

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E AMBIENTE**

**INFLUÊNCIA DA ÁREA DE RESERVA LEGAL SOBRE A  
BIOLOGIA DA POLINIZAÇÃO DE *Solanum lycopersicum* L.  
HÍBRIDO PIZZADORO (SOLANACEAE)**

**ANA MAYUMI HAYASHI TREVIZOR**

**ARARAS**

**2014**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E AMBIENTE**

**INFLUÊNCIA DA ÁREA DE RESERVA LEGAL SOBRE A  
BIOLOGIA DA POLINIZAÇÃO DE *Solanum lycopersicum* L.  
HÍBRIDO PIZZADORO (SOLANACEAE)**

**ANA MAYUMI HAYASHI TREVIZOR**

**Orientadora:** Prof<sup>a</sup> Dra Roberta Cornélio Ferreira Nocelli

**Co-Orientadora:** Prof<sup>a</sup> Dra Kayna Agostini

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agricultura e Ambiente como requisito para a obtenção do título de Mestre em Agricultura e Ambiente.

**ARARAS**

**2014**

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

T814ia

Trevizor, Ana Mayumi Hayashi.

Influência da área de reserva legal sobre a biologia da polinização de *SOLANUM LYCOPERSICUM* L. híbrido pizzadoro (SOLANACEAE) / Ana Mayumi Hayashi Trevizor. -- São Carlos : UFSCar, 2014.  
53 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2014.

1. Agricultura. 2. Tomate. 3. Abelha. 4. Morfologia floral. 5. Visitantes florais. 6. Deiscência da antera. I. Título.

CDD: 630 (20<sup>a</sup>)

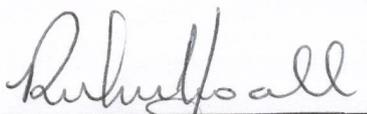
MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

DE

**ANA MAYUMI HAYASHI**

APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA  
E AMBIENTE, DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, EM 28 DE  
MARÇO DE 2014.

BANCA EXAMINADORA:

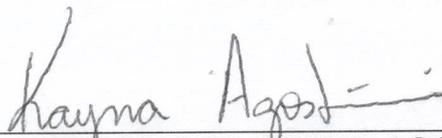


---

PROFA. DRA. ROBERTA CORNÉLIO FERREIRA NOCELLI

ORIENTADORA

UFSCar



---

PROFA. DRA. KAYNA AGOSTINI

UFSCAR



---

PROF. DR. FELIPE WANDERLEY DE AMORIM

UNESP - BOTUCATU



---

PROFA. DRA. MARINA WOLOWSKI TORRES

UNICAMP

## AGRADECIMENTOS

À Deus e a Meishu-Sama pela minha vida, pela proteção diária, pela permissão de poder realizar este trabalho e concluir mais uma etapa de minha vida.

À Roberta Nocelli pela oportunidade, pelo conhecimento compartilhado, por transmitir a paixão pelas abelhas e a necessidade de olhar para elas como elas merecem, pelo apoio, paciência e amizade.

À Kayna Agostini pela oportunidade, pelo incentivo constante, por falar das plantas e da polinização com toda beleza e minuciosidade que lhes convém, pelo apoio, paciência, amizade e cuidado que tem comigo.

À Renata Evangelista de Oliveira, Valéria Forni Martins e Patrícia Monquero pelas contribuições na qualificação.

Aos componentes da banca, Felipe Wanderley de Amorim e Marina Wolowski Torres, pelas valiosas sugestões ao trabalho, bem como os suplentes, Valéria Forni Martins e Simone Aparecida Vieira, que prontamente aceitaram o convite.

Ao Sr. Olímpio pelo esforço em nos ajudar a encontrar o local que atendesse às necessidades do projeto e por nos colocar em contato com o Sr. Reinaldo.

Ao Sr. Reinaldo que permitiu a realização deste trabalho e colaborou durante o período de coletas, pela paciência e pelo conhecimento compartilhado; à toda sua equipe de funcionários que me ajudaram de alguma forma. Obrigada por me mostrarem a beleza e ao mesmo tempo a dificuldade de se cultivar tomate (o trabalho é árduo, mas ficar a mercê do mercado é mais difícil ainda), me fazendo refletir e valorizar ainda mais todos os alimentos que chegam até a nossa mesa.

Aos técnicos João Emídio e Angelo Cerantola do Laboratório de Biologia da UFSCar por me ajudarem e estarem sempre à disposição.

Ao técnico Antonio Yabuki do Laboratório de Microscopia da UNESP Rio Claro pelo preparo das amostras e auxílio na Microscopia Eletrônica de Varredura.

Ao Prof<sup>o</sup> Sinval Silveira Neto ESALQ/USP pela identificação dos insetos e pela disposição em me receber e compartilhar seu imenso conhecimento.

Aos funcionários do Centro de Pesquisa Mokiti Okada, Sérgio Homma e Sakae Kinjo, que me receberam com tanto carinho e atenção, permitindo coletar flores para estudo comparativo.

Ao PPGAA pela oportunidade, apoio financeiro e estrutura; e às secretárias Sirlene, Cris e Camila (DRNPA) pelo apoio.

À CAPES pelo apoio financeiro ao desenvolvimento deste estudo.

Ao Ministério Holandês para Assuntos de Economia Agricultura e Inovação, (Projeto BO-10-011-113 – “Knowledge management of pesticide risks to wild pollinators for sustainable production of high-value crops in Brazil and Kenya”) em colaboração com o projeto GEF / PNUMA / FAO para a Conservação e Gestão de Polinizadores para Agricultura Sustentável, através de uma abordagem ecossistêmica, pelo apoio financeiro.

À UNIMEP e minha Supervisora Darci Monfrinato por permitir que eu passasse esses dois anos me dedicando aos estudos; aos amigos que me apoiaram.

Aos amigos do mestrado, pela convivência, amizade, experiências compartilhadas; às meninas, em especial, por me receberem sempre em casa com muito carinho, pela companhia sempre alegre, por me apoiarem sempre que precisei.

À Vivian Zambon pela ajuda em campo e em laboratório, me fazendo companhia nas longas horas de silêncio observando as abelhas.

Aos meus pais, que com tanto suor me deram as melhores oportunidades que podia ter na vida, permitindo que eu estudasse e fizesse minhas escolhas; por me incentivar, apoiar e amar incondicionalmente.

Às minhas irmãs, por serem amigas em qualquer circunstância, pelo apoio constante, pelo carinho e atenção, por caminharmos juntas e nos completarmos; e aos meus cunhados pela amizade e por cuidarem dos meus tesouros.

Aos meus amigos, pelos momentos de muita alegria e carinho, pela compreensão da minha ausência nos momentos que dediquei aos estudos.

À Mel, companheira de todas as horas, por ser a alegria e carinho constante em meus dias.

Ao Tássio Trevizor pelo amor e carinho constante, por trazer alegria aos meus dias, por fazer brotar em mim a força que precisava nos momentos de dificuldade, por me ajudar a ser melhor a cada dia, além disso, pelas valiosas sugestões e contribuições a esse trabalho, e a toda família que ganhei com a nossa união, pela qual tenho muito carinho e imensa gratidão.

Muito obrigada a cada uma das pessoas que de alguma forma contribuíram não só para este trabalho, mas também para o meu crescimento pessoal e profissional.

À todos minha eterna gratidão!

## RESUMO

Estima-se que aproximadamente 73% das plantas cultivadas mundialmente sejam polinizadas por alguma espécie de abelha. A constante alteração de habitats vem provocando o declínio de polinizadores, que pode refletir em limitações na quantidade e qualidade dos frutos e sementes cultivados, constituindo-se em um dos maiores problemas quando se trata de produção agrícola. Estudos com culturas agrícolas e seus polinizadores podem contribuir na busca de propostas que conciliem agricultura e conservação de fragmentos florestais. O objetivo geral do presente trabalho foi estudar aspectos relacionados com polinização de *Solanum lycopersicum* L. híbrido Pizzadoro. Os objetivos específicos foram: 1) verificar se a morfologia floral influencia no comportamento de visita do polinizador; 2) avaliar a riqueza de abelhas polinizadoras e visitantes florais em diferentes distâncias da área de Reserva Legal; 3) comparar a eficiência de três espécies de abelhas na polinização em dois tratamentos: kautopolinização espontânea, e a polinização em condições naturais. O estudo foi realizado numa área de cultivo convencional de tomate no município de Estiva Gerbi, São Paulo. Foram coletadas flores e observadas em estereomicroscópio e microscópio eletrônico de varredura. Foi comparada a eficiência de *Apis mellifera*, *Augochloropsis* sp. e *Exomalopsis* sp. pelo teste de Kruskal-Wallis. Observações e coletas foram feitas *in situ* a 50, 100 e 150 metros da RL. Verificou-se que a deiscência da antera é do tipo longitudinal e que não houve diferença entre as espécies de abelhas, ou seja, o número de sementes produzidas não depende da espécie de abelha. Considera-se que o sucesso de *A. mellifera* esteja associado à morfologia floral. Foram encontradas 11 espécies de insetos, das quais 7 foram consideradas polinizadoras. Foram registradas 58 visitas florais; dessas, 24 no quadrante A (50 m), 13 no B (100 m) e 21 no C (150 m), sendo *A. mellifera* dominante com 62,1% das visitas, seguida de *Augochloropsis* sp. e *Oxaea flavescens* ambos com 10,3%, *Exomalopsis* sp. com 6,9%, *Allograpta* sp. com 5,2%, *Bombus* sp. com 3,4% e *Xylocopa* sp. com 1,7%. Os dados indicam que a RL desempenhou um papel fundamental no fornecimento de polinizadores para a cultura de tomate e, por isso, enfatiza-se a necessidade de conservação e restauração de fragmentos florestais para auxiliar no aumento da produção da cultura.

**Palavras-chave:** tomate, polinização, visitantes florais, Reserva Legal, morfologia floral, deiscência da antera, eficiência de polinização.

## ABSTRACT

It is estimated that approximately 73 % of the world crops are pollinated by a bees. The constant alteration of habitats has led to the decline of pollinators, which may reflect limitations in the quantity and quality of the fruits and seeds grown, becoming one of the biggest problems when it comes to agricultural production. Studies with agricultural crops and their pollinators may contribute in seeking proposals that combine agriculture and conservation of forest fragments. The general objective of this work was to study aspects of *Solanum lycopersicum* L. hybrid Pizzadoro pollination. The specific objectives were: 1) verify if the floral morphology influences the behavior of the pollinator visits, 2) evaluate the richness of pollinating bees and pollinators at different distances from the Legal Reserve area, 3) compare the efficiency of three species of bees pollination in two treatments: spontaneous self-pollination, and pollination under natural conditions. The study was conducted on a conventional tomato cultivation in the municipality of Estiva Gerbi, Sao Paulo. Flowers were collected and observed under a stereomicroscope and scanning electron microscope. Efficiency was compared between *Apis mellifera*, *Augochloropsis* sp. and *Exomalopsis* sp. by Spears index. Observations and sampling were made in situ at 50, 100 and 150 meters from the Legal Reserve. It was found that the anther dehiscence is longitudinal and that the efficiency of pollination by *A. mellifera* (0.72) was similar to *Exomalopsis* sp. (0.85) and greater than *Augochloropsis* sp. (0.22). It is considered that the success of *A. mellifera* is associated with the floral morphology. Eleven species of insects, of which 7 were considered pollinators were found. Fifty eight floral visits were recorded, out of which 24 in quadrant A (50 m), 13 in B (100 m) and 21 in C (150 m), with *A. mellifera* dominant with 62.1% of visits, followed by *Augochloropsis* sp. and *Oxaea flavescens* both with 10.3%, *Exomalopsis* sp. with 6.9 %, *Allograpta* sp. with 5.2 % ,*Bombus* sp. with 3.4 % and *Xylocopa* sp. 1.7 %. The data indicates that the Legal Reserve played a key role in providing pollinators for tomato crops and therefore emphasizes the need for conservation and restoration of forest fragments to assist in increasing crop production.

**Keywords:** tomato, pollination, flower visitors, Legal Reserve, floral morphology, anther dehiscence, pollination efficiency.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL .....	8
CAPÍTULO I – Influência da morfologia floral no comportamento dos visitantes florais de <i>Solanum lycopersicum</i> L. (Solanaceae).....	
RESUMO .....	11
ABSTRACT .....	12
1 INTRODUÇÃO.....	13
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	14
2.1 Área de estudo .....	16
2.2 Morfologia floral – deiscência da antera .....	17
2.2.1 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) .....	17
2.3 Viabilidade do grão de pólen.....	18
2.4 Eficiência dos polinizadores .....	18
2.5 Autopolinização espontânea e polinização em condições naturais .....	20
3 RESULTADOS .....	21
3.1 Morfologia floral – deiscência da antera .....	21
3.2 Eficiência dos polinizadores com relação aos tratamentos de autopolinização espontânea e polinização em condições naturais.....	23
4 DISCUSSÃO.....	24
4.1 Morfologia floral – deiscência da antera .....	24
4.2 Eficiência dos polinizadores em relação ao tratamento de autopolinização espontânea e polinização em condições naturais.....	25
5 CONCLUSÃO.....	27
REFERÊNCIAS .....	27
CAPÍTULO II - Influência da área de Reserva Legal na disponibilidade de polinizadores no cultivo de <i>Solanum lycopersicum</i> L. híbrido Pizzadoro (Solanaceae).30	
RESUMO .....	31
ABSTRACT .....	32
1 INTRODUÇÃO.....	33
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	35

2.1 Área de estudo .....	35
2.2 Visitantes florais .....	37
2.3 Disponibilidade de recurso floral (pólen) .....	39
3 RESULTADOS .....	39
3.1 Visitantes florais .....	39
4 DISCUSSÃO .....	44
5 CONCLUSÃO .....	46
REFERÊNCIAS .....	47
2 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	50
REFERÊNCIAS .....	52

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Estima-se que aproximadamente 73% das plantas cultivadas mundialmente sejam polinizadas por alguma espécie de abelha (YAMAMOTO; BARBOSA; OLIVEIRA, 2010). Mesmo em espécies onde ocorre a autofecundação (ex: café, canola, soja) há um aumento considerável da produção se a cultura for visitada por abelhas polinizadoras, pois a eficiência da polinização biótica é muito maior, produzindo frutos maiores e com mais sementes viáveis (IMPERATRIZ-FONSECA; NUNES-SILVA, 2010).

A polinização consiste na transferência do pólen contido nas anteras para o estigma e seu sucesso resulta na fecundação dos óvulos da flor e consequente formação de frutos e sementes (MALERBO-SOUZA; TOLEDO; PINTO, 2008; WILLMER, 2011). É um processo importante para a reprodução das plantas com flores e, portanto, para a produção de alimentos e a manutenção da rede de interações entre animais e plantas, constituindo um serviço ecossistêmico básico (YAMAMOTO; BARBOSA; OLIVEIRA, 2010).

Esse processo requer agentes que carreguem ou movam os grãos de pólen da antera para o estigma. Faegri e van der Pijl (1980) e Willmer (2011) definiram dois principais tipos de dispersão de pólen: polinização abiótica, em que a dispersão do pólen é feita por agentes físicos, como o vento ou a água; e polinização biótica, em que o agente dispersor é um animal (vertebrado ou invertebrado).

Muitas espécies vegetais, tais como as gramíneas e as coníferas, são polinizadas pela ação do vento, porém, a polinização abiótica tem suas limitações, pois, além da velocidade e direção do vento serem imprevisíveis, grande quantidade do pólen produzido por estas plantas não alcançam um óvulo compatível (MADER; SPIVAK, 2010).

Entre os vertebrados, os morcegos e as aves são os principais polinizadores, enquanto que mamíferos não voadores (como lêmures e roedores), apesar de serem visitantes regulares de flores ricas em néctar, parecem não transferir quantidades significativas de pólen entre as árvores. Os invertebrados são responsáveis pela polinização da maioria das plantas, dentre eles estão abelhas, mariposas, besouros, borboletas, vespas, moscas e tisanópteros (BAWA, 1990). As abelhas constituem o grupo mais importante em relação ao número e diversidade de plantas polinizadas (FREITAS; NUNES-SILVA, 2012).

O uso não sustentável de ecossistemas para produção agrícola, pastagem e crescimento de áreas urbanas vem colaborando para o declínio das populações de polinizadores (KEVAN, 1999). As abelhas nativas vêm sendo ameaçadas com as atividades antrópicas como fragmentação e perda de habitat, invasão biológica e uso intensivo de agrotóxicos (KEVAN,

1999, FREITAS et al., 2009, NOCELLI et al., 2012). De acordo com Malaspina et al. (2008), além dos efeitos de toxicidade aguda levando a morte das abelhas, os inseticidas podem também provocar alterações comportamentais nos indivíduos, que ao longo do tempo acarretarão em sérios prejuízos na manutenção da colônia.

A polinização de plantas cultivadas depende do manejo da cultura e da qualidade dos habitats adjacentes (KLEIN; STEFFAN-DEWENTEN; TSCHARNTKE, 2003). Juntamente às Áreas de Preservação Permanente, as áreas de Reserva Legal também oferecem importantes serviços ambientais que garantem a sustentabilidade agrícola, entre eles, inclui-se a polinização de culturas (SILVA et al., 2011).

Várias culturas dependem destes serviços ecossistêmicos para aumentar a produtividade e garantir um bom lucro. Entre estas culturas que dependem dos serviços ambientais está a do tomate.

O tomateiro (*Solanum lycopersicum*) pertence à família Solanaceae que é constituída por cerca de 106 gêneros (OLMSTEAD et al., 1999) e 2.300 espécies, com distribuição cosmopolita, sendo *Solanum* o maior gênero, com cerca de 1.400 espécies (BOHS, 2005). É uma planta perene, de porte arbustivo, cultivada anualmente (CAMARGO-FILHO et al., 1994). A inflorescência, com número variável de flores, é do tipo racemo (cachos), com flores pequenas e amarelas. O início da floração em condições de clima quente e alta luminosidade, para algumas cultivares, é de 45 dias após a semeadura; entretanto, para a região sudeste do Brasil, ocorre aproximadamente em 60-70 dias (ALVARENGA, 2004).

As flores não produzem néctar (FREE, 1993), são hermafroditas, de 1-2 cm de diâmetro, com cinco ou mais sépalas e pétalas dispostas de forma helicoidal, com o mesmo número de estames e com ovário bi ou plurilocular (ALVARENGA, 2004). São autocompatíveis, no entanto, a polinização mais eficiente é promovida pela vibração das anteras por algumas espécies de abelhas, que resulta em frutos mais pesados e maior produção (CAMPOS, 2008).

A média de produção mundial de tomate entre 2003 e 2005 foi de 123 milhões de toneladas, sendo que em 2004 a comercialização do produto *in natura* gerou US\$ 4,5 bilhões e as exportações de pasta de tomate somaram US\$ 1,7 bilhão no mesmo período (CARVALHO; PAGLIUCA, 2007). Em 2010, a produção no Brasil atingiu cerca de 4 milhões de toneladas de tomate, com valor de produção em torno de R\$ 3 bilhões. Em 2012, o Estado de São Paulo contribuiu com a produção de mais de 800 mil toneladas de tomate, com valor de produção em torno de R\$ 640 milhões, isto é, é responsável por cerca de 20% da

produção nacional. No município de Estiva Gerbi foram produzidas cerca de 660 toneladas de tomate com valor de produção em torno de R\$ 1 milhão (IBGE, 2012).

O tomate é considerado a hortaliça de maior importância econômica no mundo, sendo cultivado em todas as regiões sob diferentes sistemas de manejo (ALVARENGA, 2004). No Brasil, é preciso conhecer melhor as relações entre as abelhas nativas e plantas silvestres e agrícolas para fortalecer as bases científicas para a tomada de decisões relacionadas à conservação de polinizadores e fornecer também novas alternativas para a agricultura (NUNES-SILVA, HRNCIR E IMPERATRIZ-FONSECA, 2010).

Devido a este déficit de conhecimento em relação ao assunto, a Organização das Nações Unidas através da FAO (Food and Agriculture Organization) vem estimulando o desenvolvimento de uma série de projetos ao redor do mundo com o objetivo de aumentar o conhecimento nessa área. Dentre estes projetos encontra-se o “Knowledge Management of Pesticides Risks to Wild Pollinators”, desenvolvido por uma parceria entre a FAO e os governos brasileiro, holandês e queniano e ao qual este projeto está relacionado.

Assim, o objetivo geral do presente trabalho foi estudar aspectos relacionados com polinização de *S. lycopersicum* L. híbrido Pizzadoro. Os objetivos específicos foram: 1) verificar se a morfologia floral influencia no comportamento de visita do polinizador; 2) avaliar a riqueza de abelhas polinizadoras e visitantes florais em diferentes distâncias da área de RL; 3) comparar a eficiência de três espécies de abelhas na polinização com tratamentos de autopolinização espontânea e a polinização em condições naturais.

Este trabalho foi dividido em dois capítulos. O primeiro relaciona a morfologia floral com o comportamento dos visitantes florais e o processo de polinização. O segundo aborda os fatores que podem influenciar na riqueza de abelhas em cultivo de tomate e as possíveis influências sobre a produtividade.

**CAPÍTULO I – Influência da morfologia floral no comportamento dos visitantes florais  
de *Solanum lycopersicum* L. (Solanaceae)**

## RESUMO

Vários fatores estão envolvidos na eficiência da polinização, um deles é a morfologia floral. O objetivo desse trabalho foi verificar a influência do tipo de deiscência das anteras de flores de *Solanum lycopersicum* no sistema de polinização. O trabalho foi desenvolvido em cultivo convencional de tomate no município de Estiva Gerbi, São Paulo. Foram coletadas flores entre os meses de junho a agosto de 2013 e observadas em estereomicroscópio e microscópio eletrônico de varredura. Foi comparada a eficiência de *Apis mellifera*, *Augochloropsis* sp. e *Exomalopsis* sp. pelo teste de Kruskal-Wallis. Verificou-se que a deiscência da antera é do tipo longitudinal e que não houve diferença entre as espécies de abelhas, ou seja, o número de sementes produzidas não depende da espécie de abelha. Considera-se que o sucesso de *A. mellifera* esteja associado à morfologia floral que, diferente de outras solanáceas com antera poricida, possibilita a coleta de pólen sem o comportamento vibratório.

**Palavras-chave:** abelha, deiscência da antera, eficiência do polinizador, polinização por vibração, tomate.

## ABSTRACT

Several factors are involved in pollination efficiency, one of them is floral morphology. The aim of this study was investigate the influence of anthers dehiscence of *Solanum lycopersicum* flowers in pollination system. The study was conducted in conventional tomato cultivation in Estiva Gerbi, São Paulo, Brazil. Flowers were collected between June and August 2013 and observed under stereomicroscope and scanning electron microscope. Efficiency of *Apis mellifera*, *Augochloropsis* sp. and *Exomalopsis* sp. was compared by Kruskal-Wallis test. We found that anther dehiscence is longitudinal and there was no difference between the species of bees, or the number of seeds produced is not dependent on the species of the bee. We considered that the success of *A. mellifera* is associated with the floral morphology, different from other species of Solanaceae with poricidal anther, which allows pollen gathering without the vibration behavior. The study emphasizes the need for conservation and restoration of forest fragments to increase the availability of pollinators improving crop production.

**Key words:** anther dehiscence, bee, buzz pollination, pollinator efficiency, tomato.

## 1 INTRODUÇÃO

A polinização é considerada um serviço ecossistêmico regulatório, pois além de estar relacionada com a manutenção da biodiversidade em áreas naturais, é fundamental para a produção de alimentos (IMPERATRIZ-FONSECA; NUNES-SILVA, 2010). Aproximadamente 75% da alimentação humana dependem direta ou indiretamente de plantas polinizadas ou beneficiadas pela polinização animal (KLEIN et al., 2007).

Ao longo de milhões de anos, houve uma coevolução entre abelhas e plantas, de modo que existem muitas especializações nas diversas espécies de abelhas que permitem a coleta de alimento nas flores (IMPERATRIZ-FONSECA; NUNES-SILVA, 2010). Entretanto, para o polinizador se tornar eficiente, alguns fatores podem influenciar, sejam eles inerentes ao próprio inseto ou dependentes da espécie a ser polinizada como a morfologia da flor (SPEARS, 1983; HARDER; THOMSOM, 1989).

Por outro lado, para ser classificado como polinizador eficiente de uma cultura agrícola, é preciso que o visitante: apresente fidelidade àquela espécie vegetal; que seja atraído pelas flores da cultura; que possua tamanho e comportamentos adequados para remover pólen dos estames e depositá-lo nos estigmas; que transporte em seu corpo grandes quantidades de pólen viável e compatível; que visite as flores quando os estigmas ainda apresentarem boa receptividade e antes do início da degeneração dos óvulos (FREE, 1993; FREITAS; PAXTON, 1996).

Nem todas as espécies vegetais são igualmente atrativas para todos os polinizadores, e nem todo visitante floral é eficiente na polinização de qualquer cultura agrícola (FREITAS, 1998). Vários fatores influenciam a forma com que as anteras atraem um polinizador, o que inclui o número de anteras, o modo de deiscência das anteras e do papel do pólen como um recurso para o polinizador. Esses três fatores devem ser considerados em conjunto para examinar a apresentação das anteras, uma vez que pode estar relacionada com um sistema de polinização (BERNHARDT, 1996).

Um dos comportamentos mais peculiares de algumas espécies de abelhas é a vibração para obtenção de pólen das anteras das flores. A maioria das angiospermas possui anteras com deiscência longitudinal e em apenas 6 a 8% das espécies a deiscência é poricida (NUNES-SILVA; HRNCIR; IMPERATRIZ-FONSECA, 2010) e para estas espécies o comportamento vibratório das abelhas é importante para o processo de polinização. As abelhas pousam na corola ou diretamente nas anteras da flor, seguram fortemente os estames e, ao contrair os músculos torácicos, transmitem vibrações para as anteras através do tórax, abdome e pernas,

liberando o pólen. Esse comportamento das abelhas nas flores é conhecido por “*buzz pollination*” ou polinização por vibração, particularmente relevante para o cultivo de espécies da família Solanaceae, como, por exemplo, o tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.), a berinjela (*S. melongena* L.), o jiloeiro (*S. gilo* Raddi) e pimenteira (*Capsicum* spp.), que possuem anteras poricidas (RAW, 2000).

As flores do tomateiro (*S. lycopersicum*), por exemplo, não produzem néctar e o recurso disponível para as abelhas é apenas o pólen, acessível quando elas promovem a vibração das anteras (GREENLEAF; KREMEM, 2006). As anteras são unidas por tricomas entrelaçados ao longo de suas bordas (GLOVER; BUNNEWELL; MARTIN, 2004), formando um cone que envolve o estigma. O modo de abertura na antera de *Solanum* não é uniforme, podendo ocorrer através de: (1) um poro simples na extremidade apical de cada teca, em alguns casos, acompanhado por outras aberturas laterais, (2) um poro apical, que continua para baixo, com uma fenda longitudinal, ou (3) uma fenda longitudinal que corre ao longo de cada teca (CARRIZO GARCÍA; MATESEVACH; BARBOZA, 2008).

Essa variedade de tipos de abertura de antera em *Solanum* pode tanto proporcionar informação sobre as relações entre espécies como representar ajustes em relação ao mecanismo de polinização de cada espécie (CARRIZO GARCÍA; MATESEVACH; BARBOZA, 2008). Para Bonner e Dickinson (1989), o sucesso reprodutivo de várias culturas agrícolas depende do tipo de deiscência da antera e o processo de transferência do pólen.

Em trabalhos feitos em estufa, onde a ação do vento é parcial ou totalmente bloqueada, foi verificado um incremento na formação de tomates quando as flores foram visitadas por abelhas (AL-ATTAL et al., 2003; PALMA et al., 2008; BISPO DOS SANTOS et al., 2009). Trabalhos realizados em cultivo aberto em localidades diversas como Califórnia (EUA) (GREENLEAF; KREMEM, 2006), México (MACIAS-MACIAS et al., 2009) e Rio de Janeiro (DEPRÁ et al., 2013), constataram a importância dos polinizadores no aumento da produção de tomate, mesmo considerando a ação do vento.

Dados especulativos relatam um cenário onde a perda dos polinizadores trará prejuízos ao homem, não só pela perda dos agentes polinizadores responsáveis pela produção de um terço do alimento mundial, mas também da manutenção da biodiversidade, uma vez que as abelhas são responsáveis pela polinização de 40% a 90% das plantas fanerógamas (NOCELLI et al., 2012). Além disso, devido a escassez de polinizadores, muitos agricultores acabam utilizando técnicas artificiais de polinização, como a polinização manual, o uso de spray com pólen suspenso e uso de vibradores elétricos para simular o comportamento de algumas

espécies de abelhas. Esses métodos, porém, elevam o custo da produção (WESTERKAMP; WINSTON, 2004).

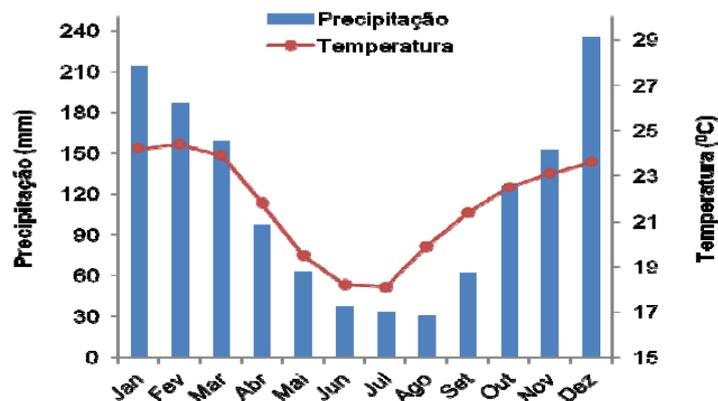
Diante do exposto, o objetivo geral desse trabalho foi verificar a influência do tipo de deiscência das anteras de flores de *S. lycopersicum* híbrido Pizzadoro no sistema de polinização. Os objetivos específicos foram: 1) conferir o tipo de deiscência das anteras das flores de *S. lycopersicum* híbrido Pizzadoro; 2) comparar a eficiência de três espécies de abelhas na polinização com tratamentos de autopolinização espontânea e a polinização em condições naturais.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado numa área de cultivo convencional de tomate (*Solanum lycopersicum* L. híbrido Pizzadoro) na Fazenda Cercado Grande, localizada no município de Estiva Gerbi, São Paulo (22°16'17" S e 46°56'41" O; altitude de 610 m; área total de 7.370 ha). O clima da região é tropical com estação seca de inverno (Aw). A temperatura média do mês mais quente (fevereiro) é de 24,4°C e a do mês mais frio (Julho), 18,1°C. A precipitação média no mês mais chuvoso (dezembro) é de 234,9 mm e no mês mais seco (agosto), 30,8 mm (Figura 1).

**Figura 1** – Dados climáticos de precipitação média (mm) e temperatura média (°C) do município de Estiva Gerbi, SP, construídos a partir de dados coletados na Estação Meteorológica Cepagri/Feagri/Unicamp entre 1988-2008



Em abril de 2013, 40 mil mudas de tomateiro com cerca de 40 dias de idade foram transplantadas em uma área de aproximadamente 4,84 ha, com espaçamento de 75 cm entre as mudas e 1 m entre as ruas, utilizando o sistema de mourão, cruzeta (estaca de bambu) e arame para condução dos ramos. Após um mês, os tomateiros começaram a florescer.

## 2.2 Morfologia floral – deiscência da antera

Para analisar o tipo de deiscência da antera das flores de *S. lycopersicum* híbrido Pizzadoro, foram coletadas, aleatoriamente, flores de diferentes tomateiros entre os meses de junho e agosto de 2013. Foram detectados cinco principais estágios de desenvolvimento das flores (Figura 2), porém, o estágio 1 não foi considerado por estar em processo de formação.

**Figura 2** - Estágios de desenvolvimento de flores de *Solanum lycopersicum* híbrido Pizzadoro. Barra = 6 mm



Para análise em estereomicroscópio foram utilizadas de cada estágio floral 10 flores frescas e 10 fixadas em álcool 70%. Cortes manuais foram feitos em 5 flores de cada estágio para análise em microscópio óptico.

### 2.2.1 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Embora as anteras das flores de *S. lycopersicum* tenham tamanho suficiente para serem visualizadas em estereomicroscópio, a Microscopia Eletrônica permite uma análise mais detalhada de toda a estrutura. Para tanto, foram utilizadas flores fixadas em FAA (5% de formalina, 5% de ácido acético e 90% de álcool etílico a 50%), desidratadas numa série de álcool (10%, 30%, 50% e 70% estoque) e acetona (90% e 100%). As amostras foram submetidas ao ponto crítico para retirada de toda água estrutural, utilizando-se o equipamento Balzers Critical Point Dryer 030. Posteriormente, foram recobertas com ouro pelo método de “Sputtering”, com o equipamento Balzers Sputter Coater 050. As micrografias foram obtidas

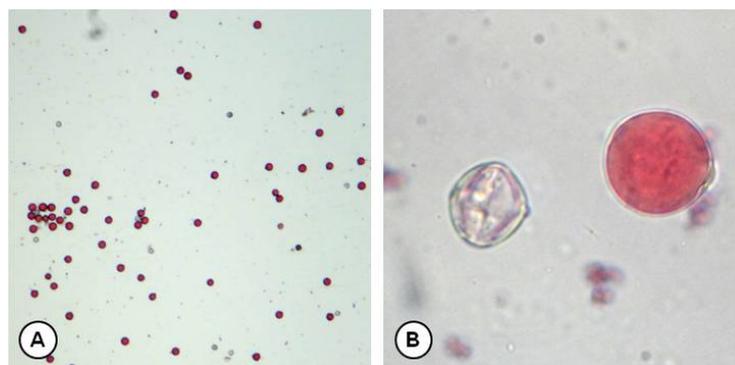
em microscópio eletrônico de varredura Hitachi TableTop Microscope TM3000, operando a 15 kV.

### 2.3 Viabilidade do grão de pólen

Para estimar a viabilidade do grão de pólen foi utilizada a técnica de coloração dos grãos de pólen com carmim acético a 2% (RADFORD et al., 1974). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, utilizando-se quatro estágios de abertura de flor, com 13 repetições cada. Para cada flor, uma amostra de pólen foi retirada das anteras e distribuída sobre uma lâmina de vidro, sobre a qual foi adicionado carmim acético e em seguida uma lamínula. A observação e registro de grãos de pólen deram-se logo após o preparo das lâminas, evitando o ressecamento do material.

Foi utilizado o método de varredura da lâmina em microscópio óptico, em que foram contados 100 grãos de pólen por lâmina ao acaso. Estimou-se o percentual de viabilidade do pólen mediante a proporção entre o número de grãos de pólen corados (viáveis) e não corados ou com citoplasma retraído (não viáveis) (Figura 3). Para comparação das médias, os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando-se teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, através do software Assistat versão 7.7 beta.

**Figura 3** - Grãos de pólen no teste de coloração carmim acético (A) visão geral, aumento de 100x e (B) não viável à esquerda e viável à direita, em aumento de 400x



### 2.4 Eficiência dos polinizadores

Para testar a contribuição de diferentes polinizadores na frutificação e formação de sementes foram selecionadas três espécies de abelhas a fim de se comparar fatores que pudessem influenciar na efetividade, como o tamanho corporal do polinizador e o modo de

coleta de pólen. Além disso, foi necessário escolher as espécies mais frequentes para facilitar a realização do teste. Por isso, as espécies escolhidas foram *Exomalopsis* sp. e *Augochloropsis* sp., que possuem comportamento vibratório para coleta de pólen e *Apis mellifera*, que coleta pólen sem vibração. Apesar de *A. mellifera* não ser considerada polinizadora do tomate, foi visualizada, em observações preliminares, introduzindo a glossa na abertura do cone de anteras (Figura 4).

**Figura 4** – *Apis mellifera* em visita na flor de *Solanum lycopersicum* híbrido Pizzadoro coletando pólen através da introdução da glossa no cone de anteras



O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. Acompanhou-se o desenvolvimento de dois frutos gerados pela polinização de *A. mellifera*, quatro de *Augochloropsis* sp. e 10 de *Exomalopsis* sp. Para tanto, inflorescências com botões florais foram previamente ensacadas com tule e posteriormente expostas individualmente após abertura das flores (Figura 5 A-B). Os frutos gerados (Figura 5 C) foram colhidos ao apresentar coloração avermelhada, indicando amadurecimento (cerca de 56 dias) e avaliados quanto ao número de sementes.

**Figura 5** - Inflorescência de *Solanum lycopersicum* híbrido Pizzadoro ensacada com tule: (A) botões florais; (B) flores abertas e (C) fruto maduro

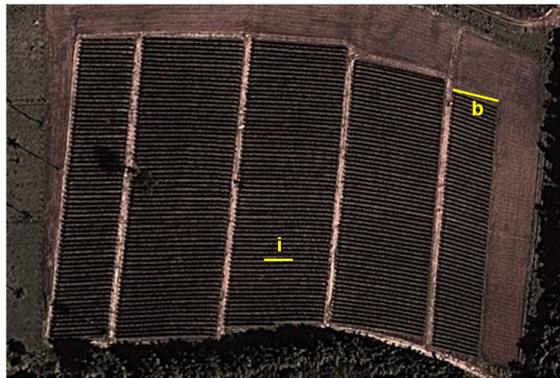


## 2.5 Autopolinização espontânea e polinização em condições naturais

Foram feitos mais quatro tratamentos para comparar com o teste realizado com a eficiência das abelhas: 1) autopolinização espontânea na borda (AEb): botões florais foram ensacados na borda do plantio (n = 10 flores); 2) autopolinização espontânea no interior (AEi): botões florais foram ensacados na região interior do plantio (n = 5 flores); 3) polinização em condições naturais na borda (PNb): flores foram deixadas expostas às condições naturais na borda do plantio (n = 5 flores); 4) polinização em condições naturais no interior (PNi): flores foram deixadas expostas às condições naturais na região interior do plantio (n = 5 flores).

Optou-se por avaliar tanto no interior quanto na borda do plantio (Figura 6) para verificar o efeito do vento na polinização, já que a flor do tomateiro é autocompatível e que, segundo McGregor (1976), a autopolinização pode ser realizada pelo vento em áreas abertas, onde a corrente de vento é suficiente para vibrar as anteras e fazer com que o pólen caia sobre o estigma.

**Figura 6** – Área de plantio de *Solanum lycopersicum* híbrido Pizzadoro, (b) borda e (i) interior (Fonte: Google Earth; altitude do ponto de visão: 1,14 km)



Foi verificada a homocedasticidade dos dados, que foram submetidos à análise de variância, utilizando-se teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, através do software Assistat versão 7.7 beta.

A eficiência de polinização das espécies de abelhas foi comparada através do teste de Kruskal-Wallis e também foi analisada com o índice de Spears (SPEARS, 1983), que é um método para avaliar a importância relativa de diferentes organismos para a polinização de plantas. O índice compara o número de sementes produzidas por um polinizador após uma única visita numa flor que ainda não tenha recebido nenhuma visita, com aquelas produzidas

em flores que não receberam nenhuma visita e que receberam número ilimitado de visita. O índice varia de 0 (zero), quando não é observada contribuição pelo polinizador, até 1, quando a produção de semente pelo polinizador é igual a de flores que receberam visitas ilimitadas. O índice é calculado através da fórmula:

$$PE_i = \frac{P_i - Z}{U - Z},$$

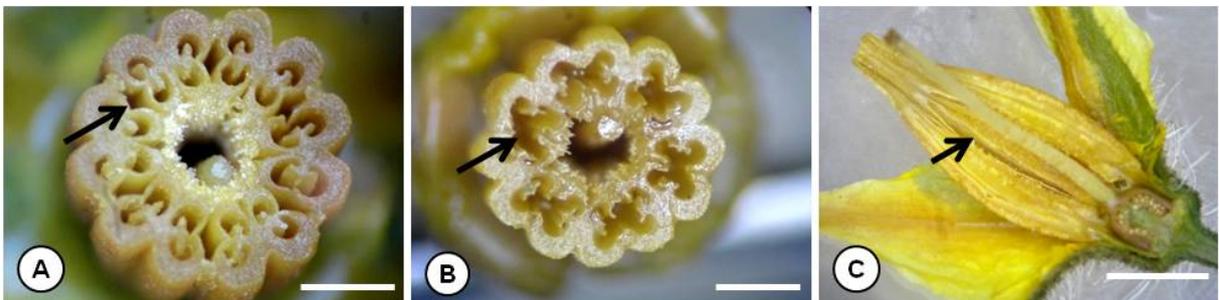
onde  $PE_i$  = eficiência de polinização de uma espécie  $i$ ;  $P_i$  = média do número de sementes provenientes de flores que receberam uma única visita da espécie  $i$ ;  $Z$  e  $Z'$  = média do número de sementes provenientes de flores que não receberam visitas;  $U$  = média do número de sementes provenientes de flores que receberam visitas ilimitadas.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Morfologia floral – deiscência da antera

Nos primeiros estágios da flor, ou seja, ainda em botão, as anteras estão fechadas (Figura 7-A), mas a partir do estágio 3 a região estomial se abre. Cada antera é formada por duas tecas, a abertura de uma teca coincide com a abertura da teca da antera adjacente (Figura 7-B), formando um tubo de saída para o pólen, isto é, a abertura se estende da base até o ápice da antera, caracterizando uma deiscência longitudinal (Figura 7-C).

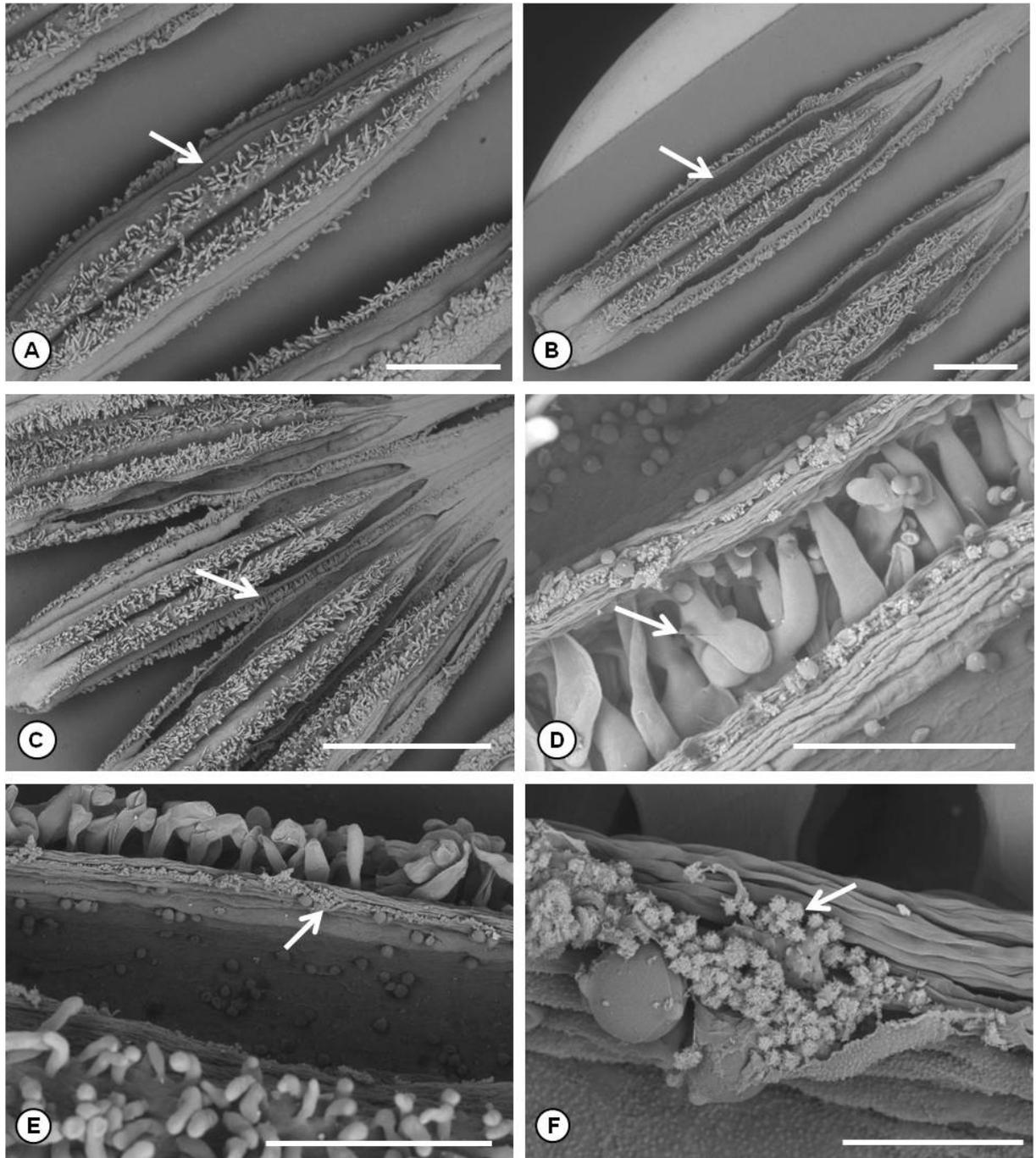
**Figura 7** - Flor de *Solanum lycopersicum* híbrido Pizzadoro: cone de anteras em corte transversal - (A) estágio 2, estômio fechado (seta) e (B) estágio 3, estômio aberto (seta). Barra = 1 mm. (C) corte longitudinal (seta: antera com deiscência longitudinal). Barra = 3 mm



Com a Microscopia Eletrônica de Varredura, a região estomial e a fenda longitudinal ficaram ainda mais evidentes (Figura 8 A-B). Além disso, observou-se o entrelaçamento dos tricomas que une as anteras umas às outras (Figura 8 C-D) possibilitando a formação do cone

de anteras e também grande quantidade de cristais no tecido da região estomial (Figura 8 E-F).

**Figura 8** - Anteras de *Solanum lycopersicum* híbrido Pizzadoro com (A) estômio fechado (seta); (B) estômio aberto (seta) através de notável fenda longitudinal; (C) e (D) tricomas entrelaçados unindo as anteras; (E) e (F) cristais localizados na abertura da antera (seta). Barra: A-B) 2 mm; C) 2 mm; D) 200  $\mu$ m; E) 300  $\mu$ m; F) 30  $\mu$ m



Com relação a viabilidade do grão de pólen foram obtidas as seguintes médias das repetições: estágio floral 2, 76,3% de viabilidade dos grãos de pólen; estágio 3, 69,3%;

estágio 4, 70,3% e estágio 5, 65,2%. De acordo com a análise de variância, não houve diferença significativa entre os estágios florais quanto a porcentagem de viabilidade de grãos de pólen, indicando que a viabilidade não é afetada pela idade da flor (Tabela 1).

**Tabela 1** – Viabilidade dos grãos de pólen de *Solanum lycopersicum* híbrido Pizzadoro nos diferentes estágios florais (médias  $\pm$  desvio padrão)

Estágio floral	Viabilidade dos grãos de pólen (%)
2	76,3 $\pm$ 9,53 a
3	69,3 $\pm$ 12,79 a
4	70,3 $\pm$ 16,25 a
5	65,2 $\pm$ 18,26 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a  $p < 0,05$

### 3.2 Eficiência dos polinizadores com relação aos tratamentos de autopolinização espontânea e polinização em condições naturais

Os frutos gerados pela polinização de *Apis mellifera* continham uma média de 101 sementes; os de *Augochloropsis* sp., 75 e *Exomalopsis* sp., 107. O teste de Kruskal-Wallis,  $H(2, n=16) = 1,219440$   $p = 0,5435$ , indica que não houve diferença entre as espécies de abelhas, ou seja, o número de sementes produzidas não depende da espécie de abelha. O Índice de Eficiência de Polinização de Spears ( $PE_i$ ) mostrou que apenas uma visita de cada uma das três espécies não é suficiente para produzir um número de sementes igual a da polinização em condições naturais. No entanto, a que mais se aproximou do  $U$  (média do número de sementes em polinização em condições naturais) foi *Exomalopsis* sp. ( $PE_{Ex} = 0,85$ ), seguido de *A. mellifera* ( $PE_{Am} = 0,72$ ), enquanto que a eficiência de *Augochloropsis* sp. foi bem inferior ( $PE_{Au} = 0,22$ ) (Tabela 2).

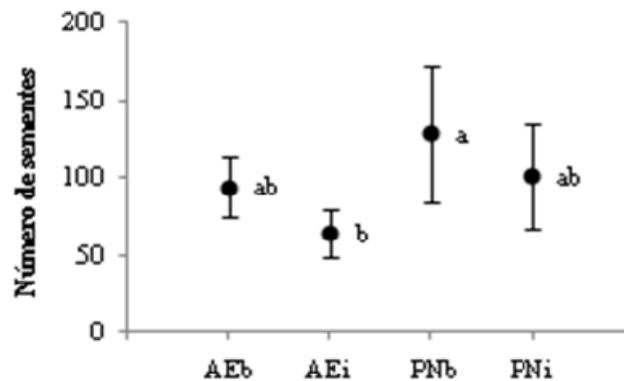
**Tabela 2** – Comparação da eficiência de polinização ( $PE_i$ ) de *Apis mellifera*, *Augochloropsis* sp. e *Exomalopsis* sp. em *Solanum lycopersicum* híbrido Pizzadoro (média  $\pm$  desvio padrão)

Tratamento	Número de sementes	$PE_i$
<i>Apis mellifera</i>	101 $\pm$ 50,55 a	0,72
<i>Augochloropsis</i> sp.	75 $\pm$ 20,28 a	0,22
<i>Exomalopsis</i> sp.	107 $\pm$ 24,80 a	0,85

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a  $p < 0,05$

Para os testes de autopolinização espontânea e polinização em condições naturais, a análise de variância indicou que existe diferença significativa a 5% de probabilidade entre as médias do número de sementes produzidas pela polinização em condições naturais na borda (128) e a autopolinização espontânea no interior (64) (Figura 9).

**Figura 9** – Média ( $\pm$  desvio padrão) do número de sementes provenientes dos testes de autopolinização espontânea na borda do plantio (**AEb**), autopolinização espontânea no interior (**AEi**), polinização em condições naturais na borda (**PNb**) e polinização em condições naturais no interior (**PNi**). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si a  $p < 0,05$



## 4 DISCUSSÃO

### 4.1 Morfologia floral – deiscência da antera

Verificou-se que a deiscência da antera de *Solanum lycopersicum* híbrido Pizzadoro é do tipo longitudinal, o que corrobora com Bonner e Dickinson (1989). Indivíduos de *Apis mellifera* foram vistos visitando flores de *S. lycopersicum* e coletando pólen através da introdução da glossa na abertura do cone de anteras. Muitas vezes abelhas, como esta, que não

são capazes de vibrar as flores não são consideradas polinizadoras do tomate (SANTOS; NASCIMENTO, 2011; DEPRÁ et al., 2013). No entanto, considerando que as anteras possuem deiscência longitudinal e o comportamento visualizado, o pólen pode ser depositado no estigma, ocorrendo assim a polinização.

Pelo fato da antera ser do tipo longitudinal e as anteras serem unidas através do entrelaçamento de tricomas laterais formando um cone, possibilita a polinização através do contato direto da glossa de abelhas como *A. mellifera* além da polinização por vibração, o que amplia a diversidade de insetos visitantes dos tomateiros.

Não foi feita análise para identificação dos cristais observados no tecido da região estomial, porém, Bonner e Dickinson (1989) relatam ter encontrado grande quantidade de cristais de oxalato de cálcio acumulados nos septos e que podem exercer um papel importante no processo de abertura da antera para liberação do pólen.

O número de sementes formadas depende do número de óvulos fecundados, ou seja, do número de grãos de pólen viáveis que alcançam o estigma, germinam e fecundam os óvulos (HIGUTI et al., 2010). Como foi verificado neste trabalho, a viabilidade do grão de pólen não foi significativamente diferente nos quatro estágios florais, isso indica que a idade da flor, neste aspecto, não influencia na eficiência da polinização.

#### **4.2 Eficiência dos polinizadores em relação ao tratamento de autopolinização espontânea e polinização em condições naturais**

Os resultados obtidos indicam que *Apis mellifera* também contribui para a polinização de tomate, já que a média do número de sementes produzidas pela polinização dessa espécie foi estatisticamente semelhante à de *Augochloropsis* sp. e *Exomalopsis* sp., que coletam pólen através de comportamento vibratório. Esse resultado é contrário ao que dizem Vianna, De Marco Jr. e Campos (2007), quando afirmam que *A. mellifera*, juntamente a *Trigona spinipes* e outras, não conseguem retirar o pólen das flores do tomateiro, ou, se conseguem a probabilidade de polinização é pequena. No presente trabalho não foi possível realizar um número de repetições maior para *A. mellifera* devido às limitações de campo, por isso, sugere-se que mais trabalhos sejam feitos com mais repetições.

Em geral, *A. mellifera* é considerada eficiente polinizadora para outras culturas, como, por exemplo, em estudos realizados em Jaboticabal, SP, a abelha *Apis mellifera* africanizada influenciou quantitativa e qualitativamente na produção de laranjas (*Citrus sinensis* L. Osbeck, var. Pera-río), resultando em frutos mais pesados, menos ácidos e com maior número

de sementes (MALERBO-SOUZA; NOGUEIRA-COUTO; COUTO, 2003). Porém, não é considerada polinizadora de *S. lycopersicum* por se considerar que a antera possui deiscência poricida, o que, de fato, dificultaria a coleta de pólen por *A. mellifera*. Neste trabalho, verificou-se que a deiscência da antera não é do tipo poricida, e sim longitudinal, por isso, *A. mellifera* consegue utilizar os recursos da flor do tomate, embora não seja um polinizador especializado como as abelhas que são capazes de vibrar.

Apesar do tamanho do corpo ser maior do que o de *Exomalopsis* sp., *Augochloropsis* sp. teve uma baixa eficiência, indicando a necessidade de mais visitas dessa espécie para obter um número de sementes semelhante ao da polinização em condições naturais. Esses resultados diferiram de Macias-Macias et al. (2009) que trabalharam com os mesmos gêneros no México, mas *Augochloropsis* sp. foi a mais eficiente tendo o (PE = 0,76), seguida de *Exomalopsis* sp. (PE = 0,72) e por último *A. mellifera* (PE = 0,35). Essa diferença pode estar associada a fatores como, o número de repetições realizado, híbrido de tomate utilizado, condições climáticas.

Apesar da falta de estudos da relação do tamanho da abelha com a força de vibração na coleta de pólen, Nunes-Silva, Hrcir e Imperatriz-Fonseca (2010) dizem que, apesar de serem necessários mais estudos comparativos, é possível que abelhas menores sejam tão eficientes em vibrar flores quanto às maiores. Assim, a eficiência do polinizador dependerá de outras características relacionadas ao forrageamento, como, por exemplo, a frequência de visitação.

Com os resultados encontrados na autopolinização espontânea e polinização em condições naturais, observa-se que, apesar da maior vulnerabilidade na borda dos quadrantes, a ação do vento contribui no aumento de grãos de pólen depositados no estigma e, conseqüentemente, na formação de sementes. Como a incidência de vento no interior do plantio é baixa, fica evidente a importância das abelhas no aumento da produtividade, uma vez que a área com menor incidência de vento é maior do que a borda do plantio.

Além disso, nota-se que a polinização em condições naturais na borda foi a que resultou no número médio estatisticamente maior de sementes, o que pode ter sido resultado da soma da ação do vento e visitas de abelhas. Deve-se considerar que o número de sementes, que é consequência direta da polinização, tem importância fundamental no desenvolvimento dos frutos, uma vez que a distribuição irregular das sementes no interior do fruto leva à má formação (JANICK, 1966).

De acordo com Freitas e Nunes-Silva (2012), embora a ação do vento seja suficiente para desenvolver algumas sementes e produzir frutos, geralmente não o é para maximizar o

potencial produtivo da planta e assegurar todas as sementes e frutos que a cultura possui potencial de produzir. Além disso, na ausência de vento, não haverá polinização e dessa maneira, a visita de insetos polinizadores é fundamental (MCGREGOR, 1976).

Assim, considerando a necessidade de polinizadores em áreas agrícolas, é necessário tornar as paisagens agrícolas capazes de mantê-los, preservando locais de nidificação através da conservação e restauração de fragmentos florestais (IMPERATRIZ-FONSECA; NUNES-SILVA, 2010).

## 5 CONCLUSÃO

A deiscência da antera de *S. lycopersicum* híbrido Pizzadoro é do tipo longitudinal e pode influenciar diretamente na relação planta-polinizador. Os dados obtidos indicam que *A. mellifera* contribui para a polinização do tomate, assim como *Augochloropsis* sp. e *Exomalopsis* sp., porém, sua presença no local depende da oferta de alimento e abrigo ao longo do ano todo, o que pode estar relacionado com a manutenção da vegetação nativa do local e não simplesmente da introdução da espécie, pois a cultura do tomate é anual sendo que a floração é de cerca de 3 a 4 meses. Apesar de *A. mellifera* ser eficiente e num primeiro momento demonstrar ser um benefício para a produtividade da cultura, há que se estudar o efeito da sua alta densidade de indivíduos competindo com as abelhas nativas por recursos florais.

## REFERÊNCIAS

- AL-ATTAL, Y.Z.; KASRAWI, M.A.; NAZER, I.K. Influence of pollination technique on greenhouse tomato production. **Agricultural and Marine Sciences**, v. 8, n. 1, p. 21-26, 2003.
- ASSISTAT Programa computacional – Assistência Estatística. Versão 7.7 beta. Campina Grande, PB: Universidade Federal de Campina Grande, 2014. Disponível em: <<http://www.assistat.com/indformp.html>>. Acesso em: fev. 2014.
- BERNHARDT P. Anther adaptation in animal pollination. In: D'ARCY, W. G., KEATING, R. C. (eds.). **The anther: form, function and phylogeny**. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. p.192–220.
- BISPO DOS SANTOS, ROSELINO, A.C.; HRNCIR, M.; BEGO, L.R. Pollination of tomatoes by the stingless bee *Melipona quadrifasciata* and the honey bee *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae). **Genetics and Molecular Research**, v. 8, n. 2, p. 751-757, 2009.

BONNER, L. J.; DICKINSON, H. G. Anther dehiscence in *Lycopersicon esculentum*. **New Phytologist**, v. 113, p. 97-115, 1989.

CARRIZO GARCÍA, C.; MATESEVACH, M.; BARBOZA, G. Features related to anther opening in *Solanum* species (Solanaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 158, p. 344-354, 2008.

DEPRÁ, M. S. et al. Pollination deficit in open-field tomato crops (*Solanum lycopersicum* L., Solanaceae) in Rio de Janeiro State, Southeast Brazil. **Journal of Pollination Ecology**, v.11, p. 1-8, 2013.

FREE, J. B. **Insect pollination of crops**. 2 ed. Londres: Academic Press, 1993. 684p.

FREITAS, B. M. Uso de programas racionais de polinização em áreas agrícolas. **Revista Mensagem Doce**, v. 46, p. 1-6, 1998.

FREITAS, B. M.; NUNES-SILVA, P. Polinização agrícola e sua importância no Brasil. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. et al. (Orgs.). **Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2012. p. 103-118.

FREITAS, B. M.; PAXTON, R. J. The role of wind and insects in cashew (*Anacardium occidentale*) pollination in NE Brazil. **The Journal of Agricultural Science**, v. 126, p. 319-326, 1996.

GLOVER, B. J.; BUNNEWELL, S.; MARTIN, C. Convergent evolution within the genus *Solanum*: the specialized anther cone develops through alternative pathways. **Gene**, v. 331, p. 1-7, 2004.

GREENLEAF, S. S.; KREMEN, C. Wild bee species increase tomato production and respond differently to surrounding land use in Northern California. **Biological Conservation**, v. 133, p. 81-87, 2006.

HARDER, L. D.; THOMSON, J. D. Evolutionary options for maximizing pollen dispersal of animal-pollinated plants. **The American Naturalist**, v. 133, n. 3, p. 323-344, 1989.

HIGUTI, A.R.O. et al. Produção de tomate em função da “vibração” das plantas. **Bragantia**, v. 69, n. 1, p. 87-92, 2010.

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

JANICK, J. **A Ciência da Horticultura**. Rio de Janeiro: USAD, 1966. 485p.

KLEIN, A.M. et al. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the royal society B**, v. 274, p. 303-313, 2007.

MACIAS-MACIAS, O. et al. Contribution of native bees and Africanized honey bees (Hymenoptera: Apoidae) to Solanaceae crop pollination in tropical México. **Journal of Applied Entomology**, v. 133, p. 456-465, 2009.

MALERBO-SOUZA, D. T.; NOGUEIRA-COUTO, R. H.; COUTO, L. A. Polinização em cultura de laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck. var. Pera-rio). **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 40, p. 237-242, 2003.

NOCELLI, R. C. F. et al. As abelhas e os defensivos agrícolas. p. 257-269. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. et al. (orgs.). **Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2012. p. 257-269.

NUNES-SILVA, P.; HRNCIR, M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. A polinização por vibração. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 1, p. 140-151, 2010.

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 (Hymenoptera: Apoidea). **Journal of Applied Entomology**, v. 132, p. 79-85.

RADFORD, A.E. et al. **Vascular plant systematic**. New York: Harper & Row Publishing, 1974. 891 p.

RAW, A. Foraging behaviour of wild bees at hot pepper flowers (*Capsicum annuum*) and its possible influence on cross pollination. **Annals of Botany**, v. 84, p. 487-492, 2000.

SANTOS, A. B.; NASCIMENTO, F. S. Diversidade de visitantes florais e potenciais polinizadores de *Solanum lycopersicum* (Linnaeus) (Solanales: Solanaceae) em cultivos orgânicos e convencionais. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 6, n.3, p. 162-169, 2011.

SPEARS, E. E. A direct measure of pollinator effectiveness. **Oecologia**, v. 57, p. 196-199, 1983.

VIANNA, M.R.; DE MARCO JR., P.; CAMPOS, L.A.O. Manejo de polinizadores e o incremento da produtividade agrícola: uma abordagem sustentável dos serviços do ecossistema. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 1, p. 144-147, 2007.

WESTERKAMP, C.; GOTTSBERGER, G. The costly crop pollination crisis. In: KEVAN, P; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. (eds). **Pollinating bees: The conservation link between agriculture and nature**. Brasília, MMA, 2002. p.51-56.

**CAPÍTULO II - Influência da área de Reserva Legal na disponibilidade de polinizadores no cultivo de *Solanum lycopersicum* L. híbrido Pizzadoro (Solanaceae)**

## RESUMO

O uso não-sustentável de ecossistemas para produção agrícola vem causando o declínio de populações de polinizadores, que prestam serviço ambiental essencial tanto em ecossistemas naturais quanto agrícolas, assegurando a reprodução da maioria das plantas. Áreas de Preservação Permanente e Reserva Legal (RL) oferecem importantes serviços ambientais que garantem a sustentabilidade agrícola, entre os mais importantes estão aqueles que proporcionam a manutenção da fauna de polinizadores de culturas agrícolas. O objetivo desse trabalho foi verificar a influência de áreas de RL sobre a disponibilidade de polinizadores em monocultura de tomate (*Solanum lycopersicum* L. híbrido Pizzadoro) da região de Estiva Gerbi, São Paulo. As observações e coletas foram feitas *in situ* a 50, 100 e 150 metros da RL, no período de maio a junho de 2013. Foi contabilizado o número de flores abertas por quadrante para verificar a disponibilidade de recursos. Foram encontradas 11 espécies de insetos, das quais sete foram consideradas polinizadoras. Foram registradas 58 visitas florais; dessas, 24 no quadrante A (50 m), 13 no B (100 m) e 21 no C (150 m), sendo *A. mellifera* dominante com 62,1% das visitas, seguida de *Augochloropsis* sp. e *Oxaea flavescens* ambos com 10,3%, *Exomalopsis* sp. com 6,9%, *Allograpta* sp. com 5,2%, *Bombus* sp. com 3,4% e *Xylocopa* com 1,7%. Os dados indicam que a RL desempenhou um papel fundamental no fornecimento de polinizadores para a cultura de tomate.

**Palavras-chave:** tomate, *Solanum*, polinização, visitantes florais, fragmento florestal.

## ABSTRACT

The unsustainable use of ecosystems for agricultural production has caused the decline of pollinator populations which provides essential environmental services in both natural and agricultural ecosystems, ensuring the reproduction of most flowering plants. Permanent Preservation Areas and Legal Reserves (LR) provide important environmental services that ensure agricultural sustainability. Among the most important are those that provide the maintenance of wildlife responsible for pollination of crops. The aim of this study was to investigate the influence of LR areas in the availability of pollinators in monoculture of tomato (*Solanum lycopersicum* L. hybrid Pizzadoro) in the region of Estiva Gerbi, São Paulo, Brazil. The observations and collections were made *in situ* at 50, 100 and 150 meters from the LR, between 2013 May to June. The number of open flowers per quadrant was recorded to verify the availability of resources. We found 11 species of insects, seven were considered as pollinators. We recorded 58 floral visits, which 24 in quadrant A (50 m), 13 in B (100 m) and 21 in C (150 m), with *A. mellifera* being dominant with 62.1 % of visits, followed by *Augochloropsis* sp. and *Oxaea flavescens* both with 10.3%, *Exomalopsis* sp. (6.9 %), *Allograpta* sp. (5.2 %), *Bombus* sp. (3.4 %) and *Xylocopa* sp. (1.7 %). The data indicate that the LR has important role in providing pollinators for tomato crops.

**Keywords:** tomato, *Solanum*, pollination, flower visitors, forest fragment.

## 1 INTRODUÇÃO

A diminuição da disponibilidade de polinizadores para as plantas pode causar limitações na quantidade de frutos (DE MARCO JR.; COELHO, 2004), qualidade dos frutos (WALLACE; LEE, 1999) e número de sementes (KALINGANIRE et al., 2001), constituindo-se em um dos maiores problemas quando se trata de produção agrícola. A dependência de recursos das florestas, muitas vezes ausentes em áreas de cultivo, pode resultar no déficit de polinizadores nestas áreas (CHACOFF; AIZEN, 2006), sendo que a polinização é um serviço ambiental essencial tanto em ecossistemas naturais quanto agrícolas, assegurando a reprodução da maioria das plantas (FAO, 2007).

A fragmentação florestal pode isolar populações de polinizadores em áreas florestais, impedindo o fluxo entre fragmentos e a consequente ausência destas espécies nas matrizes no entorno (CHACOFF; AIZEN, 2006). Na paisagem agrícola, fragmentos de habitats naturais podem ser gerados por fatores naturais (por ex.: flutuações climáticas, heterogeneidade de solos, topografia, processos de sedimentação e hidrodinâmica em rios e no mar, processos hidrogeológicos que produzem áreas temporariamente ou permanentemente alagadas) (CONSTANTINO et al., 2003) ou por fatores antrópicos (por ex.: extração de madeira, queimadas, expansão das atividades agropecuárias, substituição da cobertura florestal nativa por reflorestamento com espécies exóticas, crescimento urbano desordenado, implantação de infraestrutura de transportes, energia e saneamento) (FISZON et al., 2003). Segundo Richards e Kevan (2002), as modificações do habitat afetam as populações de polinizadores de três maneiras: a) modificação de fontes de alimento, b) modificação de local de nidificação e oviposição, e c) modificação de local de descanso e acasalamento.

Os hábitos de nidificação das abelhas são variados como, por exemplo, escavação no solo, utilização de cavidades preexistentes ou escavação de galerias em troncos (ROUBIK, 1989). A resposta das abelhas também depende da sua capacidade de voo, porém, a distância de forrageamento é desconhecida para a maioria das espécies de abelhas (GREENLEAF et al., 2007). O raio de voo das abelhas é determinado por fatores internos (por ex.: fisiologia e morfologia) e ambientais (por ex.: densidade e distribuição dos recursos florais, e barreiras de paisagem) (GREENLEAF et al., 2007; ZURBUCHEN et al., 2010). As abelhas forrageiam preferivelmente em viagens curtas e sucessivas, sempre retornando ao ninho e, por isso, a proximidade entre locais de nidificação e campos agrícolas é crítica para os cultivos polinizados por abelhas (GATHMANN; TSCHARNKE, 2002).

Analisando cargas polínicas retiradas das corbículas de *Bombus morio* em áreas de cultivo de tomate, Oliveira et al. (2011) verificaram que mesmo no período de intensa floração dos tomateiros as abelhas utilizam outros recursos e, portanto, a preservação das áreas de entorno com alta riqueza florística é importante para a manutenção destes polinizadores nas áreas de cultivo.

Vários trabalhos vêm apontando medidas paliativas para melhorar a produtividade da cultura, como, por exemplo, o uso de xaropes e atrativos (MALERBO-SOUZA et al., 2003), manejo de polinizadores (VIANNA; DE MARCO JR.; CAMPOS, 2007), uso de ninhos racionais (FREITAS; OLIVEIRA FILHO, 2003) entre outros. No entanto, conforme Freitas e Alves (2009), esses recursos não funcionarão se não existirem fragmentos florestais no entorno com populações estáveis e que poderão sustentar as abelhas com alimento quando a cultura não estiver florescendo.

No caso de plantios de café, foi constatado que a proximidade de florestas nativas faz com que recursos sejam fornecidos para os polinizadores nos períodos em que não há flores na cultura e, principalmente, uma variedade de locais de nidificação e materiais para construção dos ninhos. A diversidade local e a heterogeneidade da paisagem são de extrema importância, considerando que muitas espécies constroem seus ninhos em cavidades de árvores, não encontradas em plantações de café (MATHESON et al. 1996).

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) não é considerado uma cultura dependente de polinizadores, mas pode ser beneficiado por eles aumentando a qualidade dos frutos produzidos (FREITAS; NUNES-SILVA, 2012). Greenleaf e Kremem (2006) verificaram que em culturas de tomate no Norte da Califórnia, as áreas naturais aumentam a população de *Bombus vosnesenskii* (Apidae), que são considerados polinizadores de tomate, mas, em contraste, esse fator não influencia a taxa de visitação de *Anthophora urbana*. Por isso os mesmos autores afirmam que diferenças espécie-específicas na dependência de habitats naturais ressaltam a importância de se considerar a história natural de espécies de abelhas ao projetar as tendências da população de polinizadores e elaboração de planos de gestão para serviços de polinização. Assim, para manter uma comunidade de abelhas, várias abordagens, incluindo a manutenção de habitat natural, devem ser implementadas.

Neste sentido, as Áreas de Reserva Legal (RL) junto às Áreas de Preservação Permanente (APP) oferecem importantes serviços ambientais que garantem a sustentabilidade agrícola, entre os mais importantes estão aqueles que proporcionam a manutenção da fauna de polinizadores de culturas e do controle natural de pragas agrícolas, em especial os insetos (SILVA et al., 2011).

A RL é definida pela legislação brasileira / Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012) como uma área no interior de uma propriedade ou posse rural cuja função é assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel, auxiliar a conservação e reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, oferecendo abrigo e proteção para a fauna silvestre e a flora nativa.

De acordo com o Instituto Florestal (2009), a formação florestal nativa em Estiva Gerbi é Floresta Estacional Semidecidual, sendo a área total de remanescentes de apenas 462 ha. Dos 72 fragmentos remanescentes, mais de 90% possui área menor que 10 ha.

Neste contexto, o objetivo geral do trabalho foi verificar a influência da área de RL sobre a disponibilidade de polinizadores em monocultura de tomateiro da região de Estiva Gerbi, São Paulo. Os objetivos específicos foram: 1) avaliar a riqueza de abelhas polinizadoras e visitantes florais em diferentes distâncias da área de RL e 2) estabelecer relações entre os recursos florais e visitas dos insetos.

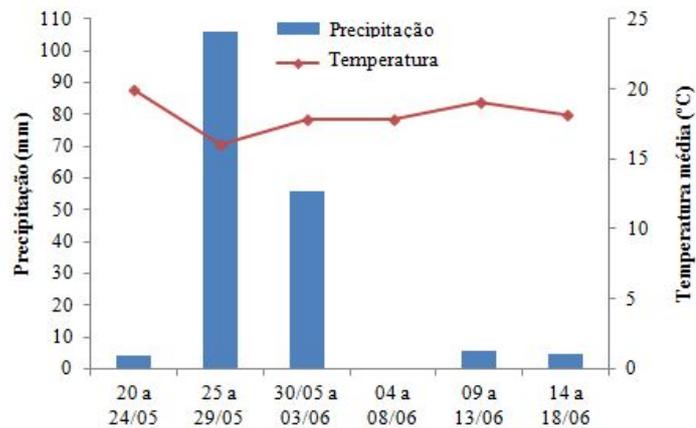
## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Área de estudo**

Para atender os objetivos propostos no trabalho a área de estudo apresentou as seguintes características, a saber, ser uma plantação de tomate, estar situada o mais próximo possível da UFSCar (*campus* de Araras), ter Área de RL, contar com a autorização e colaboração do responsável pelo plantio.

O local encontrado para o desenvolvimento do experimento foi na Fazenda Cercado Grande (270 ha) no município de Estiva Gerbi, São Paulo (22°16'17" S e 46°56'41" O, altitude de 610 m; 7.370 ha de área total). O clima da região é tropical com estação seca de inverno (Aw). De acordo com dados da Estação Meteorológica Cepagri/Feagri/Unicamp, no período de 1988 a 2008, o município de Estiva Gerbi teve como temperatura média do mês mais quente (fevereiro) de 24,4°C e a do mês mais frio (julho), 18,1°C. A precipitação média no mês mais chuvoso (dezembro) foi de 234,9 mm e no mês mais seco (agosto), 30,8 mm. As variáveis climáticas (temperatura e precipitação) durante o período de estudo (20 de maio a 18 de junho de 2013) estão apresentadas na figura 1 e foram obtidas no *site* do Instituto Nacional de Meteorologia ([www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br)). Como o município de Estiva Gerbi não possui Estação Meteorológica optou-se por obter os dados da estação mais próxima, que é a de São Carlos.

**Figura 1** – Precipitação total (mm) e temperatura média (°C) no período de 20 de maio a 18 de junho na estação meteorológica de São Carlos (SP). Fonte: INMET



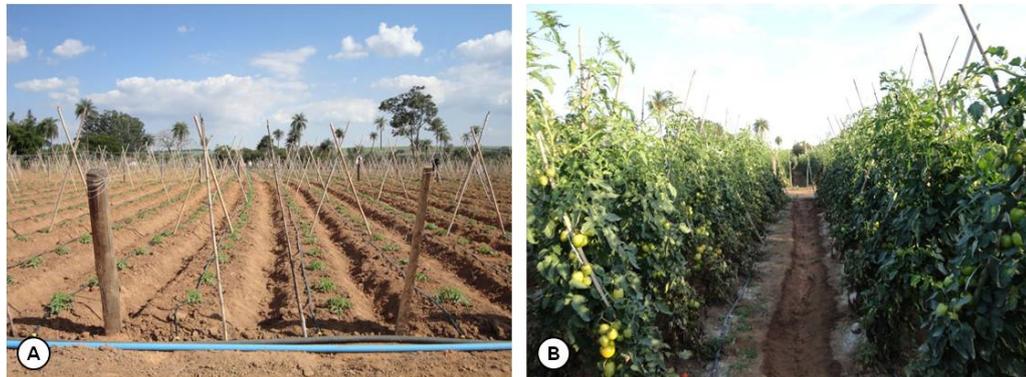
A área de plantio de tomate (*Solanum lycopersicum* L. híbrido Pizzadoro) é de 3 ha e estava há 15 anos com pastagem sem nenhuma cultura e a RL da fazenda possui aproximadamente 10 ha (Figura 2).

**Figura 2** - Fazenda Cercado Grande: área de cultivo de tomate (T), Rio Oriçanga (RO), área de Reserva Legal (RL), área de cultivo de laranja (L) (Fonte: Google Earth; altitude do ponto de visão: 1,36 km)



No início do mês de abril de 2013 foram transplantadas cerca de 40 mil mudas de tomateiro com espaçamento de 75 cm entre as mudas e 1 m entre as ruas, utilizando o sistema de mourão, cruzeta (estaca de bambu) e arame para condução quando as plantas já estavam bem desenvolvidas (Figura 3).

**Figura 3** – Cultura de tomate com sistema de condução por mourão, cruzeta (estaca de bambu) e arame: (A) área com mudas transplantadas e (B) tomateiros em fase de colheita

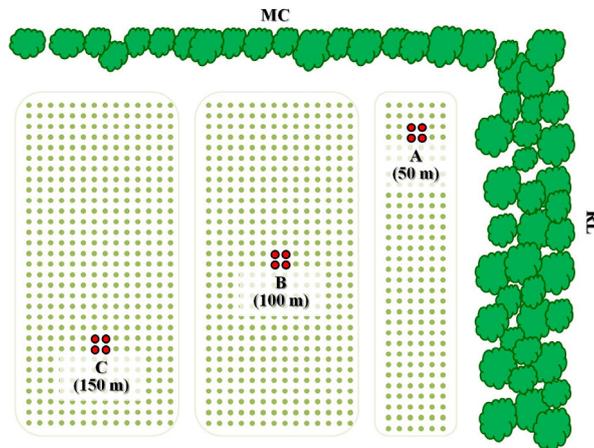


O método utilizado no cultivo foi o convencional com uso de fertilizantes e agrotóxicos. As aplicações de agrotóxicos foram feitas três vezes por semana de abril a junho. Após o início da colheita, as aplicações foram reduzidas para duas vezes na semana. Não foi possível obter informações precisas sobre os produtos utilizados (nomes, diluição, número de aplicações de cada um). Somente alguns produtos foram citados: Academic (classe: fungicida sistêmico e de contato; grupo químico: acetamida + alquilenobis – ditiocarbamato), Belt (classe: inseticida com ação de contato e ingestão; grupo químico: diamida do ácido ftálico), calda bordalesa (classe: fungicida de contato; grupo químico: inorgânico com cobre).

## 2.2 Visitantes florais

As observações foram realizadas na área de cultivo de tomate próxima a área de RL, no período de maio a junho de 2013, que foi o período de início de floração dos tomateiros. As observações e coletas foram feitas *in situ* em três quadrantes: A (a 50 m da RL), B (a 100 m) e C (a 150 m), sendo que cada quadrante era composto por quatro tomateiros (Figura 4).

**Figura 4** – Croqui da área de cultivo de tomate: quadrantes A, B e C a 50, 100 e 150 m da RL, respectivamente; Reserva Legal (RL); mata ciliar (MC) do Rio Oriçanga



Em cada quadrante as observações foram realizadas em três dias não consecutivos de hora em hora das 08h00 as 17h00 (indicado por observações preliminares) totalizando 81 horas de observação. As abelhas possuem hábito diurno e, por isso, não foram realizadas observações noturnas.

Os visitantes florais foram estudados através de observação direta durante o período de floração, registrando-se o número de espécies visitantes, horário, a abordagem e o comportamento na flor. Polinizadores, pilhadores e florívoros foram diferenciados pelo comportamento apresentado durante a visita, sendo considerados polinizadores aqueles que coletam pólen pela abertura do cone de anteras (vibração ou introdução do aparelho bucal); pilhadores aqueles que coletam pólen através de perfurações feitas por outros visitantes; e florívoros aqueles que danificam partes da flor para coletar o pólen. Os visitantes e polinizadores foram coletados com o auxílio de rede entomológica (puçá), anestesiados e mortos em câmara mortífera (algodão e éter). A identificação das espécies foi feita pelo Prof<sup>o</sup> Dr. Sinval Silveira Neto (Departamento de Entomologia e Acarologia - ESALQ/USP).

Nem sempre foi possível coletar os insetos visualizados devido à dificuldade de movimentação entre as linhas de plantio. Então, todas as visualizações foram anotadas, sendo denominadas “visitas” quando o inseto estava coletando pólen na flor e “visualizações” quando o inseto estivesse passando pelos tomateiros e não abordando diretamente as flores.

### 2.3 Disponibilidade de recurso floral (pólen)

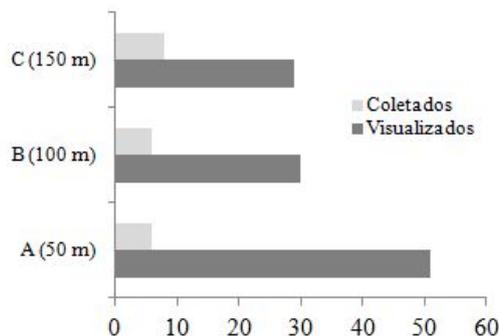
Foi registrado o número de flores abertas por quadrante em nove dias entre os meses de maio e julho para verificar a disponibilidade de recurso floral, neste caso pólen, para os insetos visitantes. Para isso, foi contado o número total de flores abertas dos quatro tomateiros que compõem o quadrante. Não foi possível acompanhar por mais tempo devido à poda que os agricultores fizeram nos ramos para controlar o desenvolvimento dos tomateiros.

## 3 RESULTADOS

### 3.1 Visitantes florais

O número de insetos coletados nos quadrantes foram 6 (A), 6 (B) e 8 (C). E o número de visualizações foram 51 (A), 30 (B) e 29 (C) (Figura 5).

**Figura 5** – Número de visitantes coletados e observados em área de plantio de *Solanum lycopersicum* híbrido Pizzadoro nos quadrantes A (50 m), B (100 m) e C (150 m)



Os 130 insetos encontrados estão distribuídos em 2 ordens, 6 famílias, 11 gêneros e 11 espécies. Dentre os insetos, a espécie de maior ocorrência foi *Apis mellifera* (Apidae) com 80 registros (61,5%) e as de menor ocorrência foram *Brachygastra lecheguana* (Vespidae) e *Campsomeris* sp. (Scoliidae) com um registro cada (0,8%) e *Polybia scutellaris* (Vespidae) com dois registros (1,5%). Foram observados comportamentos diversos dos insetos visitantes (Tabela 1).

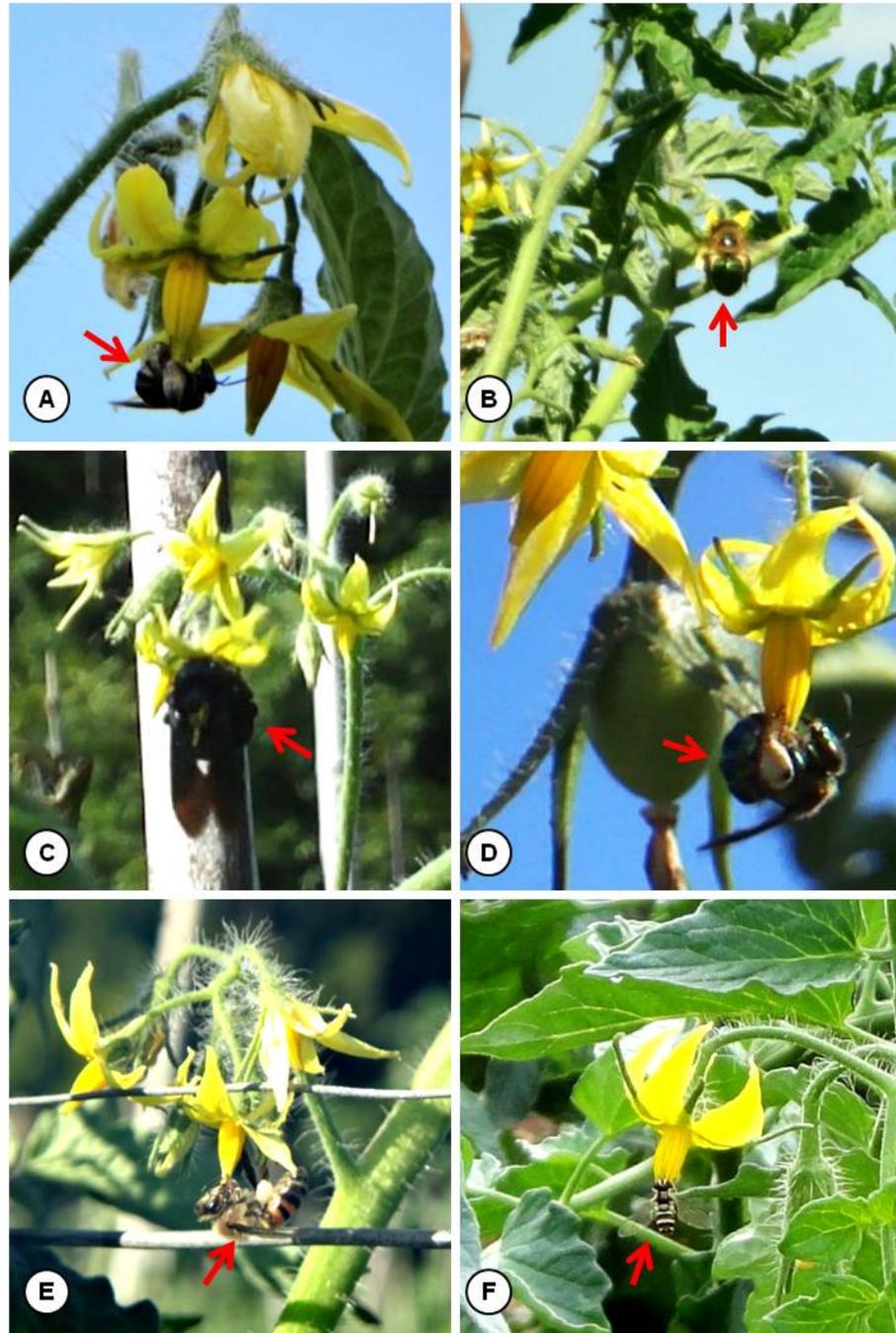
**Tabela 1** – Insetos coletados (Co) e visualizados (Vi) em cultivo de *Solanum lycopersicum* híbrido Pizzadoro nos quadrantes A (50 m), B (100 m) e C (150 m) no período de maio a junho em Estiva Gerbi, SP

	A (50 m)		Quadrante B (100 m)		C (150 m)		Comportamento
	Co	Vi	Co	Vi	Co	Vi	
<b>Diptera</b>							
<b>Syrphidae</b>							
<i>Allograpta</i> sp.	1	3	1	1	1	4	Pi, Po
<b>Hymenoptera</b>							
<b>Andrenidae</b>							
<i>Oxaea flavescens</i>		2		2		5	Po
<b>Apidae</b>							
<i>Apis mellifera</i>	2	37	3	22	4	13	Po
<i>Bombus</i> sp.		1		1			Po
<i>Exomalopsis</i> sp.		1		1		4	Po
<i>Trigona spinipes</i>		3	1	2		1	Fl
<i>Xylocopa</i> sp.	1			1			Po
<b>Halictidae</b>							
<i>Augochloropsis</i> sp.	1	4			1	2	Po
<b>Vespidae</b>							
<i>Brachygastra lecheguana</i>						1	
<i>Polybia scutellaris</i>			1			1	
<b>Scoliidae</b>							
<i>Campsomeris</i> sp.		1					

Fl: florívoro; Pi: pilhador; Po: polinizador.

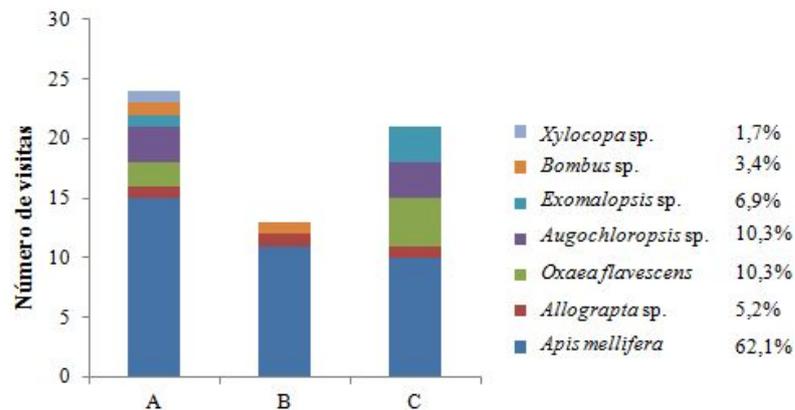
Abelhas como *Augochloropsis* sp., *Exomalopsis* sp., *Oxaea flavescens* e *Xylocopa fimbriata*, foram registradas visitando flores com comportamento vibratório com duração variada de três segundos a dois minutos. Já *Apis mellifera* foi vista introduzindo a glossa no cone formado pelas anteras para acessar o pólen, com tempo de visita variando de cinco a 20 segundos. A mosca *Allograpta* sp. introduzia a glossa na abertura do cone de anteras e em pequenas perfurações, provavelmente, feita por outro visitante, como, por exemplo, a abelha *Trigona spinipes*, que foi visualizada cortando partes das anteras em outras flores (Figura 6 A-F).

**Figura 6** - Visitantes florais de *Solanum lycopersicum* híbrido Pizzadoro: (A) *Exomalopsis* sp., (B) *Oxaea flavescens*, (C) *Xylocopa fimbriata*, (D) *Augochloropsis* sp., com comportamento vibratório e (E) *Apis mellifera*, introduzindo a glossa no cone de anteras e (F) *Allograpta* sp., introduzindo a glossa na abertura do cone de anteras



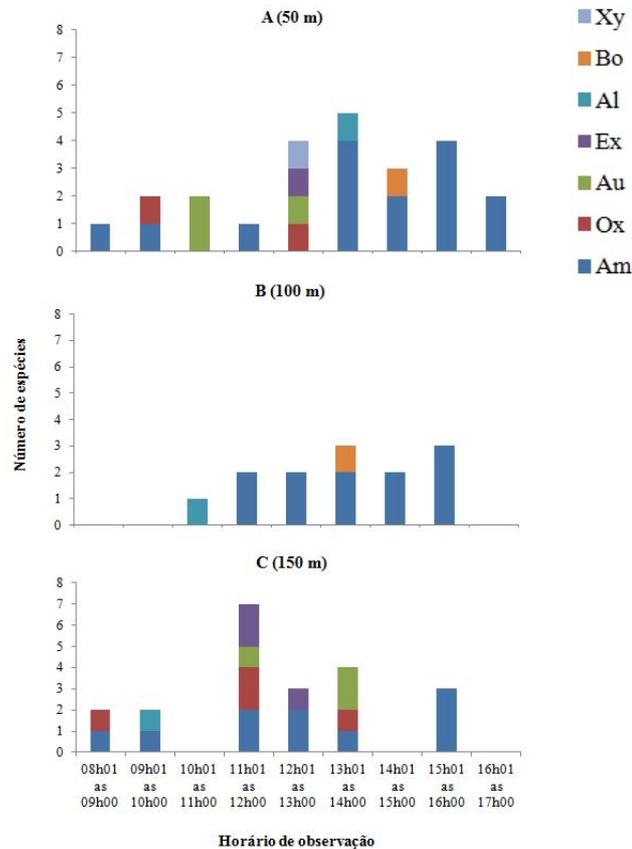
Considerando somente os registros de visitas em flor de cada espécie por quadrante, obteve-se para o quadrante A (50 m) 24 visitas, no B (100 m) 13 e no C (150 m) 21, sendo *A. mellifera* dominante com 62,1% das visitas, seguida de *Augochloropsis* sp. e *Oxaea flavescens* ambos com 10,3%, *Exomalopsis* sp. com 6,9%, *Allograpta* sp. com 5,2%, *Bombus* sp. com 3,4% e *Xylocopa* sp. com 1,7% (Figura 7).

**Figura 7** – Número de visitas por espécie nos quadrantes A (50 m), B (100 m) e C (150 m) no período de maio a junho de 2013 em área de cultivo de tomate, Estiva Gerbi, SP



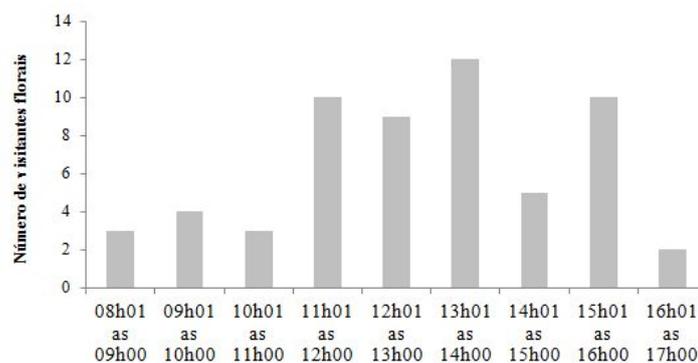
Dentre as espécies de visitantes florais, *A. mellifera* e a mosca *Allograpta* sp. ocorreram em todos os quadrantes; *Oxaea flavescens*, *Augochloropsis* sp. e *Exomalopsis* sp. só ocorreram nos quadrantes A (50 m) e C (150 m); *Bombus* sp. ocorreu nos quadrantes A (50 m) e B (100 m) e *Xylocopa fimbriata* apenas no A (50 m). Em relação aos horários, *A. mellifera* foi a única que ocorreu em todos os horários (Figura 8).

**Figura 8** – Espécies de visitantes florais de *Solanum lycopersicum* híbrido Pizzadoro em cada quadrante de acordo com os horários de observação, no período de maio a junho em Estiva Gerbi, SP (Am = *Apis mellifera*; Ox = *Oxaea flavescens*; Au = *Augochloropsis* sp.; Ex = *Exomalopsis* sp.; Al = *Allograpta* sp.; Bo = *Bombus* sp.; Xy = *Xylocopa fimbriata*)



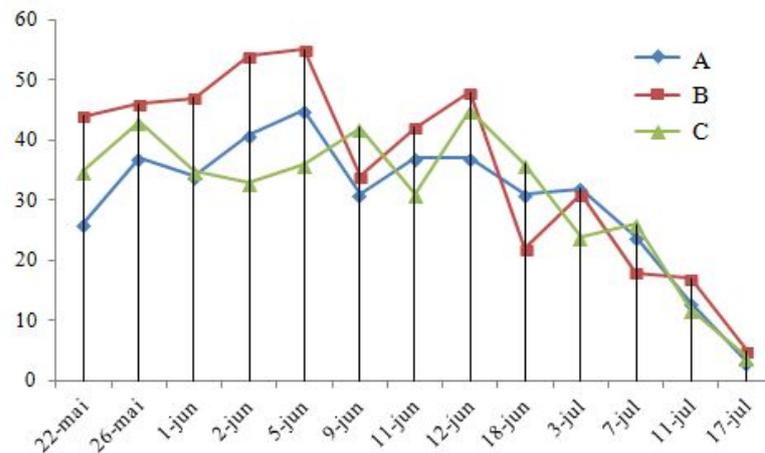
De uma forma geral, houve visitas em todos os horários, porém os picos de atividades foram observados das 11h01 às 14h00 com uma queda das 14h01 às 15h00 e outro pico das 15h01 às 16h00 (Figura 9).

**Figura 9** – Número de visitantes florais de *Solanum lycopersicum* híbrido Pizzadoro por horário de observação no período de maio a junho em Estiva Gerbi, SP



O número de flores abertas por quadrante variou, sendo que dos 13 dias de contagem das flores o quadrante B estava com o maior número de flores abertas em 9 dias, o quadrante C em 3 dias, e o quadrante A em apenas 1 dia (Figura 10).

**Figura 10** - Número de flores abertas de *Solanum lycopersicum* híbrido Pizzadoro nos quadrantes A (50 m), B (100 m) e C (150 m) no período de maio a julho de 2013



#### 4 DISCUSSÃO

O número de espécies encontradas neste trabalho é semelhante ao encontrado por Deprá et al. (2013), mas foi diferente na composição, ou seja, aqui foram observadas espécies de vespas e díptero, além das abelhas, enquanto que esses autores relataram apenas abelhas. Em relação à distância da RL, o número total de visualizações e coletas, o quadrante A (50 m), mais próximo da RL foi o que apresentou a maior porcentagem dos registros (43,8%), enquanto que o quadrante B (100 m) e C (150 m) apresentaram 27,7% e 28,5%, respectivamente. Além disso, *Bombus* sp. e *Xylocopa* sp., que são espécies consideradas polinizadoras eficientes do tomate, foram registradas apenas nos quadrante A e B, o que pode indicar que o local de nidificação dessas espécies estava mais próximo na RL.

Embora tenham sido registradas 11 espécies de insetos, algumas espécies foram visualizadas apenas sobrevoando os tomateiros, sem entrar em contato com as flores. As vespas *Polybia scutellaris* e *Brachygastra lecheguana* são predadoras de outros insetos, portanto, frequentam as flores para capturar presas para alimentação de suas colônias (GUSMÃO et al., 2000); *Campsomeris* sp. (Scoliidae), é ectoparasitóide de larvas de

besouros (FERNÁNDEZ, 2006), algumas espécies são consideradas predadoras (SZINICZ; MARTIN; SAUERBORN, 2005).

A mosca *Allograpta* sp. possui hábito alimentar polífago, sendo que na fase larval é predadora de pragas, como, por exemplo, a mosca-branca; enquanto os adultos são polinizadores (OBRYCKI; KRING, 1998, PINHEIRO; TORRES; SANTOS, 2013). Cabe ressaltar que a presença dessas espécies evidencia a possibilidade de utilização de controle biológico na área, reduzindo o uso de agrotóxicos no controle de pragas. Como essa espécie foi vista coletando pólen pela abertura do cone de anteras, foi considerada possível polinizador.

Por constatar hábitos alimentares diversificados das espécies, optou-se por considerar apenas o número de visitas, ou seja, quando os insetos foram observados em flor, em relação à RL. Dessa maneira a diferença entre os quadrantes fica sendo: o maior número de registro no quadrante A (50 m) (24), seguido pelo C (150 m) (21) e B (100 m) (13), sendo que o número de espécies que visitaram foi 7 no A, 5 no C e 3 no B. Esses resultados indicam que a contribuição da RL foi a mesma nos quadrantes A (50 m) e C (150 m).

No entanto, é preciso considerar que a RL é um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, cuja época de floração é na primavera, podendo se estender no verão, ou seja, no período de inverno apenas algumas lianas florescem e a disponibilidade de alimento para as abelhas é baixo, aumentando a procura por recursos em áreas externas ao fragmento. Além disso, a área onde o tomate foi cultivado estava há 15 anos sem nenhuma cultura. Essas informações conduzem ao fato de que a RL teve forte influência na polinização do tomate na área de estudo, servindo de abrigo para as abelhas, uma vez que esse tipo de cultura é temporário, necessitando de ambientes que possam oferecer os recursos necessários de forma permanente.

Em relação aos horários de visitas, houve maior atividade dos visitantes no intervalo entre 11h01 e 16h00. De acordo com Del Sarto et al. (2005), a maior receptividade estigmática da flor do tomate ocorre entre 10h30 e 15h30, o que pode ser um dos fatores determinantes do sucesso da polinização. Sugere-se, a partir desses dados, que as aplicações de agrotóxicos sejam feitas após as 16h00, quando a frequência de visitantes diminui, o que, possivelmente, teria menor interferência na atividade das abelhas e, conseqüentemente, na polinização do tomate.

O clima frio e chuvoso atípico durante o período de coleta (maio a junho) pode ter influenciado na riqueza de espécies. Esse fator também foi destacado por Santos e

Nascimento (2011) que notaram uma queda relevante dos insetos nos meses de maio e julho, devido aos maiores índices pluviométricos da região da área de estudo (Sergipe).

A disponibilidade de recurso (pólen) foi maior no quadrante B, mas não foi um fator determinante para que ocorresse maior número de visita nesse quadrante.

Compreender a magnitude, padrões e mecanismos de serviços de polinização é crucial para o futuro da produção de alimentos (ALLEN-WARDELL et al., 1998; KREMEN et al., 2007).

Rickets et al. (2008) analisaram 23 trabalhos e verificaram que os efeitos da paisagem sobre os serviços de polinização podem variar substancialmente e de formas ainda pouco compreendidas.

Segundo Fasiaben et al. (2010), a discussão sobre a obrigatoriedade da manutenção e recomposição da RL nas propriedades agrícolas é tema que tem gerado intensa polêmica no país e que a razão do não cumprimento da lei estaria centrada no impacto monetário que a mesma representa aos produtores, equivalente ao custo de oportunidade do uso da terra. No entanto, os proprietários não levam em consideração os serviços ambientais prestados por essas áreas, que poderão colaborar para o aumento de sua produtividade.

Se a matriz do entorno é florestal, ou seja, há maior proporção de vegetação natural florestal em relação a outros tipos cobertura ou uso do solo, há uma menor preocupação com a manutenção de habitat para os polinizadores. No entanto, se a matriz é formada, em sua maioria, por culturas agrícolas (como é o caso de Estiva Gerbi em que os remanescentes representam apenas 1,36% da área total do município), há uma grande preocupação com o habitat para o polinizador e, nesse caso, a manutenção de APP e RL na propriedade contribuirá para o sucesso da polinização local.

## **5 CONCLUSÃO**

Neste estudo, considera-se que a RL desempenhou um papel fundamental no fornecimento de polinizadores para a cultura de tomate. Dessa forma, apesar do projeto ter sido realizado num único local com matriz e características particulares, é possível dizer que a conservação e manutenção de fragmentos florestais no entorno de culturas agrícolas, principalmente as temporárias como o tomate e que dependem em algum grau da ação de polinizadores, é essencial para fornecer abrigo e alimento para as abelhas antes e após a floração dos tomateiros, mantendo, assim, as populações de polinizadores.

## REFERÊNCIAS

- ALLEN-WARDELL, G. et al. The potential consequences of pollinator declines on the conservation of biodiversity and stability of food crop yields. **Conservation Biology**, v. 12, n. 1, p. 8-17, 1998.
- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de Maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm)>. Acesso em: 20 jun. 2013.
- CHACOFF, N. P.; AIZEN, M. A. Edge effects on flower-visiting insects in grapefruit plantations bordering premontane subtropical Forest. **Journal of Applied Ecology**, v. 43, p.18–27, 2006.
- CONSTANTINO, R. et al. Causas Naturais. In: RAMBALDI, D. M.; OLICEIRA, D.A.S. (orgs.). Fragmentação de Ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas. Brasília: MMA/SBF, 2003.
- DE MARCO JR., P.; COELHO, F. M. Services performed by the ecosystem: Forest remnants influence agricultural cultures' pollination and production. **Biodiversity and Conservation**, v.13, p.1245-1255, 2004.
- DEL SARTO, M. C. L.; PERUQUETTI, R. C.; CAMPOS, L. A. O. Evaluation of the neotropical bee *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae) as pollinator of greenhouse tomatoes. **Journal of Economic Entomology**, v. 98, n. 2, p. 260-266, 2005.
- DEPRÁ, M.S. et al. Pollination deficit in open-field tomato crops (*Solanum lycopersicum* L., Solanaceae) in Rio de Janeiro State, Southeast Brazil. **Journal of Pollination Ecology**, v.11, p. 1-8, 2013.
- FASIABEN, M.C.R. et al. Remanescentes de vegetação natural em diferentes tipos de unidades de produção agropecuária na Microbacia do Rio Oriçanga, Estado de São Paulo. *Revista de Economia Agrícola*, v. 57, n. 2, p. 63-80, 2010.
- FAO (Organizações das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação). **Pollination and agriculture**. 2007.
- FERNÁNDEZ, F. Familia Scoliidae. FERNÁNDEZ, F.; SHARKEY, M. J. (eds.). **Introducción a los Hymenoptera de la región neotropical**. Bogotá, Colombia: Sociedad Colombiana de Entomología y Universidad Nacional de Colombia, 2006. p. 557-558.
- FISZON et al. Causas antrópicas. In: RAMBALDI, D. M.; OLIVEIRA, D. A. S. (orgs.) **Fragmentação de Ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas**. Brasília: MMA/SBF, 2003.
- FREITAS, B. M.; OLIVEIRA FILHO, J. H. Ninhos racionais para mamangava (*Xylocopa frontalis*) na polinização do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis*). **Ciência Rural**, v. 33, n. 6, p. 1135-1139, 2003.

FREITAS, B. M.; ALVES, J. E. Importância da disponibilidade de locais para nidificação de abelhas na polinização agrícola: o caso das mamangavas de toco. **Mensagem Doce**, n. 100, 2009.

FREITAS, B. M.; NUNES-SILVA, P. Polinização agrícola e sua importância no Brasil. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. et al. (Orgs.). **Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2012. p. 103-118.

GATHMANN, A.; TSCHARNTKE, T. Foraging ranges of solitary bees. **Journal of Animal Ecology**, v. 71, p. 757-764, 2002.

GREENLEAF, S. S.; KREMEN, C. Wild bee species increase tomato production and respond differently to surrounding land use in Northern California. **Biological Conservation**, v. 133, p. 81-87, 2006.

GREENLEAF, S. S. et al. Bee foraging ranges and their relationship to body size. **Oecologia**, v. 153, p. 589-596, 2007.

GUSMÃO, M. R. et al. Seletividade fisiológica de inseticidas a Vespidae predadores do bicho-mineiro-do-cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 4, p. 681-686, 2000.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: jan. 2014.

INSTITUTO FLORESTAL. Inventário Florestal do Estado de São Paulo. 2009. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/sifesp/tabelas-pdf/>>. Acesso em: dez. 2013.

KALINGANIRE, A. et al. Pollination and fruit-set of *Grevillea robusta* in western Kenya. **Austral Ecology**, v. 26, p. 637-648, 2001.

KREMEN, C. et al. Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. **Ecology Letters**, v. 10, p. 299-314, 2007.

MALERBO-SOUZA, D. T. et al., Atrativos para as abelhas *Apis mellifera* e polinização em café (*Coffea arabica* L.). **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 40, p. 272-278, 2003.

MATHESON A. et al. (eds). The Conservation of Bees. London: Academic Press, 1996.

OBRYCKI, J.J.; KRING, T.J. Predaceous Coccinellidae in biological control. **Annual Review of Entomology**, v. 43, p. 295-321, 1998.

OLIVEIRA, H.A. et al. Recursos polínicos utilizados por *Bombus morio* (SW.) (Hymenoptera, Apidae) em áreas de cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) em São José de Ubá, RJ. In: V Congresso Fluminense de Iniciação Científica e Tecnologia, 2011, Campos dos Goytacazes: Essentia Editora, 2011.

PINHEIRO, L.A.; TORRES, L.; SANTOS, S.A.P. **Sirfídeos associados ao olival transmuntano: Importância da vegetação herbácea espontânea na sua vitalidade.** Instituto Politécnico de Bragança, 2013.

RICHARDS, K. W.; KEVAN, P. G. Aspects of bee biodiversity, crop pollination and conservation in Canada. IN: KEVAN, P.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. (eds.). **Pollinating bees: the conservation link between agriculture and nature.** Brasília: Ministry of Environment, 2002. p. 77-94.

RICKETTS, T. H. et al. Landscape effects on crop pollinations services: are there general patterns? **Ecology Letters**, v. 11, p. 499-515, 2008.

ROUBIK, D. W. **Ecology and natural history of tropical bees.** New York: Cambridge University Press, 1989. 514p.

SANTOS, A. B.; NASCIMENTO, F. S. Diversidade de visitantes florais e potenciais polinizadores de *Solanum lycopersicum* (Linnaeus) (Solanales: Solanaceae) em cultivos orgânicos e convencionais. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 6, n. 3, p. 162-169, 2011.

SILVA, J. A. A. et al. **O Código Florestal e a Ciência: contribuições para o diálogo.** São Paulo: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, SBPC; Academia Brasileira de Ciências, ABC, 2011. 124p.

SZINICZ, G.; MARTIN, K.; SAUERBORN, J. Abundance of selected insect species in natural and agricultural habitats of a tropical upland (Leyte, Philippines). **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 111, p. 104-110, 2005.

VIANNA, M. R.; DE MARCO JR., P.; CAMPOS, L. A. O. Manejo de polinizadores e o incremento da produtividade agrícola: uma abordagem sustentável dos serviços do ecossistema. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 1, p. 144-147, 2007.

WALLACE, H. M.; LEE, L. S. Pollen source, fruit set and xenia in mandarins. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 74, p. 82-86, 1999.

ZURBUCHEN, A. et al. Maximum foraging ranges in solitary bees: only few individuals have the capability to cover long foraging distances. **Biological Conservation**, v. 143, p. 669-676, 2010.

## 2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se observar que a morfologia floral de *Solanum lycopersicum* híbrido Pizzadoro influenciou no comportamento dos visitantes florais, bem como na polinização, contribuindo para a maior visitação de *Apis mellifera* e tornando possível a polinização por essa espécie. Portanto, sugere-se que em estudos de visitantes florais e polinização, é necessário conferir a morfologia da flor (o tipo de deiscência da antera, por exemplo); analisar o comportamento dos visitantes nas flores; e realizar testes comparativos para concluir quais são os polinizadores mais eficientes de uma determinada espécie de planta.

É de fundamental importância um melhor entendimento das complexas inter-relações entre abelhas e plantas, bem como das consequências dessas associações dentro dos ecossistemas. Para isso, é essencial o desenvolvimento de amplos programas que visem não apenas à amostragem das espécies de abelhas que ocorrem em determinadas áreas, mas que envolvam, também, aspectos fenológicos, comportamentais, adaptações morfológicas de flores e abelhas, interações comportamentais e temporais entre diferentes espécies de abelhas que exploram um mesmo recurso etc.

No decorrer do experimento, como todo trabalho de campo, diversas dificuldades foram encontradas. O curto ciclo de cultivo do tomate (5 meses entre o transplante das mudas e a remoção do pé), aliado ao fato das aplicações de agrotóxicos serem feitas basicamente de dois em dois dias, e também às chuvas atípicas que ocorreram no mesmo período, limitou o período disponível para a realização dos experimentos. Além disso, as fazendas da região estavam sendo fiscalizadas pelo Ministério do Trabalho e, pelo fato da fazenda onde o experimento estava sendo realizado apresentar algumas irregularidades, a irrigação foi interrompida e a plantação foi derrubada antes do tempo previsto inicialmente. Por isso, não foi possível avaliar e comparar os frutos quanto ao tamanho e peso.

A compreensão da importância das abelhas no aumento da produtividade agrícola aponta para duas grandes decisões: manter e restaurar a vegetação nativa, especialmente as formações florestais devido à sua grande diversidade de fauna e flora; utilizar esse argumento do serviço ambiental prestado pelas abelhas, como ferramenta de conscientização e convencimento do setor agrícola quando o tema é manutenção e restauração ecológica, seja em APPs ou RLs. Um dos maiores entraves na manutenção e principalmente na restauração ecológica é justificar o seu alto custo. O conhecimento dos benefícios gerados pelos serviços

de polinização, bem como sua divulgação, são pontos de partida na mudança de pensamento e conscientização ambiental.

## REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, M. A. R. (ed). **Tomate**: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia. Lavras: Editora UFLA, 2004.
- BAWA, K. S. Plant-pollinator interactions in tropical rain forests. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 21, p. 399-422, 1990.
- BOHS, L. Major clades in *Solanum* based on *ndhF* sequences. In: KEATING, R. C.; HOLLOWELL, V. C.; CROAT, T. B. (eds.). **A festschrift for William G. D'Arcy: the legacy of a taxonomist**. St. Louis: Missouri Botanical Garden Press, 2005. p. 27-49. (Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden).
- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de Maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm)>. Acesso em: 20 jun. 2013.
- CAMARGO-FILHO, W. P. et al. Evolução da produção de tomate no Brasil. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 41, n. 1, p. 41-69, 1994.
- CAMPOS, M. J. Landscape management and pollinator richness in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill., Solanaceae) crops in southeastern Brazil. In: ALVAREZ, C. A. B.; LANDEIRO, M. (coord.). **Pollinators management in Brazil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente – MMA, 2008. p. 26-29.
- CARVALHO, J. L.; PAGLIUCA, L. G. Tomate: um mercado que não pára de crescer globalmente. **Hortifruti Brasil**, p. 6-14, jun. 2007.
- FAEGRI, K.; VAN DER PIJL, L. **The principle of pollination ecology**. Pergamon Press, New York, 1980.
- FREE, J. B. **Insect pollination of crops**. 2 ed. London: Academic Press, 1993. 684p.
- FREITAS, B. M. et al. Diversity, threats and conservation of native bees in the Neotropics. **Apidologie**, v. 40, p. 332-346, 2009.
- FREITAS, B. M.; NUNES-SILVA, P. Polinização agrícola e sua importância no Brasil. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. et al. (Orgs.). **Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2012. p. 103-118.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal 2012. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/INTE1>>. Acesso em: dez. 2013.
- IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; NUNES-SILVA, P. As abelhas, os serviços ecossistêmicos e o Código Florestal Brasileiro. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 4, p. 59-62, 2010.

KEVAN, P. G. Pollinators as bioindicators of the state of the environment: species, activity and diversity. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 74, p. 373-393, 1999.

KLEIN, A. M.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. Pollination of *Coffea canephora* in relation to local and regional agroforestry management. **Journal of Applied Ecology**, v. 40, p. 837-845, 2003.

MADER, E.; SPIVAK, M. Pollination Botany. In: MADER, E.; SPIVAK, M.; EVANS, E. **Managing alternative pollinators: A handbook for beekeepers, growers, and conservationists**. New York: Sustainable Agriculture Research and Education (SARE) & Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service (NRAES), 2010. p. 34-42.

MALASPINA, O. et al. Efeitos provocados por agrotóxicos em abelhas no Brasil. In: ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 8., 2008, Ribeirão Preto. **Anais do VIII Encontro sobre Abelhas**. Ribeirão Preto: FUNPEC Editora, 2008. p. 41-48.

MALERBO-SOUZA, D. T.; TOLEDO, V. A. A.; PINTO, A. S. **Ecologia da polinização**. Piracicaba: CP 2, 2008. 32 p.

NOCELLI, R. C. F. et al. As abelhas e os defensivos agrícolas. p. 257-269. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. et al. (orgs.). **Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2012. p. 257-269.

NUNES-SILVA, P.; HRNCIR, M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. A polinização por vibração. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 1, p. 140-151, 2010.

OLMSTEAD, R. G. R. et al. Phylogeny and provisional classification of the Solanaceae based on chloroplast DNA. In: NEE, M.; SYMON, D. E. (eds.). **Solanaceae IV: advances in biology and utilization**. Kew: Royal Botanic Gardens, 1999. p. 111-138.

SILVA, J. A. A. et al. **O Código Florestal e a Ciência: contribuições para o diálogo**. São Paulo: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, SBPC; Academia Brasileira de Ciências, ABC, 2011. 124p.

YAMAMOTO, M.; BARBOSA, A. A. A.; OLIVEIRA, P. E. A. M. A polinização em cultivos agrícolas e a conservação das áreas naturais: o caso do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* DENEGER). **Oecologia Australis**, v. 14, n. 1, p. 174-192, 2010.

WILLMER, P. **Pollination and floral ecology**. Princeton: Princeton University Press. 2011. 778 p.