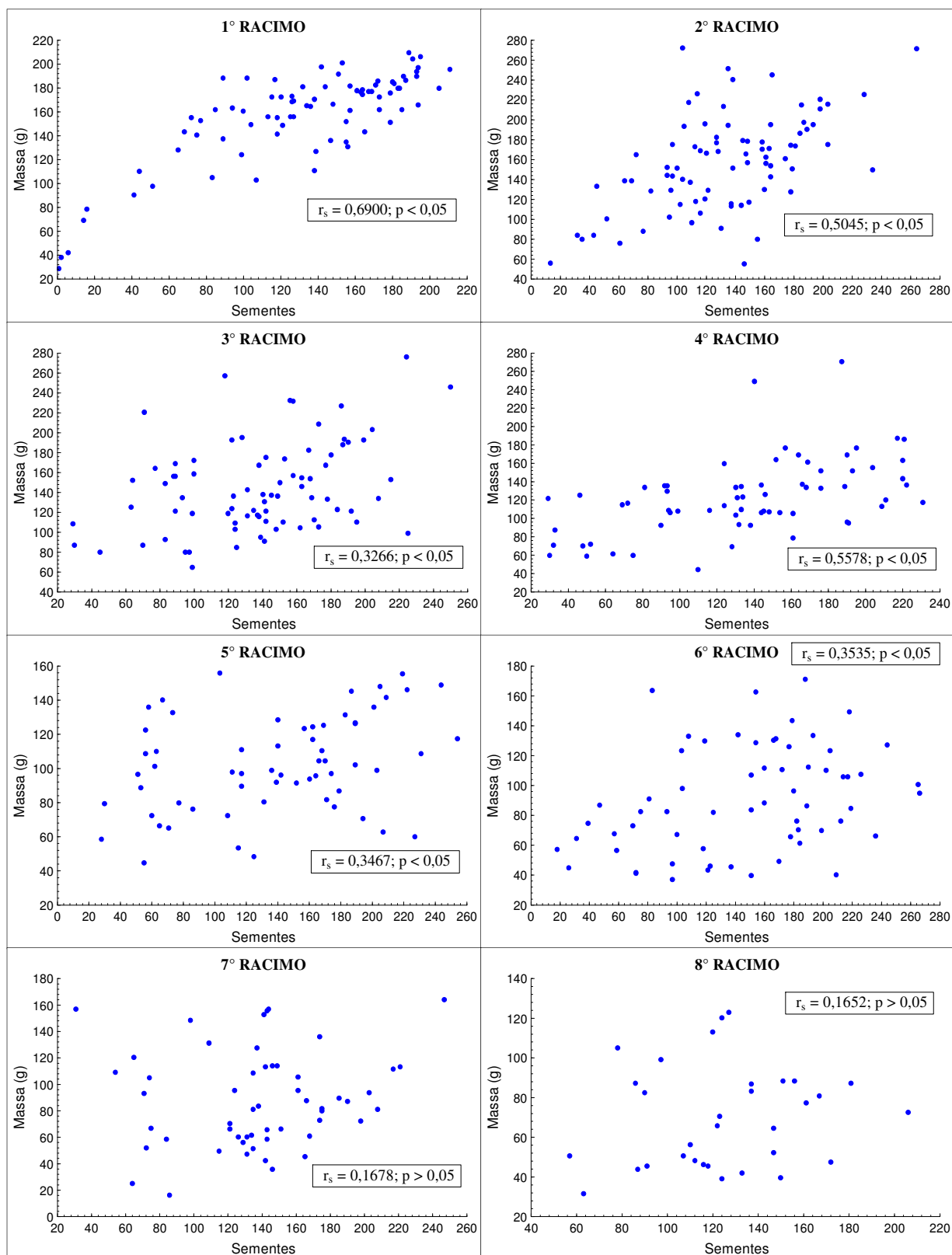


Figura 4. Correlação entre o número de sementes e a massa dos tomates, em cada um dos oito racimos do cultivo avaliado em Viçosa, Minas Gerais. Correlação positiva das variáveis do primeiro até o sexto racimo. r_s , coeficiente de Spearman.

Neste estudo, a partir do sétimo racimo o número de sementes não teve efeito significativo na massa do fruto (Figura 4) e houve pouca formação de frutos, na sua maioria defeituosos. Isto pode ser explicado pela maior quantidade de doenças apresentadas e redução da capacidade fotossintética do tomateiro, devido às poucas folhas observadas nesses últimos racimos.

Assim, neste estudo pode se inferir que a partir da sétima semana de desenvolvimento do tomateiro (sétimo racimo) uma sobrepolinização nas flores seria desnecessária, seja através de visitantes florais ou de forma mecânica, uma vez que o efeito da polinização não influenciou na massa dos frutos formados, parâmetro de qualidade importante na classificação dos frutos de valor comercial.

Os parâmetros de qualidade organoléptica avaliados em todos os tratamentos são mostrados na Tabela 1. Não houve diferença significativa entre os tratamentos, para a firmeza, SST, AT e o sabor ($p > 0,05$). Porém, observou-se efeito significativo entre os tratamentos PV e AU para o parâmetro pH ($F_{25,21} = 0,36233$; $p < 0,05$) (Tabela 2).

Sabe-se que no tomate o fator genético é o principal determinante no teor de ácidos (AT) e nos níveis de SST (Mahakun et al., 1979; Prudent et al., 2013). Neste estudo, a qualidade organoléptica em todos os tratamentos foi avaliada utilizando somente o híbrido Pioneiro, portanto, era esperado não haver diferenças significativas entre os tratamentos para esses parâmetros.

O sabor do fruto é determinado pela concentração de açúcares (frutose, glicose e sacarose) e ácidos orgânicos (ácido málico e cítrico) (Silva & Vale, 2007). Elevado teor de açúcares e elevado teor de ácidos são requeridos para o melhor sabor (Kader, 1986). Tomates de alta qualidade são caracterizados por conter mais do que 0,32% de AT e 3% de SST. Tomates saborosos são aqueles com razão (SST/AT) maior que 10 (Kader et al., 1978; Mencarelli & Saltveit Jr., 1988). Neste estudo, frutos de alta qualidade foram obtidos nos tratamentos MA, AU e PV por *Bombus* sp. e frutos saborosos foram obtidos em todos os tratamentos de polinização (Tabela 1 e 2).

Tabela 1. Médias de firmeza, pH, sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável (AT) e sabor dos frutos nos tratamentos PA, MA, ME e AU⁽¹⁾.

TRATAMENTO ⁽²⁾	FIRMEZA	pH	SST (°Brix)	AT (% ácido cítrico)	SABOR (SST/AT)
PA	9,61a	4,48a	4,88a	0,31a	15,84a
MA	11,68a	4,49a	4,98a	0,33a	16,16a
ME	9,96a	4,48a	5,08a	0,31a	16,58a
AU	9,05a	4,43a	5,06a	0,33a	15,61a

⁽¹⁾Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si, pela Modelagem Linear Generalizada, a 5% de probabilidade. ⁽²⁾PA, polinização aberta; MA, polinização mecânica aberta; ME, polinização mecânica ensacada; AU, autopolinização espontânea.

Tabela 2. Médias de firmeza, pH, sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável (AT) e sabor dos frutos nos tratamentos AU e PV⁽¹⁾.

TRATAMENTO ⁽²⁾	FIRMEZA	pH	SST (°Brix)	AT (% ácido cítrico)	SABOR (SST/AT)
AU	9,05a	4,43b	5,06a	0,33a	15,61a
PV (<i>Exomalopsis</i>)	11,47a	4,49a	4,90a	0,27a	18,30a
PV (<i>Eulaema</i>)	11,18a	4,49a	4,70a	0,28a	17,39a
PV (<i>Bombus</i>)	11,41a	4,19c	5,30a	0,37a	12,96a
PV (<i>Apis</i>)	10,94a	4,23c	4,80a	0,29a	16,91a

⁽¹⁾Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si, pela Modelagem Linear Generalizada, a 5% de probabilidade. ⁽²⁾AU, autopolinização espontânea; PV, primeira visita.

Finalmente, sugere-se que deixar expostas as flores de tomateiros para visitação de abelhas, ou vibr -las mecanicamente até o sexto racimo, podem ser boas alternativas para aumentar a produção sem afetar drasticamente a qualidade dos frutos. Além disso, mais pesquisas precisam ser feitas para avaliar os custos de investimento da vibração mecânica.

Recomenda-se a conservação dos polinizadores e dos habitats naturais próximos dos cultivos de tomate para melhorar os serviços de polinização nessa cultura, em campo aberto. Uma vez que a fragmentação e degradação das áreas naturais ou seminaturais perto dos cultivos pode ser prejudicial para as comunidades de abelhas (Larsen et al., 2005), isto por causa da perda dos recursos importantes para alimentação e nidificação desses insetos (Potts, et al., 2005).

Conclusões

1. Não existe déficit de polinização no cultivo de tomate na safra de 2014, em Viçosa, porém uma sobrepolinização das flores, principalmente até o sexto racimo do tomateiro, aumenta a produção sem afetar a qualidade dos frutos.
2. As abelhas são polinizadores efetivos dos cultivos de tomate em campo aberto e tem o mesmo efeito no fruto que a polinização mecânica, sem modificar as características de qualidade do fruto.

Referências

- BAPTISTELLA, A.R.O de. **Uso e eficiência de abelhas sem ferrão (Apidae, Meliponini) na polinização do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill, Solanaceae) sob cultivo protegido**. 2013. 147p. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, SP.
- BANDA, H.J.; PAXTON, R.J. Pollination of greenhouse tomatoes by bees. **Acta Horticulturae**, v.288, p.194-198, 1991.
- BRIOSCHI, D. **Resíduos de clorotalonil em frutos e folhas de tomate de cultura estaqueada (*Solanum lycopersicum* L.)**. 2001. 57p. Dissertação (Mestrado) - 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.
- KERBAUY, G.B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 452p.
- 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 México. **Journal of economic entomology**, v.97, p.475-481, 2004.
- DAFNI, A.; KEVAN, P.G.; HUSBAND, B.C. **Practical Pollination Biology**. Enviroquest, Ltd. Cambridge, Ontario, Canada, 2005. 590 p.
- DELAPLANE, K.S.; DAG, A.; DANKA, R.G.; FREITAS, B.M.; GARIBALDI, L.A.; GOODWIN, R.M.; HORMAZA, J.I. Standard methods for pollination research with *Apis mellifera*. **Journal of Apicultural Research**, v.4, p.1-28, 2013.
- 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, 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.
- HIGUTI, A.R.O.; GODOY, A.R.; SALATA, A.C. da; CARDOSO, A.I.I. Produção de tomate em função da “vibração” das plantas. **Bragantia**, v.69, p.87-92, 2010.
- HANNA, H.Y. Air blowers are less effective pollinators of greenhouse tomatoes than electric vibrators but cost less to operate. **HortTechnology**, v.14, p.104-107, 2004.
- HOCHMUTH, G.J.; HOCHMUTH, R.C. **Production of greenhouse tomatoes-Florida greenhouse vegetable production handbook, vol 3**. Ext. HS788. Gainesville: Florida Cooperative Extension Service, University of Florida. 2001. p.1-18.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4.ed. São Paulo: ANVISA, 2008. 1020p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil **Levantamento sistemático da produção agrícola**, v.26, p.1-86, 2013.
- KADER, A.A. Effects of postharvest handling procedures on tomato quality. **Acta Horticulturae**, v.190, p.209-222, 1986.
- KADER, A.A.; STEVENS, L.L.; ALBRIGLTT-HOLTON, M.; MORRIS M. ALLEN. Composition and flavor quality of fresh market tomatoes as influenced by some postharvest handling procedures. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.103, p.6-13, 1978.
- LARSEN, T.H.; WILLIAMS, N.M.; KREMEN, C. Extinction order and altered community structure rapidly disrupt ecosystem functioning. **Ecology letters**, v.8, p.538-547, 2005.
- MACIAS-MACIAS, O.; CHUC, J.; ANCONA-XIU, P.; CAUCH, 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, p.456-465, 2009.
- MAHAKUN, N.; LEEPER, P.W.; BURNS, E.E. Acidic constituents of various tomato fruit types. **Journal of Food Science**, v.44, p.1241-1244, 1979.
- MCGREGOR, S.E. **Insect pollination of cultivated crop plants**. Washington: Agricultural Research Service, Department of Agriculture, 1976. 849p.
- MENCARELLI, F.; SALTVEIT, Jr. M.E. Ripening of mature-green tomato fruit slices. **Journal of American Society for Horticultural Science**, v.113, p.742-745, 1988.

- NAIKA, S.; JEUDE, J.V.L. de; GOFFAU, M. de; HILMI, M.; DAM, V.D. **A cultura do tomate: produção, processamento e comercialização**. Wageningen: Fundação Agromisa e CTA, 2006. 104 p.
- 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, p.79-85, 2008.
- POTTS, S.G.; VULLIAMY, B.; ROBERTS, S.; O'TOOLE, C.; DAFNI, A.; NE'EMAN, G.; WILLMER, P. Role of nesting resources in organising diverse bee communities in a Mediterranean landscape. **Ecological Entomology**, v.30, p.78-85, 2005.
- PRUDENT, M.; DAI, Z.W.; GÉNARD, M.; BERTIN, N.; CAUSSE, M.; VIVIN, P. Resource competition modulates the seed number-fruit size relationship in a genotype-dependent manner: A modeling approach in grape and tomato. **Ecological Modelling**, v.290, p.54-64, 2013.
- ROUBIK, D.W. **Pollination of cultivated plants in the tropics**. Bull 118. Rome: Food and agriculture organization of the United Nations (FAO), 1995. 198 p.
- 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, p.987-994, 2014.
- SILVA NETO, C.M.; LIMA, F.G.; GONÇALVES, B.B.; BERGAMINI, L.L.; BERGAMINI, B.A.R.; ELIAS, M.A.; FRANCESCHINELLI, E.V. Native bees pollinate tomato flowers and increase fruit production. **Journal of Pollination Ecology**, v.11, p.41-45, 2013.
- SILVA, D.J.H.; VALE, F.X.R. **Tomate: Tecnologia de produção**. Viçosa: Editora UFV. Suprema Gr. Viçosa, MG: UFV, 2007. 355p.
- STATSOFT, INC. **STATISTICA: Data analysis software system**, version 8.0, 2007. Disponível em: www.statsoft.com. Acesso em: 06 abril 2015.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848 p.
- WYATT, R., BROYLES, S.B.; DERDA, G.S. Environmental influences on nectar production in milkweeds (*Asclepias syriaca* and *A. exaltata*). **American Journal of Botany**, v.79, p.636-642, 1992.

CONCLUSÕES GERAIS

1. *Exomalopsis* é o gênero com maior número de indivíduos coletados ($n = 481$) e *Exomalopsis analis* a espécie mais numerosa ($n = 262$) no cultivo de tomate.
2. No cultivo de tomate em Viçosa, a visitação das abelhas está relacionada com a distribuição espacial das plantas e o número de flores. Plantas cultivadas nos sistemas Vertical e Viçosa recebem a maior taxa de visitação por planta e por flor.
3. A riqueza de espécies visitantes na parcela conduzida nos sistemas Adensado, Cerca Cruzada e Viçosa, não diferem entre si, porém é maior que a riqueza conduzida no sistema Vertical
4. Não existe déficit de polinização no cultivo de tomate na safra de 2014, em Viçosa, porém uma sobrepolinização das flores, principalmente até o sexto racimo do tomateiro, aumenta a produção sem afetar a qualidade dos frutos.
5. As abelhas são polinizadores efetivos dos cultivos de tomate em campo aberto e tem o mesmo efeito no fruto que a polinização mecânica, sem modificar as características de qualidade do fruto.