

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

**VISITANTES FLORAIS E EFICÁCIA DE *Xylocopa frontalis* (Olivier, 1789) NA
POLINIZAÇÃO DE *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg. (PASSIFLORACEAE)**

NATALIA SENEDA MARTARELLO

ARARAS

2016

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

**VISITANTES FLORAIS E EFICÁCIA DE *Xylocopa frontalis* (Olivier, 1789) NA
POLINIZAÇÃO DE *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg. (PASSIFLORACEAE)**

NATALIA SENEDA MARTARELLO

Orientadora: Prof. Dra. Kayna Agostini

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente como requisito para obtenção do título de mestre em Agricultura e Ambiente.

ARARAS

2016

Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da Biblioteca Comunitária UFSCar
Processamento Técnico
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M375v Martarello, Natalia Seneda
Visitantes florais e eficácia de *Xylocopa frontalis* (Olivier, 1789) na polinização de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg. (Passifloraceae) / Natalia Seneda Martarello. -- São Carlos : UFSCar, 2016.
52 p.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2016.

1. Maracujá-amarelo. 2. Mamangava. 3. Riqueza. 4. Taxa de frutificação. 5. Limitação polínica. I. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Agrárias
Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente

Folha de Aprovação

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Natalia Seneda Martarello, realizada em 01/03/2016:

Kayna Agostini

Profa. Dra. Kayna Agostini
UFSCar

Marina Torres

Profa. Dra. Marina Wolowski Torres
UNICAMP

Roberta Nocelli

Profa. Dra. Roberta Cornélio Fereira Nocelli
UFSCar

AGRADECIMENTOS

A Profa. Dra. Kayna Agostini pela orientação, confiança, apoio, principalmente pela amizade e incentivo em todos os momentos. Muito obrigada de verdade por todo aprendizado ao longo desse tempo e por ter me mostrado esse caminho incrível que é a polinização, foi um prazer imenso pra mim!

Aos meus pais e ao meu irmão, pela paciência, incentivo e amor, por toda ajuda durante esse período e por participarem ativamente da minha pesquisa.

A toda a minha família pelo carinho, paciência, amor e cuidado com minha mãe, meu irmão e comigo.

Ao Sr. Josué e Dona Antônia e ao Sr. Trovó por cederem o espaço para realização deste estudo, pela convivência, aprendizagem e ótimas conversas.

Aos técnicos do laboratório de biologia, principalmente a técnica Aline Curiel, do Departamento de Ciências da Natureza, Matemática e Educação (DCNME - CCA/UFSCar), que disponibilizaram o espaço e uso dos equipamentos.

As profas. Roberta Cornélio Ferreira Nocelli, Marina Wolowski Torres e Cláudia Inês da Silva pelas contribuições na qualificação.

Ao Prof. Dr. Sinval Silveira Neto (ESALQ/USP) e ao Prof. Dr. Sidnei Mateus (FFCLRP/USP) pela disposição e ajuda na identificação das espécies de abelhas coletadas.

Ao grupo de estudo em biologia da polinização da UFSCar – Araras, pelas discussões, aprendizagem e por todo conhecimento compartilhado, principalmente a Kayna, Aninha, Vivi, Eduardo, Amanda, e Cris pelo companheirismo de irem ao campo comigo e pela ajuda nas minhas dúvidas.

A Thalitinha pelo companheirismo e amizade em todos os momentos.

Minhas amigas Debora e Fernanda, que me ouviram, tiveram paciência comigo, me ajudaram e estiveram sempre ao meu lado.

Aos amigos de classe Ana Carolina, Ana Lígia, Daniela, Donavan, Hiléia, Jéssica, Luiz, Renan e Thalita pela amizade, conversas, aprendizagem e pelos conhecimentos compartilhados em sala de aula.

A Universidade Federal de São Carlos (UFSCar - *Campus Araras*) pela formação acadêmica e de Pós-Graduação.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente pelo incentivo, auxílios, apoio financeiro e por possibilitar grandes aprendizados durante esse período.

A todos os professores de Graduação e Pós-Graduação que contribuíram para minha formação e que sempre me incentivaram.

A CAPES, pelo auxílio financeiro à pesquisa.

Agradeço de coração a todos que conheci e que trabalham com biologia da polinização, pessoas que amam o que fazem e que desenvolvem trabalhos incríveis, com certeza cada um destes de alguma forma contribuíram para a minha formação e realização deste trabalho. Agradeço especialmente a todos do Curso Internacional de Polinização 2014, a todos da disciplina realizada pela Universidade Federal do Ceará (UFC), pelo acolhimento da profa. Dra. Cláudia Inês da Silva e por conhecer pessoas e trabalhos sensacionais e a todos que participaram e organizaram as disciplinas realizadas pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), sendo estas fantásticas e com grande aprendizado, obrigada de verdade.

Agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho. Obrigada!

VISITANTES FLORAIS E EFICÁCIA DE *Xylocopa frontalis* (Olivier, 1789) NA POLINIZAÇÃO DE *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg. (PASSIFLORACEAE)

RESUMO

A polinização é um serviço ecossistêmico, responsável por aumentar a quantidade e a qualidade dos frutos e sementes formados. Devido à autoincompatibilidade de algumas espécies de interesse agrícola, a polinização cruzada torna-se necessária e a limitação de polinizadores nessas espécies afeta a sua produção. O maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.), por ser uma espécie autoincompatível, é dependente da polinização cruzada para a formação de seus frutos. Dessa forma, o objetivo geral desse estudo foi estudar a biologia da polinização e a reprodução de *P. edulis* f. *flavicarpa*, enfatizando a eficácia do principal polinizador dessa espécie. Os objetivos específicos foram: 1) avaliar a riqueza, frequência de visitas e o comportamento dos visitantes em flores de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.; 2) comparar a eficácia na formação de frutos e sementes em *P. edulis* f. *flavicarpa* por meio de visitas individuais e duas visitas de *Xylocopa frontalis* com a polinização cruzada manual e a polinização natural e 3) avaliar se há limitação polínica por meio da comparação entre a polinização cruzada manual e a polinização natural. Os visitantes florais foram observados durante o período de floração, de janeiro a abril de 2015, totalizando 106 horas de observações. Para avaliar a eficácia da polinização e a limitação polínica foram realizados quatro tratamentos distintos de polinização: 1) Polinização cruzada manual (n=37 flores); 2) Polinização natural (n=52 flores); 3) Uma visita de *X. frontalis* (n=41 flores) e 4) Duas visitas de *X. frontalis* (n=31 flores). Para cada tratamento foi avaliado a formação de frutos e a produção de sementes. Foram identificadas espécies de abelhas dos gêneros *Apis*, *Bombus*, *Centris*, *Epicharis*, *Eulaema*, *Melipona*, *Oxaea*, *Trigona* e *Xylocopa* (Apidae), sendo também observado um indivíduo pertencente a família Halictidae. Insetos pertencentes a outras ordens também foram observados, entre eles, diferentes espécies de borboletas (Lepidoptera), percevejos (Hemiptera), moscas (Diptera), besouros (Coleoptera) e a presença de beija-flores da família Trochilidae. As espécies *A. mellifera* (comportamento pilhador) e *X. frontalis* (comportamento predominantemente polinizador) foram as mais frequentes na plantação com 58,11% e 30,20% das visitas respectivamente. Em relação aos tratamentos de polinização, verificamos que houve formação de frutos em todos os tratamentos realizados. Flores de polinização cruzada manual obtiverem a maior taxa de frutificação quando comparada aos demais tratamentos. A taxa de frutificação por meio da polinização cruzada manual foi significativamente maior que a obtida em condições naturais ($X^2 = 12,676$; grau de liberdade = 1; $p < 0,05$) indicando que há limitação polínica na polinização natural. Em relação à quantidade de sementes, a análise de variância (ANOVA) não indicou diferença significativa entre as médias do número de sementes produzidas nos diferentes tratamentos. Concluímos que há riqueza de espécies visitantes florais na área estudada, e que entre elas, as principais espécies polinizadoras são aqueles que possuem maior tamanho, principalmente as abelhas do gênero *Xylocopa*. Maiores taxas de frutificação obtidas por meio do tratamento de polinização cruzada manual sugerem que mais de uma visita é necessária para aumentar a produtividade.

Palavras-chave: Maracujá-amarelo; mamangava; riqueza; taxa de frutificação; limitação polínica.

FLORAL VISITORS AND EFFICACY OF *Xylocopa frontalis* (Olivier, 1789) IN POLLINATION OF *Passiflora edulis* f. *Flavicarpa* Deg. (PASSIFLORACEAE)

ABSTRACT

Pollination is an effective ecosystem service, responsible for increasing the quantity and quality of fruits and seeds formed. Due to the self-incompatibility of some species of agricultural interest, cross-pollination is required and the limiting of pollinating species such affects its production. The yellow passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*.), a self-incompatible specie is dependent on cross-pollination to form fruit. Thus, the general aim of this study was to study the biology of pollination and reproduction in *P. edulis* f. *flavicarpa*, emphasizing the efficacy of pollinators for this specie. The specific aims were: 1) to evaluate the richness, visitation frequency and the behavior of visitors in *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* flowers.; 2) to compare the efficacy in the formation of fruits and seeds of *P. edulis* f. *flavicarpa* through individual and two visits by *Xylocopa frontalis* with manual cross-pollination and natural pollination and 3) assess whether there is pollen limitation through comparison between natural and manual cross-pollination. Visitors were observed during the flowering period, from January to April 2015, totaling 106 hours of observations. For fruiting testing and seed counts: 1) manual cross pollination (n = 37 flowers); 2) natural pollination (n = 52 flowers); 3) pollination by single visit of *X. frontalis* (n = 41 flowers) and 4) pollination by two visits of *X. frontalis*. Were identified bee species of *Apis*, *Bombus*, *Centris*, *Epicharis*, *Eulaema*, *Melipona*, *Oxaea*, *Trigona* and *Xylocopa* genera, Apidae, being also observed an individual belonging to Halictidae family. Insects belonging to other orders were also observed, including different species of butterflies (Lepidoptera), bugs (Hemiptera), flies (Diptera), beetles (Coleoptera) and the presence of family Trochilidae hummingbirds. The specie *A. mellifera* (thief behavior) and *X. frontalis* (predominantly pollinator behavior) were the most frequent in the plantation with 58.11% and 30.20% respectively of occurrence. Regarding pollination tests, we observed the formation of fruits in all the treatments. Flowers of manual cross-pollination obtained the highest fruiting rate when compared to other treatments. The fruiting rate through manual cross-pollination was significantly higher than that obtained in natural conditions ($X^2 = 12.676$; degree of freedom = 1; $p < 0.05$) indicating that there is pollen limitation in natural pollination. Regarding the number of seeds, an analysis of variance (ANOVA) indicated no significant difference between the mean number of seeds produced in different reviews pollination. Conclude that there is richness of floral visitors species in the study area, and that between them, the main pollinator species are those with larger, mainly bees belonging to the genus *Xylocopa*. Larger fruiting rates obtained by manual cross-pollination treatment suggest that more than one visit is needed to promote greater production rate in passion fruit crops.

Key words: Yellow passion fruit; carpenter bee; richness; fruiting rate; pollen limitation.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	8
CAPÍTULO I. Visitantes florais e seu comportamento em flores de <i>Passiflora edulis</i> f. <i>flavicarpa</i> Deg. (Passifloraceae)	10
RESUMO	10
ABSTRACT	10
1. INTRODUÇÃO	11
2. MATERIAL E MÉTODOS	12
2.1. Características gerais do maracujá-amarelo.....	12
2.2. Área de estudo	13
2.3. Riqueza dos visitantes florais	15
2.4. Comportamento dos visitantes florais	16
3. RESULTADOS	16
3.1. Riqueza dos visitantes florais	16
3.2. Comportamento dos visitantes florais	23
4. DISCUSSÃO	29
4.1. Riqueza dos visitantes florais.....	29
4.2. Comportamento dos visitantes florais	31
5. CONCLUSÃO	34
CAPÍTULO II. Eficácia de polinizador em <i>Passiflora edulis</i> f. <i>flavicarpa</i> Deg. (Passifloraceae)	35
RESUMO	35
ABSTRACT	35
1. INTRODUÇÃO	36

2. MATERIAL E MÉTODOS	37
2.1. Área de estudo	37
2.2. Aspectos da biologia floral	38
2.3. Frutificação e formação de sementes	39
2.4. Análise dos dados	40
3. RESULTADOS	41
3.1. Aspectos da biologia floral	41
3.2. Frutificação e formação de sementes	41
4. DISCUSSÃO	43
4.1. Aspectos da biologia floral	43
4.2. Frutificação e formação de sementes	44
5. CONCLUSÃO	47
6. CONCLUSÃO GERAL	47
7. REFERÊNCIAS	48

INTRODUÇÃO GERAL

A polinização é um processo no qual ocorre a transferência de grãos de pólen da antera para o estigma da mesma ou de outra flor, promovendo a reprodução sexuada das fanerógamas (ALMEIDA et al., 2003; VIANA, 2006; YAMAMOTO; BARBOSA; OLIVEIRA, 2010). A polinização é considerada como um serviço ecossistêmico, isto é, proporciona benefícios à população humana, sendo obtidos de forma direta ou indireta através de funções ecossistêmicas (COSTANZA et al., 1997). De acordo com dados da FAO - Food and Agricultural Organization (2011), a polinização é responsável por aumentar a quantidade e a qualidade dos frutos e sementes formadas, sendo considerada altamente eficaz e proporcionando um maior rendimento de certas culturas de interesse agrícola (ALMEIDA et al., 2003; IMPERATRIZ-FONSECA; NUNES-SILVA, 2010; KLEIN et al., 2007).

Em 2005, os serviços de polinização para culturas agrícolas, que são utilizadas diretamente na alimentação humana, foram estimados em um valor de cerca de 153 bilhões de euros (GALLAI et al., 2009). Estima-se que somente nos Estados Unidos, as abelhas sejam responsáveis por cerca de US\$ 3 bilhões de dólares em frutas e vegetais produzidos a cada ano a partir da polinização (FAO, 2014). Os insetos, entre eles as abelhas, são os principais polinizadores tanto em ambientes naturais quanto em culturas agrícolas (MICHENER, 2007). Ao visitarem as flores, as abelhas podem transportar grãos de pólen das anteras para o estigma de outras flores, favorecendo dessa forma a polinização cruzada (IMPERATRIZ-FONSECA; NUNES-SILVA, 2010; WITTER et al., 2014). No entanto, há evidências de perdas significativas de polinizadores em várias regiões do mundo, principalmente na Europa e na América do Norte (POTTS et al., 2010).

O declínio de polinizadores pode estar relacionada a diversos aspectos entre eles a diminuição e fragmentação de habitats, a utilização de agrotóxicos, patógenos, introdução de espécies exóticas, mudanças climáticas e mesmo a interação entre estes diferentes fatores (GOULSON et al., 2015; POTTS et al., 2010). A perda de polinizadores implicaria em riscos ecológicos e econômicos em escala local, nacional, continental e mundial (POTTS et al., 2010). Entretanto, segundo Ghazoul (2005), as culturas afetadas pelo declínio dos polinizadores seriam as que dependem exclusivamente de polinizadores, as que tivessem polinizadores limitados e as que possuem polinizadores específicos. Frutas, hortaliças e oleaginosas comestíveis estão entre as categorias que seriam as mais afetadas pela perda destes polinizadores (GALLAI et al., 2009).

Vários estudos evidenciaram que a polinização cruzada pode melhorar a produtividade (qualidade e quantidade de frutos e sementes) em diversas culturas de interesse agrícola. No Brasil, as culturas de abóbora (*Cucurbita* sp.), berinjela (*Solanum melongena*), café (*Coffea arabica*), canola (*Brassica napus* e *B. campestris*), cebola (*Allium cepa*), feijão (*Phaseolus vulgaris* e *Cajanus cajan*), girassol (*Helianthus annuus*), pepino (*Cucumis sativus*) e soja (*Glycine max*) foram identificadas como algumas das espécies de culturas agrícolas que são beneficiadas através da polinização por abelhas e que poderiam sofrer queda de produtividade no futuro devido ao déficit de polinizadores (D'AVILA; MARCHINI, 2005; GIANNINI et al., 2015).

Algumas espécies de interesse agrícola são autoincompatíveis, isto é, não conseguem formar frutos quando fertilizadas pelo pólen do próprio indivíduo (SCHIFINO-WITTMANN; DALL'AGNOL, 2002). Assim, a polinização cruzada torna-se uma necessidade para que ocorra a formação de frutos e sementes. Um bom exemplo é o maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.), que é dependente da polinização cruzada para que ocorra a formação dos frutos. Assim, a polinização cruzada pode ser realizada por insetos (natural) ou pelo próprio homem manualmente (polinização artificial) (MELO et al., 2014; SILVEIRA et al., 2012; YAMAMOTO et al., 2012; VIANA, 2006).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi estudar a biologia da polinização e reprodução em *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, enfatizando a eficácia do principal polinizador para essa espécie. Os objetivos específicos foram: 1) avaliar a riqueza, frequência de visitas e o comportamento dos visitantes em flores de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.; 2) comparar a eficácia na formação de frutos e sementes em *P. edulis* f. *flavicarpa* por meio de visitas individuais e duas visitas de *Xylocopa frontalis* com a polinização cruzada manual e a polinização natural e 3) avaliar se há limitação polínica por meio da comparação entre a polinização cruzada manual e a polinização natural.

CAPÍTULO I. Visitantes florais e seu comportamento em flores de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg. (Passifloraceae)

RESUMO

O comportamento, a morfologia, assim como o hábito de vida dos polinizadores, são aspectos a serem considerados para uma polinização eficiente. O desenvolvimento de pesquisas acerca da identificação dos visitantes florais e de aspectos comportamentais, tornam-se de extrema importância para a manutenção e a conservação destes em ambientes agrícolas. Dessa forma, o objetivo desse capítulo foi verificar a riqueza, frequência de visitas e o comportamento dos visitantes florais em *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*. Os visitantes florais foram observados em suas atividades de forrageio entre os meses de janeiro a abril de 2015, em um total de 106 horas de observação. A descrição do comportamento dos visitantes florais e do recurso coletado por estes foi realizada por meio da observação focal, e a partir de registros de filmagens da abordagem dos indivíduos diretamente na flor, assim, os visitantes florais foram caracterizados como polinizadores e/ou pilhadores. Foram identificadas espécies de abelhas dos gêneros *Apis*, *Bombus*, *Centris*, *Epicharis*, *Eulaema*, *Melipona*, *Oxaea*, *Trigona* e *Xylocopa* (Apidae), sendo também observado um indivíduo pertencente a família Halictidae. Insetos pertencentes a outras ordens também foram observados, entre eles, diferentes espécies de borboletas (Lepidoptera), percevejos (Hemiptera), moscas (Diptera), besouros (Coleoptera) e a presença de beija-flores da família Trochilidae. As espécies *A. mellifera* (comportamento pilhador) e *X. frontalis* (comportamento predominantemente polinizador) foram as mais frequentes na plantação com 58,11% e 30,20% de frequência respectivamente. Concluímos que há riqueza de espécies visitantes florais na área estudada, e que entre elas, as principais espécies polinizadoras são aqueles que possuem maior tamanho, principalmente as abelhas do gênero *Xylocopa*.

Palavras-chave: Maracujá-amarelo; polinizador; pilhador; frequência de visitação; riqueza.

ABSTRACT

The behavior, morphology, as well as the lifestyle of pollinators are aspects to be considered for efficient pollination. The development of research on the identification of floral visitors and behavioral aspects become extremely important for the maintenance and conservation of these in agricultural environments. Thus, the aim of this chapter is to verify the richness, visitation frequency and behavior of floral visitors in *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*. The floral visitors were observed in their foraging activities between the months of January to April 2015 in a total of 106 hours of observation. The description of the behavior of floral visitors and resource collected by them was carried out by focal observation, and from records of individuals approach to filming directly in bloom, so the pollinators were characterized as pollinators and/or robbers. Were identified bee species of *Apis*, *Bombus*, *Centris*, *Epicharis*, *Eulaema*, *Melipona*, *Oxaea*, *Trigona* and *Xylocopa* genus (Apidae), and also observed an individual belonging to Halictidae family. Insects belonging to other orders were also observed, including different species of butterflies (Lepidoptera), bugs (Hemiptera), flies (Diptera), beetles (Coleoptera) and the presence of hummingbirds, Trochilidae family. The species *A. mellifera* (robber behavior) and *X. frontalis* (predominantly pollinator behavior) were the most frequent in the plantation with 58.11% and 30.20% respectively frequency. We conclude that there is richness of floral visitors species in the study area, and that between them, the main pollinator species are those with larger, mainly bees *Xylocopa* genus.

Keywords: Passion fruit; pollinator; robber, visitation frequency, richness.

1. INTRODUÇÃO

A polinização é realizada principalmente por abelhas e proporciona um serviço ambiental tanto para os ecossistemas naturais como para os agroecossistemas (ARIAS-SUÁREZ; OCAMPO-PÉREZ; URREA-GÓMEZ, 2014). Ao visitarem as flores em busca de recursos, as abelhas podem levar aderidos ao seu corpo grãos de pólen das anteras para o estigma de outras flores, favorecendo dessa forma a polinização e a fertilização cruzada (IMPERATRIZ-FONSECA; NUNES-SILVA, 2010). Os visitantes florais, a partir de sua abordagem a flor, podem ser caracterizados como: polinizadores e/ou pilhadores, a caracterização destes depende do tamanho corporal, comportamento e contato com as estruturas reprodutivas ao coletarem o recurso, com potencial efeito no sucesso reprodutivo da planta (BENEVIDES; GAGLIANONE; HOFFMANN, 2009; FREITAS, 2013; INOUE, 1980; SAZIMA; SAZIMA, 1989; YAMAMOTO et al., 2012).

No caso do maracujá-amarelo, a polinização natural é efetuada particularmente por abelhas de grande porte, conhecidas como mamangavas (SILVA et al., 2014). As mamangavas constituem diferentes espécies de abelhas: *Xylocopa frontalis*, *Bombus morio*, *Eulaema nigrita*, *Epicharis flava*, *Centris scopipes*, entre outras. Já a polinização cruzada manual pode ser realizada como forma complementar a polinização natural, ou mesmo ser utilizada em locais onde se observa uma baixa quantidade de abelhas mamangavas (MELETTI; MAIA, 1999; SILVA et al., 2014). Entretanto, abelhas e/ou outros insetos pequenos em flores grandes, como no caso do maracujá, podem coletar néctar, pólen ou ambos, mas não entrar em contato com as estruturas reprodutivas. Este comportamento caracteriza uma espécie como pilhadora, ou seja, uma espécie que está retirando um recurso floral sem promover a polinização (MICHENER, 2007).

As visitas das mamangavas as flores do maracujá são exclusivamente para coleta de néctar que é um recurso energético, entretanto outras espécies vegetais são necessárias como fonte de pólen ou outros recursos para complementar à dieta destas abelhas (SILVA, 2009; SILVA et al., 2014). Promover a manutenção da diversidade de abelhas próximo as áreas dos cultivos se torna uma atividade relevante, que pode proporcionar uma maior produtividade do maracujá (OLIVEIRA et al., 2014; YAMAMOTO et al., 2012).

Algumas práticas para gestão de paisagens podem ser aplicadas visando um aumento na densidade e diversidade de polinizadores nativos nas áreas agrícolas, além de promover a manutenção destes, entre elas estão: inicialmente conhecer as abelhas nativas e os locais onde nidificam; disponibilizar, conservar e/ou restaurar habitats para a nidificação; adoção de sistemas de manejo do solo, com a finalidade de diminuir danos causado à abelhas que

possuem ninhos subterrâneos; disponibilidade de recursos alternativos com manutenção de áreas naturais e diversidade vegetal, como áreas de floresta, áreas periféricas ou de entorno aos cultivos com corredores que promovam a conectividade de habitats e a redução na utilização de agrotóxicos, quando necessária a aplicação, esta deve ser realizada preferencialmente em período oposto a antese floral (GOULSON et al., 2015; KLEIN et al., 2007; WITTER et al., 2014).

De acordo com dados da FAO (2014) o estudo do comportamento dos polinizadores em flores, é uma questão fundamental a qualquer investigação em biologia da polinização. O comportamento nas flores, a morfologia, assim como o hábito de vida do inseto, são aspectos a serem considerados para uma polinização eficiente. Além destes, aspectos como a verificação da deposição, dispersão e transferência de pólen, a eficiência da polinização, a utilização de recursos pelos visitantes, os recursos disponíveis, a frequência de polinizadores, a composição da comunidade de polinizadores e suas atividades, considerando os aspectos climáticos, também devem ser verificados (POTTS, 2005; WITTER et al., 2014).

Assim, o desenvolvimento de pesquisas sobre a identificação dos visitantes florais e de seus aspectos comportamentais torna-se de extrema importância para a manutenção e a conservação destes em ambientes agrícolas. Dessa forma, o objetivo deste capítulo foi verificar a riqueza, frequência de visitas e o comportamento dos visitantes florais em *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*.

Espera-se que haja uma grande riqueza entre os visitantes florais, devido principalmente a três fatores: 1) as flores do maracujá-amarelo ofertam tanto néctar quanto pólen como fonte de recurso; 2) a não utilização de agrotóxicos pelo produtor no cultivo, assim como em toda a propriedade; e 3) a plantação estar instalada em locais próximos a fragmentos florestais, que poderiam fornecer locais para nidificação e fontes alternativas de alimento para a manutenção e atração destes visitantes na área do cultivo. Os principais visitantes florais esperados são abelhas e as espécies polinizadoras mais eficientes seriam as que possuem maior tamanho, principalmente as abelhas do gênero *Xylocopa*, pois são consideradas abelhas de grande porte e podem entrar em contato com as estruturas reprodutivas para se garantir a polinização.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Características gerais do maracujá-amarelo

No maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) as flores são grandes e isoladas, hermafroditas, actinomorfas e pedunculadas, apresentam odor e grande quantidade

de néctar. Possuem sépalas com face abaxial verde e face adaxial branca, pétalas brancas e corona com coloração violeta na base e branca nas extremidades. Apresentam androginóforo colunar com opérculo inserido na base delimitando a câmara nectarífera, androceu formado por cinco estames e anteras dorsifixas móveis com deiscência longitudinal, gineceu formado por ovário súpero globoso, multiovular e estigma tripartido (COBRA et al., 2015; SIQUEIRA et al., 2009; VIANA, 2006).

O maracujá-amarelo é uma espécie autoincompatível, necessitando da polinização cruzada, seja esta natural ou manual, para que haja o desenvolvimento de seus frutos (MELO et al., 2014; SILVEIRA et al., 2012; VIANA, 2006). Os estigmas apresentam um mecanismo de curvatura a partir da abertura completa da flor. No cultivo do maracujá, os estigmas podem apresentar a curvatura completa, parcial ou mesmo não apresentar curvatura. Estigmas que não sofrem deflexão são estéreis e a deposição de pólen, quando esta ocorre, se torna inviável, sendo esta característica conhecida como esterilidade feminina. Neste caso, os grãos de pólen são viáveis, estas flores são consideradas funcionalmente masculinas, com a principal função de fornecerem pólen, contudo, frutos produzidos a partir deste pólen podem transferir essa característica de esterilidade feminina para as sementes geradas, sendo assim, o plantio de sementes derivadas destes frutos poderiam causar problemas, pois proporcionariam uma grande quantidade de flores estéreis no cultivo (AKAMINE; GIROLAMI, 1959; VIANA, 2006).

A média estimada para o número de grãos de pólen por flor é de cerca de 140.595 ± 34.175 grãos (média \pm desvio padrão), sendo a média por antera cerca de 28.119 ± 6.835 em relação ao tamanho destes grãos de pólen, podem ter cerca de $70,2 \pm 1,9 \mu\text{m}$ (SIQUEIRA et al., 2009). A viabilidade dos grãos apresenta-se em torno de 94%, porém, verificou-se, a partir de proporções menores de frutificação, que o pólen em *P. edulis* perde progressivamente sua viabilidade após 4 horas a partir da antese floral (MELO et al., 2014). O período até a senescência floral tem duração de aproximadamente 12 horas a partir da antese, sendo assim, e de acordo com as características florais descritas, é possível verificar que o tempo efetivo para a polinização é em torno de 5 horas, quando a mesma não ocorre, não há fecundação, a flor murcha e cai (SIQUEIRA et al., 2009).

2.2. Área de estudo

O estudo foi realizado no primeiro semestre de 2015, em uma área de cultivo comercial orgânico de maracujá-amarelo, situado na região rural do município de Rio Claro, distrito de Ajapi, localizado no interior do estado de São Paulo ($22^{\circ} 18' 35.51''$ S e $47^{\circ} 32' 12.15''$ O) (Figura 1).

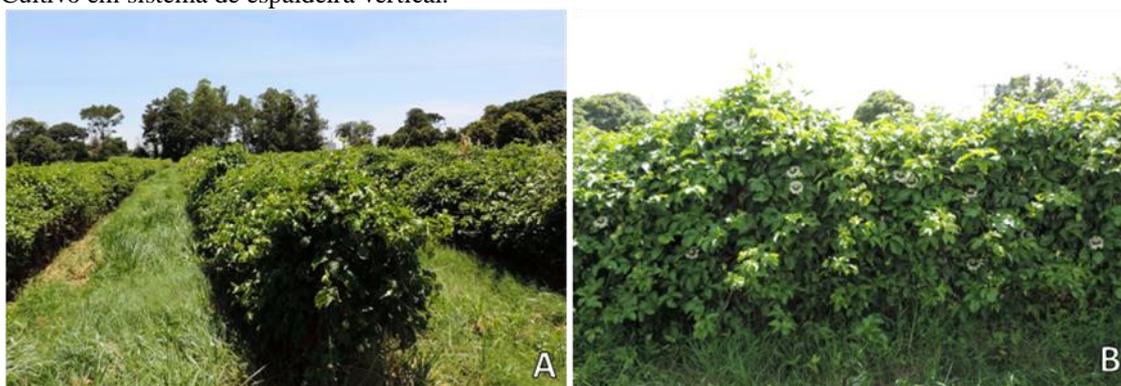
A plantação de maracujá estava instalada no Sítio Oliveira, possuindo uma área de aproximadamente 0,54 ha (aproximadamente 5.435 m²). O cultivo contava com cerca de 500 pés em sistema de espaldeira vertical (Figura 2). Nas áreas, localizadas logo ao lado da plantação do maracujá, havia: um pequeno fragmento com cerca de 0,53 ha (aproximadamente 5.323,08 m²), uma área com plantação de berinjela de 0,29 ha (cerca de 2.913,50 m²), e duas áreas limpas (Figura 3). A propriedade é baseada no cultivo de diversas outras culturas, principalmente hortaliças e apresenta remanescentes florestais nas áreas próximas ao cultivo (Figura 1).

Figura 1. Vista aérea da área do cultivo orgânico do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) situado na região rural do município de Rio Claro, distrito de Ajapi, localizado no interior do estado de São Paulo (22° 18' 35.51" S e 47° 32' 12.15" O). O cultivo de maracujá (delimitado em branco) está circundado por cultivo de berinjela, por áreas limpas, onde não há nada plantado e por remanescentes florestais.



Fonte: Google Earth Pro.

Figura 2. Área do plantio orgânico do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) localizada na região rural do município de Rio Claro, distrito de Ajapi – SP. O cultivo possui uma área de aproximadamente 0,54 ha (aproximadamente 5.435 m²). A) Cultivo contava com seis fileiras de maracujá com cerca de 500 pés; B) Cultivo em sistema de espaldeira vertical.



Fonte: o Autor (2016).

Figura 3. Área do entorno da plantação de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) na região rural do município de Rio Claro, distrito de Ajapi – SP. (A) Plantação de berinjela (*Solanum melongena* L.) em período de floração e frutificação; (B) e (C) Áreas limpas localizadas ao lado da plantação de maracujá, onde não havia nenhum tipo de cultura, nem espécies ruderais; (D) Pequeno fragmento próximo à plantação.



Fonte: o Autor (2016).

2.3. Riqueza dos visitantes florais

Os visitantes florais foram observados em suas atividades de forrageio entre os meses de janeiro a abril de 2015, em um total de 106 horas de observação. Foram realizadas observações focais, coletas com auxílio de rede entomológica e registros fotográficos dos visitantes para identificação das espécies. Indivíduos de cada espécie de abelhas, quando possível, foram coletados e sacrificados em câmara mortífera com éter e, em seguida, identificados por meio de comparação com coleção entomológica presente na Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo (FFCLRP/USP).

Neste estudo, foram considerados todos os visitantes florais desde o período da antese floral (a partir das 12h00) até às 17h59, com exceção dos meses de janeiro e duas das cinco observações realizadas em fevereiro, que ocorreram até às 16h59. As observações focais foram realizadas em flores individuais ou conjuntos contendo até 13 flores (dependendo da disponibilidade e proximidade entre as mesmas).

A frequência de ocorrência das espécies foi avaliada de acordo com o cálculo proposto por Palma (1975) (*apud* BUSCHINI, 2006):

$$Fo = (Ni / N) \times 100$$

Sendo: F_o = frequência da espécie i ; N_i = número de amostras com a espécie i presente e N = número total de amostras. Sendo: $F_o \geq 50\%$: Muito frequente (MF); $25\% < F_o \leq 49\%$: frequente (F) e $F \leq 25\%$: Pouco frequente (PF).

2.4. Comportamento dos visitantes florais

A descrição do comportamento dos visitantes florais e do recurso coletado por estes foi realizada por meio da observação focal, e a partir de registros de filmagens da abordagem dos indivíduos diretamente na flor. O tempo em que as abelhas permaneceram na flor foi estimado com um cronômetro. Inicialmente as espécies foram consideradas como visitantes florais, e a partir de observações do comportamento, foram caracterizadas como polinizadoras e/ou pilhadoras. Sendo polinizadores os visitantes florais que promovem a transferência de pólen das anteras ao estigma das flores, com potencial efeito no sucesso reprodutivo da planta (FREITAS, 2013). E pilhadores, quando os visitantes florais coletavam o recurso sem entrar em contato com as estruturas reprodutivas (INOUE, 1980).

3. RESULTADOS

3.1. Riqueza dos visitantes florais

Foi identificado um total de doze espécies de abelhas entre elas, representantes dos gêneros *Apis*, *Bombus*, *Centris*, *Epicharis*, *Eulaema*, *Melipona*, *Oxaea*, *Trigona* e *Xylocopa*, pertencentes à família Apidae (Figura 4), sendo também observado um indivíduo pertencente a família Halictidae. Verificou-se também a presença de insetos de outras ordens, entre eles, diferentes espécies de borboletas (Lepidoptera), percevejos (Hemiptera), moscas (Diptera) e besouros (Coleoptera), e, além destes, beija-flores (Trochilidae) (Figura 5).

Em relação à frequência das visitas em *P. edulis* f. *flavicarpa*, *Apis mellifera* foi considerada uma espécie muito frequente (com 58,11% de frequência), *Xylocopa* (*Neoxylocopa*) *frontalis* foi considerada frequente (com 30,20%) e as demais espécies observadas sendo consideradas como pouco frequentes (Tabela 1).

Figura 4. Abelhas visitantes florais do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) na região rural do município de Rio Claro, distrito de Ajapi – SP. A: *Apis mellifera*; B: *Oxaea flavescens*; C: *Xylocopa* spp.; D: *Centris (Ptilotopus) scopipes*; E: *Centris bicolor*; F: *Epicharis (Epicharana) flava*; G: *Bombus morio*; H: *Melipona quadrifasciata* e I: *Trigona spinipes*.



Fonte: o Autor (2016).

Figura 5. Outros visitantes florais observados em flores do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) na região rural do município de Rio Claro, distrito de Ajapi – SP. A-E: Hemiptera sp.; F-G: Coleoptera sp.; H: Diptera sp.; I-L: Lepidoptera sp.; M-N: Vespidae sp.; O: Insecta sp.; P: Trochilidae sp.



Fonte: o Autor (2016).

Tabela 1. Frequência de ocorrência das espécies visitantes florais, comportamento e recurso floral coletado em um cultivo orgânico de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) situado na região rural do município de Rio Claro, distrito de Ajapi - SP. Muito Frequente (MF), Frequente (F), Pouco Frequente (PF), Polinizador (Po); Pilhador (Pi); Pólen (P); Néctar (N); Não foi verificado visitante floral entrando em contato com as estruturas reprodutivas e/ou não coletando recurso floral (-).

Família/Tribo	Espécie	Frequência (%)	Situação	Comportamento	Recurso
Apidae					
Apini	<i>Apis mellifera</i> (Linnaeus, 1759)	58,11	MF	Pi	P / N
Bombini	<i>Bombus</i> (<i>Fervidobombus</i>) <i>morio</i> (Swederus, 1787)	0,41	PF	Po	N
Centridini	<i>Centris</i> (<i>Ptilotopus</i>) <i>scopipes</i> (Frisese, 1899)	0,79	PF	Po	N
	<i>Centris bicolor</i> (Lepeletier, 1841)	0,07	PF	Pi	N
	<i>Epicharis</i> (<i>Epicharana</i>) <i>flava</i> (Friese, 1900)	0,1	PF	Po	N
	<i>Eulaema</i> (<i>Apeulaema</i>) <i>nigrita</i> (Lepeletier, 1841)	0,07	PF	Po	N
	Meliponini	<i>Melipona</i> (<i>Melipona</i>) <i>quadrifasciata</i> (Lepeletier, 1837)	0,03	PF	-
	<i>Trigona spinipes</i> (Fabricius, 1793)	1,67	PF	Pi	N
Oxaeini	<i>Oxaea flavescens</i> (Klug, 1807)	0,07	PF	Pi	N
Xylocopini	<i>Xylocopa</i> (<i>Neoxylocopa</i>) <i>frontalis</i> (Olivier, 1789)	30,2	F	Po / Pi	N
	<i>Xylocopa</i> (<i>Neoxylocopa</i>) <i>suspecta</i> (Moure & Camargo, 1988)	1,74	PF	Po	N
Halictidae	Halictidae spp.	0,07	PF	-	-
Outros visitantes					
Coleoptera		1,02	PF	Pi	P
Diptera		0,1	PF	-	-
Insecta		0,07	PF	Pi	-
Hemiptera		4,65	PF	Pi	-
Lepidoptera		0,34	PF	Pi	N
Vespidae		0,24	PF	Pi	N
Trochilidae (Aves)		0,24	PF	-	N

O horário de forrageio com maior atividade de visitas (das 14h00 até às 14h59) coincidiu com o horário em que todas as flores estavam iniciando a antese ou encontravam-se completamente abertas (ver Capítulo II). Foi observado, a partir deste horário, uma queda gradativa nas taxas de visitação ao longo do dia (Figura 6). Até este período, *A. mellifera* foi a espécie mais frequente, representando cerca de 71,14% do total das visitas. A partir das 15h00 foi verificado uma inversão em relação à espécie mais frequente, sendo então *X. frontalis*, a mais representativa em relação as demais, com cerca de 55,79% das visitas. No período das 17h00 às 17h59, predominaram as visitas de hemípteras (57,81%).

Em relação às frequências mensais, entre os meses de janeiro à abril de 2015, observamos que *A. mellifera* foi a mais frequente em relação as demais espécies. Dos visitantes florais observados, a maior riqueza de espécies foi encontrada nos meses entre março e abril, representando 63,16% e 62,42% do total de espécies observadas, respectivamente. O mês de março, foi o que apresentou menor abundância de visitantes florais (Figura 7).

Figura 6. Horários de visitas às flores do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) na região rural do município de Rio Claro, distrito de Ajapi – SP.

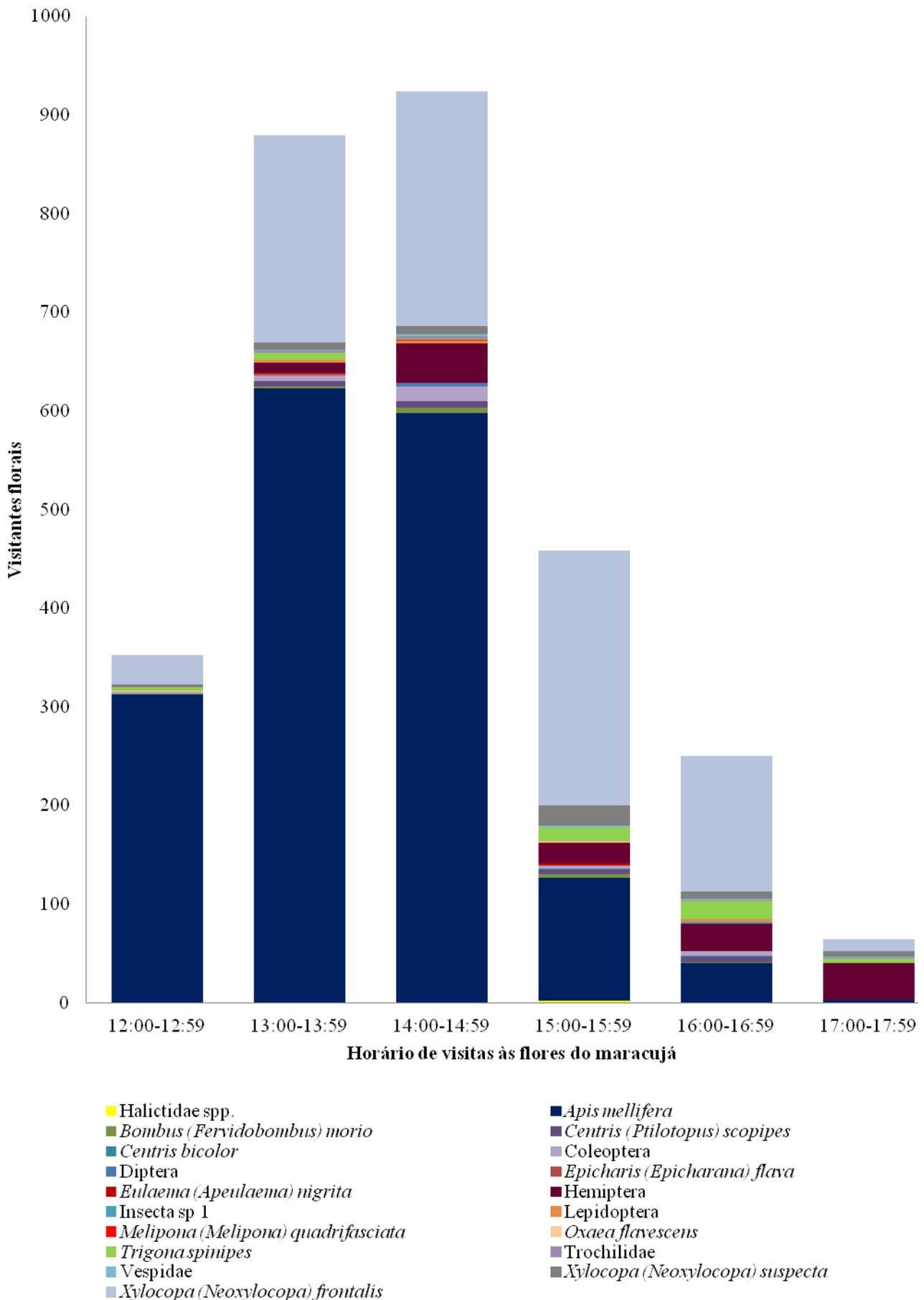
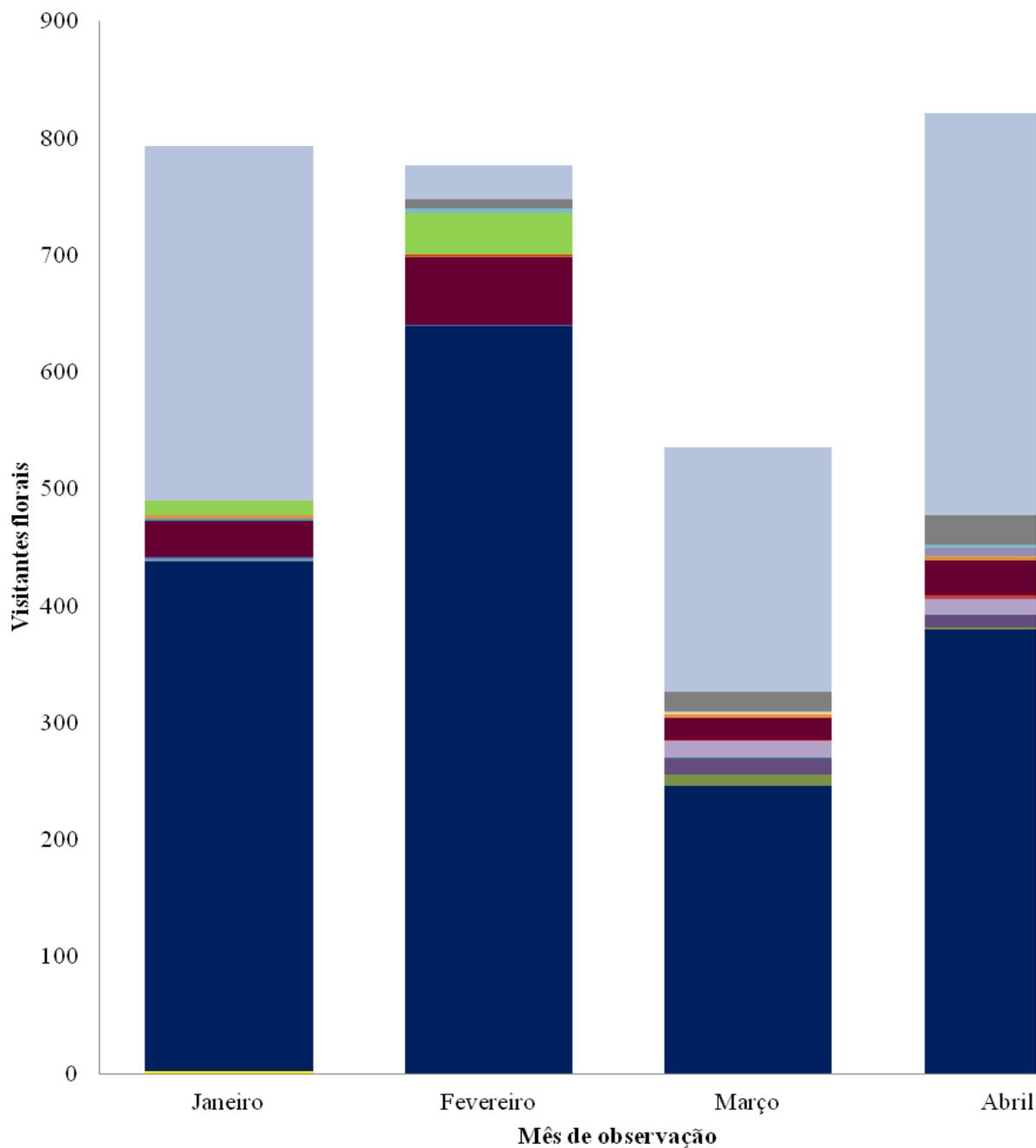


Figura 7. Distribuição de visitantes florais durante o período de Janeiro a Abril de 2015 às flores do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) na região rural do município de Rio Claro, distrito de Ajapi – SP.



- Halictidae spp.
- *Bombus (Fervidobombus) morio*
- *Centris bicolor*
- Diptera
- *Eulaema (Apeulaema) nigrita*
- Insecta sp 1
- *Melipona (Melipona) quadrifasciata*
- *Trigona spinipes*
- Vespidae
- *Xylocopa (Neoxylocopa) frontalis*
- *Apis mellifera*
- *Centris (Ptilotopus) scopipes*
- Coleoptera
- *Epicharis (Epicharana) flava*
- Hemiptera
- Lepidoptera
- *Oxaea flavescens*
- Trochilidae
- *Xylocopa (Neoxylocopa) suspecta*

3.2. Comportamento dos visitantes florais

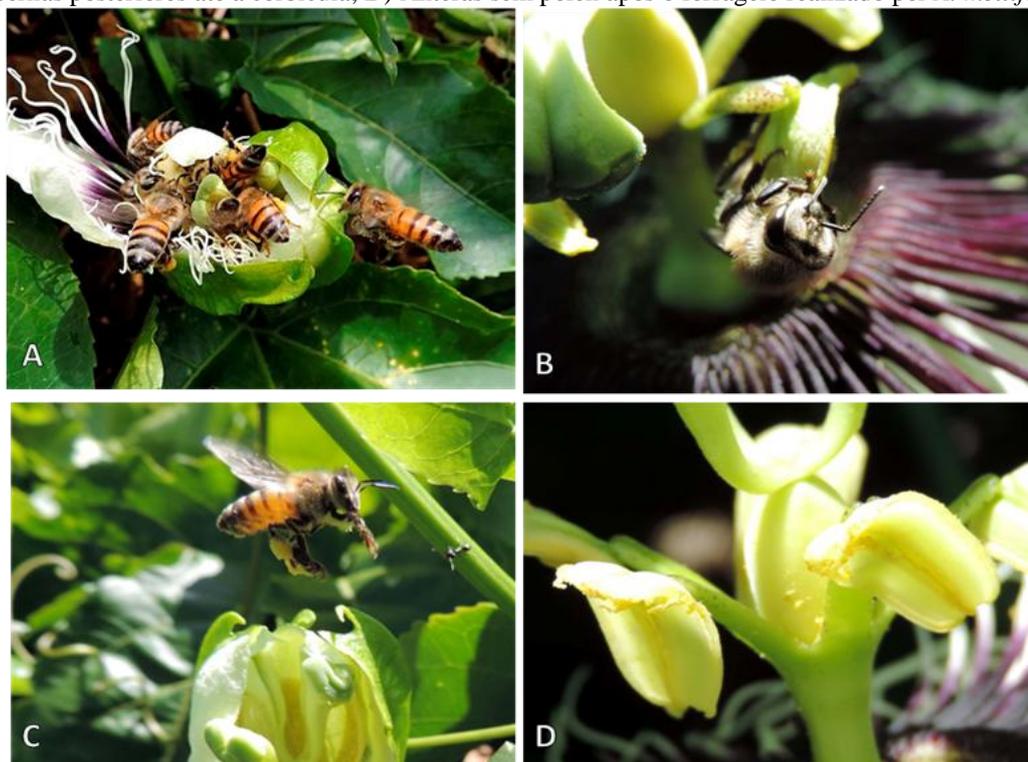
Em relação ao comportamento dos visitantes florais em *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, foram observadas diferentes formas de abordagem à flor, o tipo de recurso coletado, o comportamento, e o tempo de permanência. Dentre as espécies observadas, seis destas foram caracterizadas como polinizadoras no cultivo (Tabela 1).

Ao abordarem a flor, indivíduos de *A. mellifera* pousam sobre as anteras para a coleta do pólen, sendo consideradas pilhadoras, ao coletarem, transferem o pólen até as corbículas. Durante essa transferência, essas abelhas retiram o pólen aderido acidentalmente sobre a cabeça e outras partes do corpo com as pernas dianteiras, transferindo para as pernas posteriores até a corbícula. Ao fazerem isso, podem manter-se sobrevoando a flor ou pousar sobre folhas, corola, anteras e mesmo o estigma da própria flor da qual o recurso está sendo coletado. Devido a esse comportamento, é possível verificar ocasionalmente a deposição de pólen sobre os estigmas da flor ao final da coleta realizada por *A. mellifera*.

A abordagem de *A. mellifera*, ocorre de forma individual ou em grupos, foram observados até sete indivíduos em uma única flor. O tempo de forrageio pode se estender até cerca de um minuto, em abordagens individuais. Entretanto, em grupos, o forrageio destas abelhas até que as anteras não possuam mais pólen disponível pode chegar a 40 minutos. Este tempo pode variar dependendo também da quantidade de abelhas presentes em uma única flor. Muitas vezes, foi verificado que estas espécies abordavam botões em pré-antese, forçando a abertura dos mesmos.

Após a abordagem realizada por *A. mellifera*, a maior parte do pólen já havia sido retirado das anteras (Figura 8). Ocasionalmente, após o horário de maior frequência de atividades destas (após às 15h00) foi possível notar a presença de indivíduos voltando às flores a procura de pólen nestas mesmas anteras. Além do comportamento de coleta de pólen, foi possível verificar a abordagem de *A. mellifera* tentando coletar néctar. A abelha inseria a glossa na região do opérculo, sendo que este comportamento foi observado ocasionalmente e caracterizado como atividade pilhadora (Figura 9).

Figura 8. Comportamento de *Apis mellifera* na coleta de pólen em flores de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicaarpa* Deg.) na região rural do município de Rio Claro, distrito de Ajapi – SP. A) Abordagem em grupo durante o início da antese floral; B) Coleta de pólen por *A. mellifera* diretamente na antera; C) *A. mellifera* retira o pólen aderido acidentalmente sobre a cabeça e outras partes do corpo com as pernas dianteiras, transferindo para as pernas posteriores até a corbícula; D) Anteras sem pólen após o forrageio realizado por *A. mellifera*.



Fonte: o Autor (2016).

Figura 9. Comportamento de *Apis mellifera* para coleta de néctar em flores de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicaarpa* Deg.) na região rural do município de Rio Claro, distrito de Ajapi – SP. A), B) *Apis mellifera* circundando o androginóforo, a espécie não entra em contato com as estruturas reprodutivas sendo caracterizada como espécie pilhadora; C) Abordagem de dois indivíduos de *A. mellifera* na mesma flor para a coleta de néctar.



Fonte: o Autor (2016).

A espécie *T. spinipes* foi considerada pilhadora de néctar pois observou-se que esta abelha insere a glossa no opérculo para retirar este recurso, sendo mais frequentemente observada realizando perfurações na câmara nectarífera para a coleta de néctar (Figura 10).

Figura 10. Comportamento de *Trigona spinipes* em flores de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) na região rural do município de Rio Claro, distrito de Ajapi – SP. A) *T. spinipes* na base da câmara nectarífera realizando perfurações para coleta de néctar, B) perfuração realizada por *T. spinipes*; seta indica opérculo onde se localiza a câmara nectarífera.



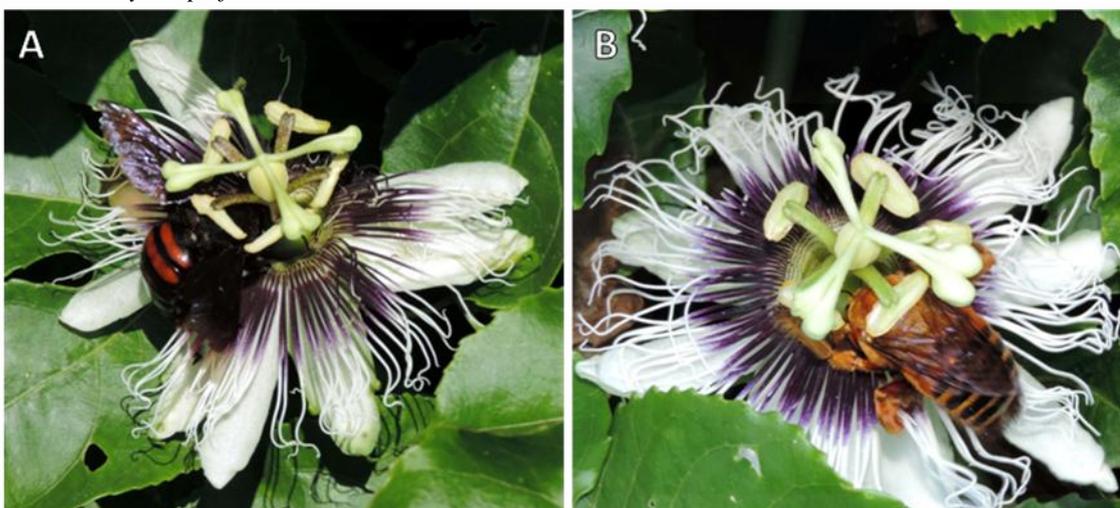
Fonte: o Autor (2016).

Xylocopa frontalis foi considerada polinizadora, os indivíduos pousam sobre a corola se dirigindo ao centro do androginóforo e inserem a glossa no opérculo da câmara nectarífera para a coleta do néctar. As abelhas podem permanecer no mesmo ponto durante toda ou boa parte da coleta ou, podem também, circundar o androginóforo, entrando em contato com as estruturas reprodutivas da flor – anteras e estigmas. O pólen fica aderido ao tórax da abelha, e estas, ao se dirigem à outras flores promovem a polinização cruzada. Comportamento semelhante foi observado por *X. suspecta*. Ao visitarem as flores, nem sempre as abelhas do gênero *Xylocopa* entram em contato com os estigmas, foi possível observar contato com os três, dois, um único estigma ou mesmo nenhum deles durante as visitas (Figura 11). O tempo pode variar entre poucos segundos (principalmente se a flor já havia sido visitada muitas vezes ou está sendo revisitada pelo mesmo indivíduo) até cerca de 90 segundos. Em espécies do gênero *Xylocopa* foi observado, ocasionalmente, o comportamento de manterem-se apoiadas apenas nas pernas dianteiras com as posteriores suspensas, a abelha permanece inclinada verticalmente para coleta do néctar e há deposição de pólen em contato direto com o

tórax e asas. Dessa forma, tanto a deposição de pólen quanto a transferência ao estigma é facilitada, principalmente em flores com estigmas parcialmente curvos (Figura 12).

A espécie *X. frontalis* também apresentou comportamento pilhador de botões florais (Figura 13A-B). As abelhas abordavam botões florais em pré-antese e perfuravam a câmara nectarífera para coletar o recurso (Figura 13C). Em algumas flores foram observadas mais de uma perfuração. Essa atividade teve duração de cerca de 15 segundos, e, em alguns casos, foram observadas formigas como pilhadores secundários (Figura 13D).

Figura 11. Comportamento de coleta de néctar por abelhas do gênero *Xylocopa* em flores do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) na região rural do município de Rio Claro, distrito de Ajapi – SP. A) Fêmea e B) macho de *Xylocopa frontalis*.



Fonte: o Autor (2016).

Figura 12. Comportamento de coleta de néctar em flores de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) por abelhas do gênero *Xylocopa* na região rural do município de Rio Claro, distrito de Ajapi – SP. A) Abordagem inicial a flor do maracujá; B) e C) Abelha se apoia sobre as pernas dianteiras se inclinando verticalmente, mantendo as pernas posteriores suspensas para a coleta do recurso, este comportamento é favorável a deposição de pólen sobre o tórax das abelhas e a transferência do mesmo, principalmente em flores com os estigmas parcialmente curvos.



Fonte: o Autor (2016).

Figura 13. Comportamento pilhador por abelhas do gênero *Xylocopa* em botões florais de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) na região rural do município de Rio Claro, distrito de Ajapi – SP. A) e B) *Xylocopa frontalis* pilhando botão floral, abelha realiza perfurações na câmara nectarífera para coleta de néctar; C) Perfurações realizadas para a coleta do recurso por *Xylocopa frontalis*; D) Formigas como pilhadores secundários.



Fonte: o Autor (2016).

Centris (Ptilotopus) scopipes apresentou comportamento polinizador, a espécie entrou em contato com os órgãos reprodutivos enquanto coletava o recurso (néctar). Entretanto *Centris bicolor*, devido ao seu tamanho menor em relação a *C. scopipes* não teve contato com anteras e estigmas, sendo considerada uma espécie pilhadora de néctar. Os indivíduos de *C. scopipes* apresentaram comportamento de coleta de néctar semelhante ao descrito por *X. frontalis*. Contudo, a diferença é que essa espécie agarra-se à base do androginóforo com o auxílio das mandíbulas inserindo a glossa posteriormente (Figura 14). *Epicharis (Epicharana) flava*, *Eulaema (Apeulaema) nigrita* e *Bombus morio* também apresentaram comportamento de coleta de néctar semelhante ao de *X. frontalis*, sendo consideradas como polinizadoras.

Figura 14. Coleta de néctar por *Centris (Ptilotopus) scopipes* em flores do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) na região rural do município de Rio Claro, distrito de Ajapi – SP. A) Comportamento em que *C. scopipes* agarra o androginófo das flores do maracujá-amarelo com a mandíbula inserindo a glossa no opérculo para coleta do recurso e B) Coleta de néctar em flores do maracujá-amarelo.



Fonte: o Autor (2016).

Oxaea flavescens apresentou comportamento pilhador de coleta de néctar sendo observada em dois momentos distintos. Em um primeiro momento, perfurava a câmara nectarífera de uma flor senescente, e, em outro, pousou na corona de uma flor, mas não coletou nenhum tipo de recurso. Não houve contato com anteras e estigma.

Melipona quadrifasciata e Halictidae sp. foram observadas apenas uma vez, além destas, dípteras também foram observados. Estas espécies andavam sobre a corona em visitas rápidas, não houve coleta de nenhum tipo de recurso floral, no entanto, hemípteras permaneciam nas flores por longos períodos de tempo, andavam sobre pétalas e sépalas inserindo a probóscide sob ovário, estigmas e anteras, também foram observados indivíduos copulando sobre a corola. Vários indivíduos de Insecta sp. 1 foram observados danificando as flores, apareciam em grande quantidade e aparentemente raspavam as sépalas (face adaxial branca), sendo caracterizados como pilhadores florais.

Indivíduos de *Astylus variegatus* (Coleoptera) foram observados em atividades de coleta de pólen diretamente sobre as anteras, em visitas individuais ou em grupos (contendo até 10 indivíduos em uma mesma flor), sendo considerada como espécie pilhadora de pólen, enquanto espécies de Vespidae e Lepidoptera foram observados coletando néctar, sendo caracterizadas como espécies pilhadoras de néctar por não entrarem em contato com os órgãos reprodutivos das flores. Além destes, foram observadas espécies de Trochilidae coletando néctar em flores de *P. edulis*, entretanto não foi possível verificar se havia polinização nestes casos, devido a rapidez na coleta do recurso.

Foi observado que diferentes visitantes florais coletavam recursos ao mesmo tempo, aparentemente não havendo nenhum tipo de interferência comportamental entre os diferentes

indivíduos. Observou-se a presença de até três indivíduos de *X. frontalis* em uma mesma flor; abelhas do gênero *Xylocopa* juntamente com *C. scopipes* e destas duas com grupos de *A. mellifera* e/ou Coleoptera e Hemiptera. Foi verificada também a ocorrência de *B. morio* e *E. nigrita* coletando néctar na mesma flor; um indivíduo de *B. morio* com *Xylocopa* spp.; e *B. morio* juntamente com *A. mellifera* em uma mesma flor.

4. DISCUSSÃO

4.1. Riqueza dos visitantes florais

A riqueza de visitantes florais observada em nosso estudo foi maior do que a encontrada em diversas outras áreas de cultivos de maracujá, e menor quando comparada a região de Minas Gerais. No estado de São Paulo, estudos conduzidos em Campinas e em Jaboticabal encontraram cerca de 6 espécies de abelhas visitantes florais. Em Campinas foram observadas: *Xylocopa suspecta*, *X. frontalis*, *Epicharis rustica*, *Trigona spinipes*, *Apis mellifera* e *Nannotrigona testaceicornis* (SAZIMA; SAZIMA, 1989). E em Jaboticabal o maracujá-amarelo apresentou visitantes como: *X. griscenses*, *X. frontalis*, *X. suspecta*, *T. spinipes*, *A. mellifera*, *Augochloropsis* sp além de lepidópteros (MALERBO-SOUZA; NOGUEIRA-COUTO; TOLEDO, 2002).

Na região de Campo dos Goytacazes, Rio de Janeiro, foram observadas cinco espécies de abelhas como visitantes florais no maracujá-amarelo: *X. frontalis*, *X. ordinaria*, *E. nigrita*, *E. cingulata* e *A. mellifera* (HOFFMANN et al., 2000). Outros visitantes florais também foram encontrados em seis áreas distintas de cultivos de maracujá, localizadas a diferentes distâncias de fragmentos florestais na região Norte Fluminense, sendo verificada a presença de dez espécies de abelhas, onde *Xylocopa frontalis*, *X. ordinaria* e *A. mellifera* foram registradas em todas as áreas de cultivo. Além disso, foi observada a presença de *Epicharis flava*, *Centris longimana*, *C. flavifrons*, *Eulaema nigrita*, *E. cingulata* em menor frequência, bem como *Euglossa cordata* e *Augochloropsis*, além de vespas, lepidópteros, dípteros e beija-flores (BENEVIDES; GAGLIANONE; HOFFMANN, 2009).

Estudos realizados no Mato Grosso, na cidade de Tangará da Serra, apresentaram cerca de 6 espécies de visitantes: *X. frontalis*, *Bombus* sp.1, *Bombus* sp.2, *Trigona chanchamayoensis*, *T. hyalinata* e *A. mellifera* (COBRA et al., 2015). Ainda, estudos realizados em Juazeiro, Bahia, apresentaram como visitantes florais *A. mellifera*, *T. spinipes*, *Xylocopa griscens*, *X. frontalis* e *X. cearensis* (SIQUEIRA et al., 2009).

A região que apresenta maior riqueza de espécies visitantes florais é a de Minas Gerais. Estudos realizados em quatro áreas na região do Triângulo Mineiro, de 2004 a 2007,

apresentaram um total de 27 espécies de abelhas diferentes entre polinizadores, polinizadores eventuais e pilhadores, sendo que a área com maior riqueza apresentava cerca de 22 espécies e a de menor riqueza, 15 espécies de abelhas (YAMAMOTO et al., 2012).

A riqueza de visitantes florais pode estar associada à proximidade do local em estudo com remanescentes florestais (OLIVEIRA et al., 2014). O mesmo é observado em relação às taxas de visitas destes polinizadores nativos, quanto maior o isolamento em relação ao habitat natural, menores são as taxas de visitação (RICKETTS et al., 2008). Nesse sentido, a conservação de áreas naturais ou seminaturais pode auxiliar na manutenção destes polinizadores na área agrícola, pois estes terão acesso a recursos nutritivos alternativos e locais para nidificação (YAMAMOTO; BARBOSA; OLIVEIRA, 2010).

A riqueza de visitantes pode também estar associada ao fato de se tratar de um cultivo orgânico. Santos e Nascimento (2011) realizaram um levantamento de visitantes florais em cultivo orgânico e convencional de tomateiro (*Solanum lycopersicum*) (Linnaeus) verificando que o orgânico apresentava maior riqueza e maior diversidade de visitantes florais em comparação ao convencional. Outro estudo comparativo entre cultivo orgânico e comercial realizado em Petrolina, Pernambuco, com manga (*Mangifera indica* L.), demonstrou que há um maior número de visitas e maior diversidade de visitantes no cultivo orgânico e a aplicação de fungicidas e inseticidas reduziu a frequência e a diversidade dos visitantes florais no cultivo convencional (SIQUEIRA et al., 2008).

Quanto as maiores taxas de frequência de visitas observadas, Malerbo-Souza, Nogueira-Couto e Toledo (2002) também verificaram que o período entre 13h00 e 15h00, se estendendo até às 15h30 (COBRA et al., 2015) foi o que apresentou maior representatividade de visitação por abelhas. Este aspecto pode ser atribuído a maior quantidade de flores abertas, maior disponibilidade de recursos - pólen e néctar – bem como pode estar relacionado a fatores como a temperatura, a umidade e a insolação, que podem indicar uma temperatura ótima para a atividade das abelhas, que neste caso, coincide com o período de antese (SILVA et al., 1999; VIANA; SILVA; ALMEIDA, 2014).

A maior frequência de *A. mellifera* em relação à *X. frontalis*, logo após a antese floral, resulta em menor disponibilidade de pólen, devido à alta atividade de coleta realizada por essa abelha. Em contrapartida, períodos em que há maior frequência de abelhas do gênero *Xylocopa* em relação à *A. mellifera* resultaram em uma maior disponibilidade de pólen nas anteras (BENEVIDES; GAGLIANONE; HOFFMANN, 2009). Segundo estimativas, a disponibilidade de pólen chega próxima a zero em cerca de 2h após a antese floral em *P. edulis* (OLIVEIRA et al., 2014).

O pico de produção de néctar ocorre logo após a antese, entre 12h30 e 14h30 (BENEVIDES; GAGLIANONE; HOFFMANN, 2009), com posterior declínio em relação ao volume e a concentração de solutos totais (MELO et al., 2014; VIANA; SILVA; ALMEIDA, 2014). Este aspecto pode estar relacionado ao fato de haver um declínio nas taxas de visitas realizadas, principalmente por *X. frontalis*, a partir das 16h00, a diminuição de visitas também pode estar relacionada a menor disponibilidade de recursos florais e ao aumento da umidade relativa do ar ao longo do período da tarde (MARTINS et al., 2014; SILVA et al., 1999).

Em relação à frequência de espécies visitantes entre os meses de janeiro a abril de 2015, a mais frequente foi *A. mellifera*, devido provavelmente a presença de uma colmeia nidificando em uma árvore próxima à plantação. Benevides, Gaglianone e Hoffmann (2009) constataram que em dado período do ano, de outubro a fevereiro, *A. mellifera* foi uma das espécies mais frequentes, entretanto, verificaram uma baixa atividade entre os meses de abril a junho estando relacionadas às preferências de forrageio por outras espécies vegetais.

As abelhas do gênero *Xylocopa* são ativas durante o ano todo e frequentes nos períodos mais quentes do ano, sendo que o período em que ocorre maior demanda por alimentos é na fundação de seus ninhos (SILVA et al., 2014). Na região de Morretes, Paraná, foi observada fundação de ninhos em maior número principalmente entre os meses de outubro a dezembro e menor frequência entre o período de janeiro, março e abril (MARCHI; MELO, 2010). Entretanto, o período de fundação de ninhos em regiões no interior do estado de São Paulo ocorre entre os meses de junho a setembro e dezembro a março (SILVA et al., 2014), esta última coincidindo com o período de floração do maracujá-amarelo na área estudada.

4.2. Comportamento dos visitantes florais

Abelhas com um tamanho maior, como as pertencentes ao gênero *Xylocopa* são capazes de realizar a polinização do maracujá-amarelo, entretanto, visitantes de menor tamanho, como *A. mellifera* e *T. spinipes*, podem roubar os recursos (pólen e néctar), danificar as flores, afugentar os polinizadores efetivos e não polinizar, sendo essas espécies consideradas como pilhadoras na cultura (COBRA et al., 2015; SIQUEIRA et al., 2009; VIANA, 2006; VIANA; SILVA; ALMEIDA, 2014).

Apis mellifera é uma espécie generalista (MICHENER, 2007) sendo considerada pilhadora no cultivo do maracujá devido ao seu tamanho corpóreo, forrageamento em grupo e comportamento de coleta de pólen (BENEVIDES; GAGLIANONE; HOFFMANN, 2009). A espécie permanece maior quantidade de tempo na flor quando comparada à *Xylocopa* spp. (SIQUEIRA et al. 2009) e sua atividade de forrageio pode ocorrer em botões em pré-antese

como foi observado por Benevides, Gaglianone e Hoffmann (2009), Siqueira, Kiill e Araújo (2014) e em estudos no maracujá-roxo (*Passiflora edulis* f. *edulis*) por Ish-Am (2009).

A espécie é considerada por muitos, como praga nas culturas de maracujá-amarelo, devido a retirada por completo do pólen disponível nas anteras (OLIVEIRA et al., 2014; COBRA et al., 2015). A abelha retira o equivalente a duas anteras de pólen em uma única visita, ocasionando uma menor disponibilidade de pólen o que pode inviabilizar tanto a polinização natural quanto a manual (OLIVEIRA et al., 2014; SIQUEIRA et al., 2009). Entretanto, estudos realizados em Jaboticabal, São Paulo, mostraram estas abelhas como pouco frequentes e retirando uma baixa quantidade de pólen das anteras em *P. edulis* (MALERBO-SOUZA; NOGUEIRA-COUTO; TOLEDO, 2002).

De acordo com Yamamoto al. (2012), o contato com estigmas por pilhadores é raro, entretanto, estudos realizados com o cultivar de maracujá-roxo (*Passiflora edulis* f. *edulis*) em Israel apresentou que quando a abordagem ocorria de forma individual, a abelha *A. mellifera* tocava os estigmas ocasionalmente, já quando a abordagem às flores ocorria em grupo, cinco indivíduos ou mais por flor, o contato com os estigmas foi mais frequente pois essas abelhas empurravam umas às outras favorecendo a deposição de pólen no estigma (ISH-AM, 2009). Mesmo havendo transferência de pólen da antera para o estigma, a abelha não foi considerada como polinizadora devido ao maracujá ser uma espécie autoincompatível (FREITAS, 2013).

Em nossas observações, *A. mellifera* também foi verificada coletando néctar diretamente a partir do opérculo em *P. edulis*. Comportamento semelhante foi observado por Cobra et al. (2015), por Siqueira, Kiill e Araújo (2014) e por Ish-Am (2009) sendo que nestes dois últimos, a coleta de néctar ocorreu em outras espécies pertencentes a família Passifloraceae, *P. cincinnata* e *P. edulis* f. *edulis*, respectivamente.

A atividade pilhadora de coleta de néctar realizada por *T. spinipes*, pode danificar as flores, reduzindo dessa forma a quantidade de néctar disponível aos polinizadores legítimos e, conseqüentemente, o tempo de visita na flor ou mesmo na planta (MICHENER, 2007; SAZIMA; SAZIMA, 1989). Porém, o mesmo comportamento é considerado como um aspecto positivo, pois, desta forma, os potenciais polinizadores tendem a visitar uma maior quantidade de flores para coleta do recurso, promovendo a polinização cruzada (SILVA et al., 2014).

Abelhas que apresentam tamanho entre médio a grande podem eventualmente entrar em contato com as estruturas reprodutivas da flor e dessa forma promover a polinização do maracujá-amarelo (SILVA et al., 2014). Devido a distância entre anteras e estigmas à câmara nectarífera, esta seria para abelhas de menor tamanho uma barreira em relação à polinização. Entretanto para essas abelhas de grande porte, o contato com anteras e estigmas ocorre no

momento da coleta do néctar, dessa forma, a abelha pode promover a transferência de grãos de pólen e a polinização cruzada (BENEVIDES; GAGLIANONE; HOFFMANN, 2009; VIANA; SILVA; ALMEIDA, 2014; YAMAMOTO; BARBOSA; OLIVEIRA, 2010).

As abelhas pertencentes aos gêneros *Eulaema*, *Centris*, *Epicharis* e *Xylocopa* são consideradas como polinizadoras eficientes na cultura do maracujá em relação ao seu tamanho e comportamento de coleta de néctar (BENEVIDES; GAGLIANONE; HOFFMANN, 2009). O comportamento de coleta de néctar observado pelas espécies de *Xylocopa* spp. foi semelhante ao descrito por Viana, Silva e Almeida (2014), sendo estas, consideradas polinizadoras efetivas desta cultura (GAGLIANONE et al., 2014) e pilhadoras quando abordavam botões florais perfurando a base do hipanto (SAZIMA; SAZIMA, 1989). Em relação ao tempo de permanência na flor, o comportamento de coleta de néctar por *Xylocopa* spp. como polinizadora pode ter a duração de cerca de 21 segundos (SIQUEIRA et al., 2009).

Outras espécies como *Oxaea flavescens* e beija-flores (Trochilidae) também foram observadas. Assim como foi verificado com *Oxaea flavescens*, estudos realizados em Campo dos Goytacazes, Rio de Janeiro, mostraram a presença de *E. nigrita* e *E. cingulata* visitando flores do dia anterior (HOFFMANN et al., 2000). E em menor frequência, espécies de Trochilidae podem ser consideradas como potenciais polinizadoras ou mesmo polinizadoras eventuais nos cultivos de maracujá (MELO et al., 2014; YAMAMOTO; BARBOSA, 2007).

De acordo com Siqueira et al. (2009) e Viana, Silva e Almeida (2014) foi possível identificar comportamento agonístico de *A. mellifera* em relação à *Xylocopa* spp., a presença da primeira afeta de forma negativa a presença da outra espécie. Cobra et al. (2015) verificaram que as visitas por *X. frontalis* e *Bombus* spp. ocorriam em flores onde não havia a presença de outros visitantes, sobretudo de *A. mellifera*. Entretanto, em nosso estudo, não foi observado qualquer tipo de influência neste sentido, não sendo verificada interferência em relação às visitas realizadas pelas diferentes espécies de abelhas, isso considerando o comportamento de algumas das espécies que foram encontradas concomitantemente na mesma flor. Malerbo-Souza, Nogueira-Couto e Toledo (2002) também não observaram comportamento agressivo de *A. mellifera* em relação à *Xylocopa* spp.

Os demais visitantes florais são consideradas espécies pragas nos cultivos do maracujá-amarelo, assim como *A. mellifera* e *T. spinipes* (LUNZ; SOUZA; LEMOS, 2006; YAMAMOTO; BARBOSA, 2007). Algumas estratégias podem ser elaboradas com o intuito de diminuir a quantidade de visitantes pilhadores, principalmente *A. mellifera* como, por exemplo, o oferecimento de xarope contendo mel e açúcar próximo as culturas ou mesmo a manutenção de espécies vegetais alternativas que sejam atrativas a estes pilhadores como

calabura (*Muntingia calabura*), cosmos (*Cosmos sulphureus*) e girassol (*Helianthus annuus*), que são espécies fornecedoras de pólen (MALERBO-SOUZA; NOGUEIRA-COUTO; TOLEDO, 2002; VIANA, 2006).

O comportamento e mesmo a eficiência de espécies polinizadoras silvestres é importante para se promover um manejo adequado destas na cultura, visando uma melhoria nos índices de polinização, assim como, a preservação da fauna apícola (D'AVILA; MARCHINI, 2005).

5. CONCLUSÃO

Podemos concluir que há riqueza de espécies visitantes florais em *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* na área estudada, e isto pode estar relacionado com o fato da plantação estar instalada em um local próximo à remanescentes florestais. Estes remanescentes florestais podem fornecer locais para nidificação e fontes de alimento alternativas para a manutenção e atração destes visitantes na área de cultivo. O fato de se tratar de um cultivo orgânico, é outro aspecto relevante a ser considerado para a manutenção da riqueza de visitantes florais observada na plantação de maracujá. Entre os visitantes florais observados, os principais polinizadores são aqueles que possuem maior tamanho corpóreo, principalmente as abelhas pertencentes ao gênero *Xylocopa*. A identificação e a observação do comportamento dos visitantes florais são aspectos importantes para promover o manejo adequado dos mesmos nas áreas de cultivos.

CAPÍTULO II. Eficácia de polinizador em *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg. (Passifloraceae)

RESUMO

Diferentes visitantes florais podem levar a diferenças no sucesso da polinização, pois nem todos os polinizadores possuem a mesma eficiência na transferência de grãos de pólen das anteras até os estigmas. A eficácia de um polinizador, é a medida do resultado de uma única visita por uma espécie, e muitas vezes, é utilizada para avaliar a importância de diferentes espécies de visitantes florais como polinizadores. Sendo assim, os objetivos desse estudo foram: comparar a eficácia na formação de frutos e sementes em *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg. por meio de visitas individuais e de duas visitas de *Xylocopa* (*Neoxylocopa*) *frontalis* (OLIVER, 1789) com a polinização cruzada manual e a polinização natural e avaliar se há limitação polínica através da comparação entre as taxas de frutificação da polinização natural e a polinização cruzada manual. Foram realizados quatro tratamentos distintos: 1) Polinização cruzada manual (n=37 flores); 2) Polinização natural (n=52 flores); 3) Polinização por única visita de *X. frontalis* (n=41 flores) e 4) polinização por duas visitas de *X. frontalis* (n=31 flores). Verificamos que houve formação de frutos em todos os tratamentos realizados. A taxa de frutificação por meio da polinização cruzada manual foi significativamente maior que a obtida em condições naturais ($X^2 = 12,676$; Grau de liberdade= 1; $p < 0,05$), indicando que há limitação polínica na polinização natural. Em relação à quantidade de sementes, a análise de variância (ANOVA) não indicou diferença significativa entre as médias do número de sementes produzidas nos diferentes tipos de polinização avaliados. Maiores taxas de frutificação obtidas por meio do tratamento de polinização cruzada manual sugerem que mais de duas visitas são necessárias para promover uma maior taxa de produção nos cultivos do maracujá-amarelo.

Palavras-chave: Taxa de frutificação, polinização, limitação polínica, mamangava, *Xylocopa frontalis*, maracujá-amarelo.

ABSTRACT

Different floral visitors can lead to differences in the success of pollination, because not all pollinators have the same efficiency in the transfer of pollen from the anthers to the stigmas. The efficacy of a pollinator, is the measurement result of a single visit by a species, and is often, used to assess the importance of various species of floral visitors as pollinators. Thus, the objectives of this study were: to compare the efficacy in the formation of fruits and seeds in *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg. through individual and two *Xylocopa* (*Neoxylocopa*) *frontalis* (Oliver, 1789) visits with manual cross-pollination and natural pollination and evaluate whether pollen limitation by comparing the natural pollination fruiting rates and cross-pollination manual. Were used four different treatments: 1) manual cross-pollination (n=37 flowers); 2) natural pollination (n=52 flowers); 3) pollination single visit *X. frontalis* (n=41 flowers) and 4) pollination by two visits *X. frontalis* (n=31 flowers). We found that there was formation of fruits in all the treatments. The fruiting rate through manual cross-pollination was significantly higher than that obtained in natural conditions ($X^2 = 12.676$, degree of freedom= 1, $p < 0.05$), indicating that there is pollen limitation in natural pollination. Regarding the amount of seeds, an analysis of variance (ANOVA) indicated no significant difference between the mean number of seeds produced in different reviews pollination. Larger fruiting rates obtained by manual cross-pollination treatment suggest that more than two visits are necessary to promote a higher production rate in yellow passion fruit cultivations.

Key words: Fruiting rate, pollen limitation, carpenter bee, *Xylocopa frontalis*, yellow passion fruit.

1. INTRODUÇÃO

Com uma produção nacional que passou de 479.813 em 2005 para 923.035 toneladas em 2011, o maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) é uma espécie com grande representatividade econômica na agricultura brasileira. A região sudeste é a segunda maior produtora do Brasil sendo responsável por 15,08% da produção total. O estado de São Paulo produz o equivalente a 25,18% da produção gerada na região sudeste (AGRIANUAL 2014, IBGE 2011). A produção é destinada principalmente ao consumo de fruta fresca e a extração da polpa voltada a produtos industrializados (SILVA et al., 2014; VIANA, 2006).

O cultivo do maracujá-amarelo é um investimento com considerável retorno econômico, esta é uma espécie autoincompatível, necessitando da polinização cruzada, seja esta natural ou manual, para que haja o desenvolvimento de seus frutos (MELO et al., 2014; SILVEIRA et al., 2012; VIANA, 2006). Devido a polinização poder ser realizada por abelhas (polinização natural), os produtores não precisariam arcar com custos extras de contratação de pessoal para realizar a polinização manual e poderiam se dedicar as demais atividades agrícolas em suas propriedades (VIEIRA PEREIRA et al., 2010). A polinização cruzada manual envolve gastos extras em relação à contratação de mão de obra, com aumento dos custos de produção em torno de 22% (COBRA et al., 2015; KRAUSE et al., 2012; VIANA, 2006). Dessa forma, produtores de maracujá podem ter custos reduzidos quando polinizadores naturais estão presentes na área do cultivo (SILVEIRA et al., 2012). De acordo com Vieira Pereira et al. (2010), em estudo realizado nas cidades de Viçosa e Paulo Cândido, Minas Gerais, a polinização natural do maracujá-amarelo resultou em uma economia de R\$ 33.777,85 em três anos, sendo que este valor refere-se a custos evitados com a contratação de mão de obra para se efetuar a polinização manual.

A polinização natural do maracujá-amarelo é realizada por abelhas de grande porte conhecidas como mamangavas, principalmente as pertencentes ao gênero *Xylocopa* que são as polinizadoras mais efetivas nessa cultura (SILVA et al., 2014; YAMAMOTO; BARBOSA; OLIVEIRA, 2010). A eficiência de polinizadores pode ser definida como a relação entre o consumo de recursos florais e o desperdício de pólen para a contribuição do sucesso reprodutivo. A efetividade trata-se, da contribuição total do polinizador em relação ao sucesso reprodutivo. Enquanto a eficácia de um polinizador é a medida do resultado de uma única visita por uma espécie, e muitas vezes é realizada para avaliar a importância de diferentes espécies de visitantes florais como polinizadores (FREITAS, 2013; GROSS, 2005).

Diferentes visitantes florais podem levar a diferenças no sucesso da polinização, e nem todos os polinizadores possuem a mesma eficiência na transferência de grãos de pólen das

anteras até os estigmas (GROSS, 2005; KLEIN et al., 2007). A limitação de polinizadores (KLEIN et al., 2007) e também a limitação polínica podem afetar a produção de frutos (ASHMAN et al., 2004) como no caso da produção do maracujá, requerendo maior trabalho e custos relacionados à contratação de mão de obra para realização deste serviço (VIEIRA PEREIRA et al., 2010). Boas práticas, integradas à conservação de habitats naturais em locais próximos às culturas dependentes de polinizadores podem, auxiliar neste aspecto (SILVA, 2009; YAMAMOTO; BARBOSA; OLIVEIRA, 2010; YAMAMOTO; BARBOSA, 2007).

O comportamento e mesmo a eficiência de espécies polinizadoras silvestres é importante para se promover um manejo adequado destas na cultura, visando uma melhoria nos índices de polinização, assim como a preservação da fauna apícola (D'AVILA; MARCHINI, 2005). Sendo assim, os objetivos desse capítulo foram: comparar a eficácia na formação de frutos e sementes em *P. edulis* f. *flavicarpa* Deg. por meio de visitas individuais e duas visitas de *Xylocopa* (*Neoxylocopa*) *frontalis* (OLIVER, 1789) com a polinização cruzada manual e a polinização natural e avaliar se há limitação polínica nos cultivos.

É esperada formação de frutos através de uma única ou de duas visitas realizadas por *X. frontalis* em consequência da grande quantidade de pólen depositado em seu tórax. Entretanto, espera-se que a polinização cruzada manual garanta maior taxa de formação de frutos e quantidade de sementes que os demais tratamentos, pois dessa forma, a polinização das flores é garantida. Espera-se que a polinização natural garanta uma taxa satisfatória de frutificação semelhante a obtida através da polinização cruzada manual. A comparação entre os tratamentos pode auxiliar no sentido de verificar áreas com possíveis déficits de polinizadores e limitação polínica e o quanto a polinização natural é eficaz em uma determinada área.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O município de Rio Claro é responsável pela produção de cerca de 85 toneladas de maracujá ao ano, possuindo uma área total destinada e colhida abrangendo 5 ha, com um rendimento médio de 17.000 kg/ha, o valor total da produção é em torno de 422 mil reais (IBGE, 2014). A região apresenta uma média anual de temperatura em torno de 21,6°C e os meses de outubro a março são os que apresentam maior precipitação anual (CEPAGRI), de acordo com dados do IBGE, a vegetação da região é caracterizada como de Cerrado e Mata Atlântica.

O estudo foi realizado em duas áreas de cultivo comercial de maracujá-amarelo, situadas no município de Rio Claro, localizado no interior do estado de São Paulo. A plantação instalada no Sítio Oliveira (área 1) possuía uma área de cerca de 0,54 ha (aproximadamente 5.435 m²), o cultivo contava com cerca de 500 pés em sistema de espaldeira vertical, (22° 18' 35.51" S e 47° 32' 12.15" O) (ver Capítulo I). A segunda plantação estava instalada na propriedade do Sr. Trovó (área 2), apresentava cerca de 50 pés de maracujá-amarelo em sistema de espaldeira vertical, com uma área de cerca de 0,01ha (aproximadamente 114,35 m²), a área se localizava próxima ao perímetro urbano (22° 24' 46.64" S e 47° 36' 29.69" O) (Figura 1). O trabalho de campo foi realizado entre os meses de janeiro a abril de 2015 na área 1 e entre novembro de 2015 a fevereiro de 2016 na área 2.

Figura 1. Vista aérea da área 2 do cultivo de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) situado em uma região próxima ao perímetro urbano no município de Rio Claro - SP (22° 24' 46.64" S e 47° 36' 29.69" O). Cultivo de maracujá (delimitado em amarelo).



Fonte: Google Earth Pro.

2.2. Aspectos da biologia floral

Foram observadas 93 flores quanto ao horário de antese floral, por meio de observações focais, sendo estas, flores individuais ou conjuntos contendo até 13 flores. As flores foram consideradas em início de antese, a partir do momento em que uma das sépalas se encontrava aberta em relação as demais e foram consideradas em antese completa quando todos os verticilos florais estavam expostos.

O teste de receptividade estigmática (n=18 flores) foi realizado no período das 13h00, 14h00, 15h00, 16h00, 17h00 e 18h00, utilizando-se três flores para cada um dos horários, com a aplicação de solução de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) a 3% (10 volumes) sob os estigmas da flor. A formação de bolhas no estigma, como resultado da catalase (peroxidase), em contato com o H₂O₂ a 3% indica a receptividade estigmática (ZEISLER, 1938).

2.3. Frutificação e formação de sementes

A análise dos dados, referentes as taxas de frutificação e formação de sementes foram realizadas considerando os dados totais, obtidos a partir dos testes realizados em duas áreas (Área 1 + Área 2) (Tabela 1).

Tabela 1. Testes de eficácia no maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) realizados em duas áreas localizadas no município de Rio Claro – SP. Polinização cruzada manual (PCM), Polinização natural (PN), Polinização única visita de *Xylocopa frontalis* (PUV) e Polinização duas visitas de *X. frontalis* (PDV).

	Área 1		Área 2		Área 1 + Área 2	Área 1 + Área 2
	N° flores	N° frutos	N° flores	N° frutos	Total de flores	Total de frutos
PCM	19	15	18	14	37	29
PN	20	8	32	13	52	21
PUV	13	3	28	2	41	5
PDV	-	-	31	4	31	4

Para verificar a formação de frutos e sementes no maracujá-amarelo foram utilizadas 161 flores no total, submetidas a quatro tratamentos distintos: 1) Polinização cruzada manual (n=37 flores), 2) Polinização natural (n=52 flores), 3) Polinização por única visita de *Xylocopa frontalis* (n=41 flores) e 4) Polinização por duas visitas de *X. frontalis* (n=31 flores). Flores em pré-antese foram ensacadas com tecido voil para os devidos tratamentos, com exceção do tratamento de polinização natural, no qual as flores somente foram marcadas e acompanhadas quanto ao desenvolvimento dos respectivos frutos. A polinização cruzada manual foi realizada utilizando-se pólen de indivíduos diferentes. Para realização dos tratamentos 3 e 4, as flores, previamente ensacadas, foram expostas a uma ou duas visitas de *X. frontalis*, respectivamente. Após a polinização referente aos tratamentos 1, 3 e 4 as flores foram ensacadas novamente. O critério utilizado para a escolha de *X. frontalis* em dois dos tratamentos realizados (3 e 4) foi a observação do comportamento e a frequência deste visitante, sendo este, caracterizado como o polinizador mais frequente no cultivo do maracujá (ver Capítulo I).

Todas as flores foram verificadas entre cinco a dez dias após os diferentes tratamentos serem realizados para avaliação da formação de frutos (taxa de frutificação). A queda das flores foram considerados como resultados desfavoráveis (aborto), enquanto a permanência na planta com o desenvolvimento do ovário foram considerados aspectos positivos em relação à frutificação. Após 30 dias, os frutos, quando presentes, foram colhidos e foi realizada a contagem do número de sementes por fruto. Entretanto, dois dos frutos referentes à polinização por única visita de *X. frontalis* foram colhidos com 20 dias, frutos não encontrados foram desconsiderados das análises de contagem de sementes. A eficácia da polinização foi avaliada por meio da frutificação e formação de sementes (FREITAS, 2013). Foram considerados em todos os tratamentos “hollow fruits” (frutos ocos), sendo estes, frutos aparentemente normais ou de tamanho menor, entretanto apresentam baixa quantidade de sementes (AKAMINE; GIROLAMI, 1959).

A limitação polínica foi avaliada por meio da frutificação comparando-se a polinização cruzada manual e a polinização natural, as culturas de maracujá-amarelo foram consideradas sob limitação polínica quando a polinização cruzada manual for significativamente maior em relação a polinização natural (FREITAS; WOLOWSKI; SIGILIANO, 2010).

Os tratamentos com *X. frontalis* foram realizados a partir das 15h00, período em que se observa uma maior atividade desta espécie (ver Capítulo I) e horário com predominância de flores que apresentam estigmas parcialmente curvos ou com curvatura completa. Este processo de deflexão pode ter duração de cerca de uma a duas horas após a antese, sendo um mecanismo imprescindível para que ocorra a polinização natural de forma eficiente (AKAMINE; GIROLAMI, 1959; BENEVIDES; GAGLIANONE; HOFFMANN, 2009; CAMILLO, 2003; GAGLIANONE et al., 2014; MELO et al., 2014; VIANA, 2006; VIANA; SILVA; ALMEIDA, 2014).

2.4. Análise dos dados

As análises estatísticas foram realizadas no software PAST version 2.17c (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001). As taxas de frutificação referente aos tratamentos de polinização natural e polinização cruzada manual foram analisadas por meio de teste de Qui-quadrado. A normalidade dos dados foi testada por meio do teste de Shapiro-Wilk. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, a eficácia na formação de sementes foi avaliada por meio da análise de variância (ANOVA) utilizando-se o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Teste de frutificação em todos os tratamentos

O Índice de Spears foi utilizado para comparar o número de sementes formadas nos tratamentos em relação ao tratamento de polinização cruzada manual, assumindo que a polinização cruzada manual possui a média mais alta de sementes por fruto em relação aos demais tratamentos (SPEARS, 1983). Este índice permite o cálculo da eficiência da polinização e o resultado apresenta variação entre zero e um, onde zero, indica ausência de contribuição por meio da polinização e um indica que a produção de sementes formadas é igual a de flores que receberam o tratamento de polinização cruzada manual. O índice é calculado aplicando-se a fórmula: $PE_i = (P_i - Z) / (U - Z)$, sendo PE_i = eficiência de polinização de uma espécie i ; P_i = média do número de sementes formadas por flor que receberam uma única visita da espécie i ; Z = média do número de sementes provenientes de flores que não receberam visitas, sendo este valor considerado 0 devido a autoincompatibilidade da espécie (MELO et al., 2014; SILVEIRA et al., 2012; VIANA, 2006); U = média do número de sementes provenientes de flores que receberam polinização manual.

3. RESULTADOS

3.1. Aspectos da biologia floral

Das 93 flores observadas, quanto ao horário de início da antese floral, 22,58% iniciaram a antese entre 12h00 até 12h59, 64,52% entre 13h00 e 13h59, e as demais, cerca de 12,90% tiveram o seu início de antese por volta das 14h00 até às 14h59. A partir das 15h todas as flores encontravam-se em início de antese ou completamente abertas. Os estigmas encontraram-se receptivos desde o início da antese, às 13h00, até às 18h00.

3.2. Frutificação e formação de sementes

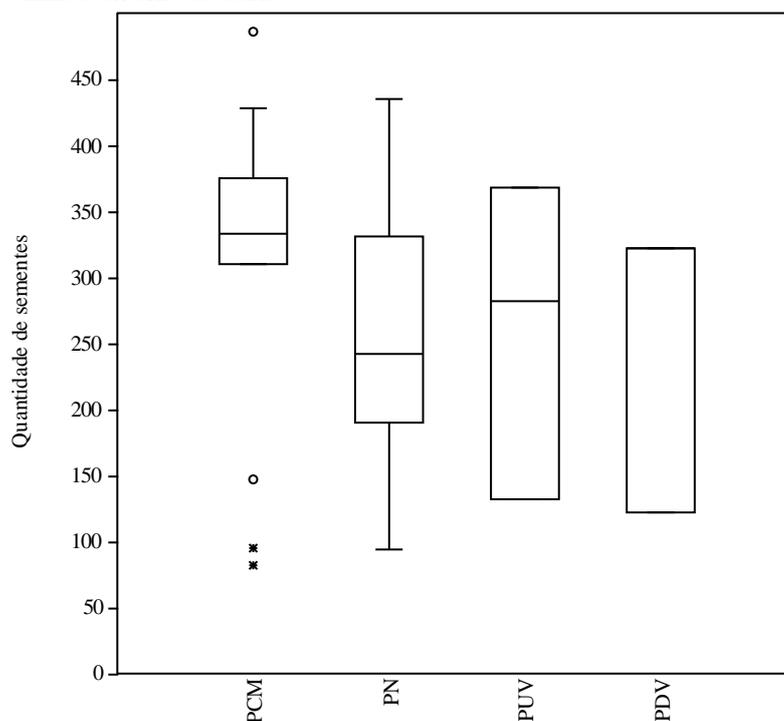
Houve formação de frutos em todos os tratamentos realizados. Flores de polinização cruzada manual obtiverem a maior taxa de frutificação quando comparada aos demais tratamentos (Tabela 2). A taxa de frutificação por meio da polinização cruzada manual foi significativamente maior que a obtida em condições naturais ($X^2 = 12,676$; Grau de liberdade = 1; $p = 0,00037$; $p < 0,05$), indicando que há limitação polínica na polinização natural.

Em relação à quantidade de sementes, a análise de variância (ANOVA) não apresentou diferença significativa entre as médias do número de sementes produzidas nos diferentes tipos de tratamentos de polinização avaliados ($F = 0,583$; graus de liberdade, $p = 0,6315$) (Tabela 2) (Figura 1).

Tabela 2. Taxa de frutificação e média de sementes obtidas por frutos formados (média \pm desvio padrão) realizados no maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) em duas áreas localizadas no município de Rio Claro – SP.

	N° de flores	N° de frutos (%)	Médias de sementes e Desvio padrão (N° de frutos avaliados)
Polinização cruzada manual	37	29 (78,38)	305,54 \pm 123,67 (13)
Polinização natural	52	21 (40,38)	256,17 \pm 97,16 (12)
Polinização única visita <i>X. frontalis</i>	41	5 (12,20)	260,67 \pm 119,44 (3)
Polinização duas visitas <i>X. frontalis</i>	31	4 (12,09)	222,00 \pm 141,42 (2)

Figura 1. Comparação entre as médias de sementes por frutos formados em cada tratamento realizados no maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) em duas áreas localizadas no município de Rio Claro – SP. Polinização cruzada manual (PCM), Polinização natural (PN), Polinização única visita de *Xylocopa frontalis* (PUV) e Polinização duas visitas de *X. frontalis* (PDV). A caixa representa os quartis 25-75%. A mediana representa a linha horizontal dentro da caixa. Valores máximo e mínimo são representados por linhas horizontais curtas, círculos representam valores fora do limite interno da caixa e asteriscos representam “Hollow fruits” pontos mais longe, sendo limites externo da caixa.



Calculando-se o Índice de Spears (PE_i) em relação à polinização cruzada manual, verificamos que o tratamento de polinização por única visita de *X. frontalis* e polinização natural permitem os resultados mais próximos ao esperado quanto ao maior número de sementes obtidas (Tabela 3).

Tabela 3. Índice de Spears realizado a partir da formação de sementes no maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) em duas áreas localizadas no município de Rio Claro – SP. Polinização natural (PN), Polinização única visita de *Xylocopa frontalis* (PUV) e Polinização duas visitas de *X. frontalis* (PDV).

Tratamento	Índice de Spears
PN	0,84
PUV	0,85
PDV	0,73

É possível que os resultados referentes a quantidade de sementes obtidas estejam enviesados, devido ao pequeno tamanho amostral de frutificação, principalmente relacionado aos tratamento de única e duas visitas de *X. frontalis* em que foi realizada a contagem de três e dois frutos, respectivamente.

4. DISCUSSÃO

4.1. Aspectos da biologia floral

A antese floral no maracujá-amarelo ocorre por volta das 12h00 podendo se estender até às 16h30 e o período de maior frequência de abertura floral ocorre até às 14h00 (BENEVIDES; GAGLIANONE; HOFFMANN, 2009). Estudos avaliando a antese floral em oito cultivares diferentes de *P. edulis*, mostraram que até o período das 15h30 todas as flores dos diferentes cultivares encontravam-se abertas (COBRA et al., 2015).

Os estigmas, nas flores do maracujá-amarelo encontraram-se receptivos entre o período das 13h às 18h00 (SIQUEIRA et al., 2009). Testes histoquímicos para verificação da receptividade, apresentaram cerca de 80% das flores receptivas mesmo após 5h de antese, entretanto, os testes de polinização manual indicaram menos 35% de receptividade após o mesmo período de tempo (SOUZA et al., 2004).

O período entre 15h00 às 16h00 é o horário em que se verifica a maior parte das flores com a curvatura máxima dos estigmas, mais de 70% das flores apresentam deflexão completa (BENEVIDES; GAGLIANONE; HOFFMANN, 2009; GLIANONE et al., 2014). A curvatura completa ocorre em cerca de uma a duas horas após a antese floral, sem este mecanismo a polinização natural seria inviável (AKAMINE; GIROLAMI, 1959; CAMILLO, 2003; MELO et al., 2014; SIQUEIRA et al., 2009; VIANA; SILVA; ALMEIDA, 2014).

Em relação à frequência de flores que apresentam ou não curvatura dos estigmas nos cultivos de maracujá, cerca de 62% a 92,5% das flores apresentam estigmas com curvatura completa, 21,22% a 32,2% encontram-se parcialmente curvos e de 1,92% a 5,7% dos

estigmas não apresentam curvatura (COBRA et al., 2015; HOFFMANN et al., 2000; SIQUEIRA et al., 2009).

4.2. Frutificação e formação de sementes

Estudos comparando o efeito da polinização manual em relação a polinização natural em *P. edulis* indicam que na polinização artificial as taxas de frutificação são maiores (AKAMINE; GIROLAMI, 1959; MELO et al., 2014; VIANA; SILVA; ALMEIDA, 2014), nossos resultados seguiram esse mesmo padrão em relação as taxas de frutificação. A polinização cruzada manual pode ser verificada como sendo responsável por uma taxa de produção de frutos três vezes maior quando comparada à polinização natural (KRAUSE et al., 2012; PARÉS; SÁNCHEZ; ARIZALETA, 2014; VIANA, 2006). Entretanto, estudos envolvendo comparação entre polinização natural e manual na Colômbia apresentaram que as maiores taxas de frutificação ocorreram em flores polinizadas naturalmente (88% de frutificação) em relação as polinizadas de forma manual (60% de frutificação). Além disso, esses frutos apresentam maior número de sementes, maior peso e mais polpa. Neste caso, as altas taxas de frutificação na polinização natural foram atribuídas a presença de grandes populações de *Xylocopa* spp. e de outras espécies de Passifloraceae próximas a área de estudo, sendo estes aspectos correlacionados à temperatura, insolação e a umidade relativa do ar ótimas à atividade destas abelhas (ARIAS-SUÁREZ; OCAMPO-PÉREZ; URREA-GÓMEZ, 2014).

Os dados referentes a polinização artificial apresentaram taxas de frutificação que podem variar de 64,7% a 77,67% (MELO et al., 2014; PARÉS; SÁNCHEZ; ARIZALETA, 2014; SIQUEIRA et al., 2009). A polinização artificial além de proporcionar uma maior taxa de frutificação, também promove um maior desenvolvimento no número de sementes formadas (PARÉS; SÁNCHEZ; ARIZALETA, 2014; VIANA; SILVA; ALMEIDA, 2014; YAMAMOTO et al., 2012) com frutos apresentando maior massa, diâmetro, comprimento e porcentagem de polpa (AKAMINE; GIROLAMI, 1959; KRAUSE et al., 2012).

As taxas de frutificação natural podem variar entre 14,3% e atingir valores de cerca de 53,85% (COBRA et al., 2015; FREITAS; OLIVEIRA FILHO, 2003; HOFFMANN et al., 2000; MALERBO-SOUZA; NOGUEIRA-COUTO; SILVA et al., 1999; MELO et al., 2014; PARÉS; SÁNCHEZ; ARIZALETA, 2014; TOLEDO, 2002). Estudos realizados em Viçosa, Minas Gerais, demonstraram que um menor percentual da taxa de frutificação ocorria quando havia menos flores em antese disponíveis por metro linear, levando em consideração também a competição com *A. mellifera* por pólen (SILVA et al., 1999). Quando observado um maior

percentual de flores em antese, registraram-se maiores taxas de frutificação, devido também ao aumento no número de visitas realizadas por *Xylocopa* spp (SILVA et al., 1999).

Taxas de frutificação menores, através da polinização natural, podem indicar que a área apresenta uma limitação de insetos polinizadores (VIANA, 2006). Ou mesmo que haja limitação polínica, sendo este, um fator que deve ser considerado quando se compara frutificação natural em relação à polinização cruzada manual, ocasionada por uma baixa quantidade de pólen ou mesmo deposição de pólen inapropriado no estigma da flor, sendo sua frequência e intensidade maior em espécies autoincompatíveis, como no caso do maracujá-amarelo (ASHMAN et al., 2004; FREITAS; WOLOWSKI; SIGILIANO, 2010).

As baixas taxas de frutificação obtidas no tratamento de única visita por *X. frontalis*, podem estar associadas ao fato de não haver deposição de grãos de pólen em quantidade suficiente para o desenvolvimento destes (MELO et al., 2014). De acordo com Akamine e Girolami (1959), o número mínimo necessário de grãos de pólen depositados no estigma para se garantir a frutificação é em torno de 190 grãos. Melo et al. (2014) verificaram que o início do desenvolvimento de frutos em *P. edulis* ocorre em estigmas contendo a partir de 100 grãos de pólen, entretanto, o crescimento dos frutos é maior conforme há uma maior quantidade de grãos de pólen depositados no estigma. Neste sentido, Parés, Sánchez e Arizaleta (2014) sugerem que uma maior quantidade de pólen depositado no estigma pela polinização cruzada manual tenha efeito sobre uma maior quantidade de óvulos férteis.

Testes com polinização controlada de *Xylocopa* spp. foram realizados por outros autores em diferentes regiões do Brasil e as taxas de frutificação apresentaram variação nestas diferentes regiões. Estudos realizados em São Luís do Curú, Ceará, verificaram frutificação em torno de 68,3% através de única visita de *X. frontalis* (FREITAS; OLIVEIRA FILHO, 2003). Testes de eficiência com visitas controladas de *X. frontalis* em Morretes, Paraná, considerando até duas visitas, identificaram que apenas 7,6% das flores formaram frutos com uma visita, entretanto, com duas visitas a taxa de frutificação foi maior, apresentando cerca de 50% de frutificação (MELO et al., 2014).

Experimentos realizados no município de Paço do Lumiar, Maranhão, mostraram que a polinização controlada com duas visitas de *Xylocopa* spp. apresentou maior massa de fruto, polpa, rendimento de polpa e quantidade de sementes em relação a polinização natural, sendo estas médias menores do que as obtidas através da polinização artificial (MARTINS et al., 2014). Considerando até três visitas de *Xylocopa*, os testes realizados na região do Norte Fluminense do Rio de Janeiro, apresentaram que com uma única visita não houve formação de frutos, com duas foi possível observar o desenvolvimento de um dos frutos que foi posteriormente abortado, já o teste realizado com três visitas obteve 33% de frutificação.

Indicando que mais de três visitas devem ser efetuadas para se garantir que grande parte das flores polinizadas tenha desenvolvimento de seus frutos (GAGLIANONE et al., 2014). Estudo realizado por Silva et al. (1999) na região de Viçosa, Minas Gerais, indicou que flores que tiveram sete visitas, obtiveram cerca de 82% de frutificação.

Após uma única visita realizada por *Xylocopa* spp. há uma média de deposição de grãos de pólen de aproximadamente $1.624,2 \pm 499,7$ (média \pm desvio-padrão) aderidos ao estigma (SIQUEIRA et al., 2009). Contudo, as baixas taxas de frutificação e médias em relação à quantidade de sementes formadas, podem estar associadas às atividades de roubo de pólen realizada por *A. mellifera* no início da antese (BENEVIDES; GAGLIANONE; HOFFMANN, 2009; OLIVEIRA et al. 2014; PINILLA-GALLEGO; NATES-PARRA, 2015; SIQUEIRA et al., 2009; SIQUEIRA; KIILL; ARAÚJO, 2014). A baixa disponibilidade de pólen nas anteras, no período em que os estigmas estariam flexionados, poderia afetar a polinização natural e mesmo a manual (OLIVEIRA et al., 2014).

Outro aspecto que pode influenciar as baixas taxas de frutificação, principalmente em uma e duas visitas de *Xylocopa* podem estar relacionados ao fato de que nem sempre as flores apresentavam curvatura completa dos estigmas, diminuindo a chance de polinização mesmo por mamangavas (AKAMINE; GIROLAMI, 1959; CAMILLO, 2003; MELO et al., 2014; SIQUEIRA et al., 2009; VIANA; SILVA; ALMEIDA, 2014) e nem sempre as mamangavas entravam em contato com as estruturas reprodutivas femininas, ou então o contato ocorria em apenas um ou dois estigmas (ver Capítulo I). A polinização em 1, 2, 3 ou 4 estigmas, promove a formação de frutos, sendo que a polinização em um único estigma é a que apresenta menor sucesso em relação a frutificação enquanto que a polinização de todos os estigmas é a que permite um maior peso, diâmetro, espessura da casca, e uma maior quantidade de sementes formadas (SIQUEIRA et al., 2009).

Taxas de frutificação maiores indicam que uma maior quantidade de visitas contribui com uma maior quantidade de pólen depositado no estigma da flor e conseqüentemente influenciam na formação de frutos (LOWENSTEIN; MINOR, 2015). A deposição de pólen tende a aumentar com o número de visitas de abelhas (CHACOFF; AIZEN; ASCHERO, 2008) e a frutificação, tamanho, número de sementes e rendimento dos frutos variam positivamente com a quantidade de grãos de pólen empregados (AKAMINE; GIROLAMI, 1959). A quantidade de sementes está associada a um maior rendimento de polpa, indicando uma melhor qualidade de frutos formados (VIANA, 2006).

5. CONCLUSÃO

Mesmo não apresentando diferença significativa em relação a quantidade de sementes formadas verificamos que, comparando-se a taxa de frutificação entre a polinização cruzada manual e a natural, há diferença significativa, indicando limitação polínica. E que maiores taxas de frutificação obtidas por meio do tratamento de polinização cruzada manual sugerem que mais de duas visitas são necessárias para promover uma maior taxa de produção nos cultivos do maracujá-amarelo.

6. CONCLUSÃO GERAL

Podemos concluir que a riqueza de espécies visitantes florais, no maracujá-amarelo, pode estar relacionada a presença de remanescentes florestais em áreas próximas ao cultivo. Estes remanescentes florestais podem fornecer locais para nidificação e fontes de alimento alternativo para a manutenção e atração destes visitantes na área do cultivo. O fato de se tratar de um cultivo orgânico, é um outro aspecto relevante a ser considerado para a manutenção da riqueza de visitantes florais observada na plantação de maracujá.

Entre os visitantes florais observados, os principais polinizadores são aqueles que possuem maior tamanho corpóreo, principalmente as abelhas pertencentes ao gênero *Xylocopa*. A identificação dos visitantes florais, assim como a frequência, observação e descrição do comportamento em que se dão suas atividades de forrageio são de extrema importância para identificar, entre os visitantes, espécies que sejam polinizadoras e pilhadoras afim de se promover o manejo adequado das mesmas nas áreas de cultivos.

Mesmo não apresentando diferença significativa em relação ao desenvolvimento de sementes, verificamos que, taxas de frutificação de polinização cruzada manual superiores a polinização natural indicam que há limitação polínica na área do cultivo. Pode-se concluir que mais de duas visitas são necessárias, para promover uma maior taxa de produção nos cultivos do maracujá-amarelo.

7. REFERÊNCIAS

AGRIANUAL: Anuário da agricultura brasileira. São Paulo/SP: FNP Consultoria e Comércio. 2014.

AKAMINE, E. K.; GIROLAMI, G. Pollination and fruit set in the yellow passion fruit. **Hawaii Agric. Exp. Stn.**, n. 39, p. 3–44, 1959.

ALMEIDA, D. DE et al. **Plantas visitadas por abelhas e polinização**. Edição Esp ed. Piracicaba: ESALQ - Divisão de biblioteca e documentação, 2003.

ARIAS-SUÁREZ, J. C.; OCAMPO-PÉREZ, J. A.; URREA-GÓMEZ, R. La polinización natural en el maracujá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener) como un servicio reproductivo y ecosistémico. **Agronomía mesoamericana**, v. 25, n. 1, p. 73–83, 2014.

ASHMAN, T. L. et al. Pollen limitation of plant reproduction: ecological and evolutionary causes and consequences. **Ecology**, v. 85, n. 9, p. 2408–2421, 2004.

BENEVIDES, C. R.; GAGLIANONE, M. C.; HOFFMANN, M. Visitantes florais do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg. Passifloraceae) em áreas de cultivo com diferentes proximidades a fragmentos florestais na região Norte Fluminense, RJ. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 53, n. 3, p. 415–421, 2009.

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

CAMILLO, E. **Polinização do maracujá**. Ribeirão Preto: Holos editora, 2003. 44p.

CEPAGRI - Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_494.html>. Acesso em: 05 de fevereiro de 2016.

CHACOFF, N. P.; AIZEN, M. A.; ASCHERO, V. Proximity to forest edge does not affect crop production despite pollen limitation. **Proceedings of the Royal Society B**, v. 275, n. 1637, p. 907–913, 2008.

COBRA, S. S. DE O. et al. Características florais e polinizadores na qualidade de frutos de cultivares de maracujazeiro-azedo. **Pesq. agropec. bras.**, v. 50, n. 1, p. 54–62, 2015.

COSTANZA, R. et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, p. 253–260, 1997.

D'AVILA, M.; MARCHINI, L. C. Polinização realizada por abelhas em culturas de importância econômica no Brasil. **B. Industr.anim.**, v. 62, n. 1, p. 79–90, 2005.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Biodiversity for Food and Agriculture: Contributing to food security and sustainability in a changing world**. Rome, Italy: 2011.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Principios y avances sobre polinización como servicio ambiental para la agricultura sostenible en países de**

Latinoamérica y el Caribe. 1ª ed ed. Santiago, Chile: 2014.

FREITAS, B. M.; OLIVEIRA FILHO, J. H. DE. Ninhos racionais para mamangava (*Xylocopa frontalis*) na polinização do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis*). **Ciência Rural**, v. 33, n. 6, p. 1135–1139, 2003.

FREITAS, L. Concepts of pollinator performance: Is a simple approach necessary to achieve a standardized terminology? **Brazilian Journal of Botany**, v. 36, n. 1, p. 3–8, 2013.

FREITAS, L.; WOLOWSKI, M.; SIGILIANO, M. I. Ocorrência de limitação polínica em plantas de Mata Atlântica. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 1, p. 251–265, 2010.

GAGLIANONE et al. Polinizadores do maracujá-amarelo no Norte Fluminense e manejo de espécies de *Xylocopa*. In: YAMAMOTO, M.; OLIVEIRA, P. E.; GAGLIANONE, M. C. **Uso sustentável e restauração da diversidade dos polinizadores autóctones na agricultura e nos ecossistemas relacionados: Planos de manejo**. Rio de Janeiro: Funbio, 2014. p. 315–344.

GALLAI, N. et al. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. **Ecological Economics**, v. 68, n. 3, p. 810–821, 2009.

GHAZOUL, J. Buzziness as usual? Questioning the global pollination crisis. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 20, n. 7, p. 367–373, 2005.

GIANNINI, T. C. et al. Safeguarding ecosystem services: A methodological framework to buffer the joint effect of habitat configuration and climate change. **PloS one**, v. 10, n. 6, p. 1–19, 2015.

GOULSON, D. et al. Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. **Science**, v. 347, n. 6229, 2015.

GROSS, C. L. Pollination efficiency and pollinator effectiveness. In: DAFNI, A.; KEVAN, P. G.; HUSBAND, B. C. **Practical pollination biology**. Cambridge, Ontario-Canada: Enviroquest, Ltd. 2005. p. 354–363.

HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. **PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis**. *Palaeontologia Electronica* 4 (1): 9 pp.

HOFFMANN, M. et al. Polinização de *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* (Passiflorales, Passifloraceae) por abelhas (Hymenoptera, Anthophoridae) em Campos dos Goytacazes Rio de Janeiro. **Iheringia**, v. 89, p. 149–152, 2000.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Infográficos: Dados gerais do município. Disponível em:

<<http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?lang=&codmun=354390&search=sao-paulo|rio-claro|infogr%El%fic%-%20dados-gerais-do-munic%EDpio>>. Acesso em: 16 de janeiro de 2016.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal - Lavoura Permanente - 2014. Disponível em:

<<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=354390&idtema=148&search=sao-paulo|rio-claro|producao-agricola-municipal-lavoura-permanente-2014>>. Acesso em: 16 de janeiro de 2016.

- IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; NUNES-SILVA, P. As abelhas , os serviços ecossistêmicos e o Código Florestal Brasileiro Resultados e Discussão. **Biota Neotrop.**, v. 10, n. 4, p. 2–5, 2010.
- INOUE, D. W. The Terminology of Floral Larceny. **Ecology**, v. 61, n. 5, p. 1251–1253, 1980.
- ISH-AM, G. “Directed honeybees”: A preliminary investigation of an innovative solution for passionfruit pollination in Israel. **Israel Journal of Plant Sciences**, v. 57, n. 3, p. 243–251, 2009.
- 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.
- KRAUSE, W. et al. Produtividade e qualidade de frutos de cultivares de maracujazeiro-amarelo com ou sem polinização artificial. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 47, n. 12, p. 1737–1742, 2012.
- LOWENSTEIN, D. M.; MINOR, E. S. Effect of number of *Bombus impatiens* (Hymenoptera: Apidae) visits on eggplant yield. **Journal of economic entomology**. 2015.
- LUNZ, A. M.; SOUZA, L. A. DOS; LEMOS, W. DE P. **Reconhecimento dos principais insetos-Praga do maracujazeiro**. 1 ed. ed. Belém - PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2006.
- MALERBO-SOUZA, D. T.; NOGUEIRA-COUTO, R. H.; TOLEDO, V. DE A. A. DE. Insetos associados às flores de diferentes espécies de maracujá (*Passiflora* spp.). **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 5, p. 1269–1274, 2002.
- MARCHI, P.; MELO, G. A. R. Biologia de nidificação de *Xylocopa* (*Neoxylocopa*) *frontalis* (Olivier) (Hymenoptera, Apidae, Xylocopini) em Morretes, Paraná. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 1, p. 210–231, 2010.
- MARTINS, M. R. et al. Tipos de polinização e pastejo da abelha *Xylocopa* spp. na frutificação e qualidade dos frutos de maracujazeiro. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 1, p. 187–193, 2014.
- MELETTI, L. M. M.; MAIA, M. L. **Maracujá: produção e comercialização**. Boletim técnico 181, Campinas, Instituto Agrônômico, 64p. 1999.
- MELO, G. A. R. et al. Polinização e polinizadores de maracujá no Paraná. In: YAMAMOTO, M.; OLIVEIRA, P. E.; GAGLIANONE, M. C. **Uso sustentável e restauração da diversidade dos polinizadores autóctones na agricultura e nos ecossistemas relacionados: Planos de manejo**. Rio de Janeiro: Funbio, 2014. p. 207-253.
- MICHENER, C. D. **The Bees of the World**. 2nd ed. ed. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 2007.
- OLIVEIRA, P. E. et al. Polinização e produção de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) no Triângulo Mineiro e possibilidades de manejo sustentável de *Xylocopa* spp. (Apidae, Xylocopini). In: YAMAMOTO, M.; OLIVEIRA, P. E.; GAGLIANONE, M. C. **Uso sustentável e restauração da diversidade dos polinizadores autóctones na agricultura e**

nos ecossistemas relacionados: Planos de manejo. Rio de Janeiro: Funbio, 2014. p. 281-313.

PARÉS, J.; SÁNCHEZ, J.; ARIZALETA, M. Efecto de la polinización artificial sobre la fructificación y la calidad de fruto del maracuyá amarillo (*Passiflora edulis* f. *favicarpa* Deg.). **Bioagro**, v. 26, n. 3, p. 165–170, 2014.

PINILLA-GALLEGO, M. S.; NATES-PARRA, G. Diversidad de visitantes y aproximación al uso de nidos trampa para *Xylocopa* (Hymenoptera: Apidae) en una zona productora de pasifloras en Colombia. **Actualidades Biológicas**, v. 37, n. 103, p. 143–153, 2015.

POTTS, S.G. Recording pollinator behavior on flowers. In: DAFNI, A.; KEVAN, P. G.; HUSBAND, B. C. **Practical pollination biology**. Cambridge, Ontario-Canada: Enviroquest, Ltd. 2005. p. 330-339.

POTTS, S. G. et al. Global pollinator declines: Trends, impacts and drivers. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 25, n. 6, p. 345–353, 2010.

RICKETTS, T. H. et al. Landscape effects on crop pollination services: Are there general patterns? **Ecology Letters**, v. 11, n. 5, p. 499–515, 2008.

SANTOS, A. B. DOS; NASCIMENTO, F. S. DO. 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.

SAZIMA, I.; SAZIMA, M. Mamangavas e irapuás (Hymenoptera, Apoidea): visitas, interações e consequências para polinização do maracujá (Passifloraceae). **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v.33, n.1, p.109-118, 1989.

SCHIFINO-WITTMANN, M. T.; DALL'AGNOL, M. Auto-incompatibilidade em plantas. **Ciência Rural**, v. 32, n. 6, p. 1083–1090, 2002.

SILVA, C. I. **Distribuição espaço-temporal de recursos florais utilizados por espécies de *Xylocopa* (Hymenoptera, Apidae) e interação com plantas do cerrado sentido restrito no Triângulo Mineiro.** 2009. 283 f. Tese (doutorado) Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia - MG, 2009.

SILVA, C. I. DA et al. **Manejo dos polinizadores e polinização de flores do maracujazeiro.** 1º ed ed. Fortaleza - CE: Editora Fundação Brasil Cidadão, 2014.

SILVA, M. M. DA et al. Número floral, clima, densidad poblacional de *Xylocopa* spp. (Hymenoptera: Anthophoridae) y polinización del maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). **Rev. Biol. Trop.**, v. 47, n. 4, p. 711–718, 1999.

SILVEIRA, M. V. et al. Is manual pollination of yellow passion fruit completely dispensable? **Scientia Horticulturae**, v. 146, n. July 2015, p. 99–103, 2012.

SIQUEIRA, K. M. M. DE et al. Estudo comparativo da polinização de *Mangifera indica* L. em cultivo convencional e orgânico na região do Vale do Submédio do São Francisco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 2, p. 303–310, 2008.

SIQUEIRA, K. M. M. DE et al. Ecologia da polinização do maracujá-amarelo, na região do Vale do Submédio São Francisco. **Rev. Bras. Frutic.**, v. 31, n. 1, p. 1–12, 2009.

SIQUEIRA, M. M. de; KIILL, L. H. P.; ARAÚJO, F. P. de. Proposta de manejo de polinizadores em espécies de Passifloraceae no Vale do Submédio do São Francisco. In: YAMAMOTO, M.; OLIVEIRA, P. E.; GAGLIANONE, M. C. **Uso sustentável e restauração da diversidade dos polinizadores autóctones na agricultura e nos ecossistemas relacionados: Planos de manejo**. Rio de Janeiro: Funbio, 2014. p. 345-367.

SOUZA, M. M. et al. Flower receptivity and fruit characteristics associated to time of pollination in the yellow passion fruit *Passiflora edulis Sims f. flavicarpa* Degener (Passifloraceae). **Scientia Horticulturae**, v. 101, n. 4, p. 373–385, 2004.

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

VIANA, B. F. **O maracujá-amarelo e seus polinizadores na região do vale médio São Francisco: Manual do produtor**. Salvador: PROBIO, 2006.

VIANA, B. F.; SILVA, F. O. da; ALMEIDA, A. M. Polinização do maracujá amarelo no semiárido da Bahia. In: YAMAMOTO, M.; OLIVEIRA, P. E.; GAGLIANONE, M. C. **Uso sustentável e restauração da diversidade dos polinizadores autóctones na agricultura e nos ecossistemas relacionados: Planos de manejo**. Rio de Janeiro: Funbio, 2014. p. 255-280.

VIEIRA PEREIRA, P. F. DA S. et al. Valor econômico da polinização por abelhas mamangavas no cultivo do maracujá-amarelo. **Revista de la Red Iberoamericana de Economía Ecológica**, v. 15, p. 43–53, 2010.

WITTER, S. et al. **As abelhas e a agricultura**. Porto Alegre: EdiPUCRS, 2014.

YAMAMOTO, M. et al. The role of bee diversity in pollination and fruit set of yellow passion fruit (*Passiflora edulis* forma *flavicarpa*, Passifloraceae) crop in Central Brazil. **Apidologie**, v. 43, p. 515–526, 2012.

YAMAMOTO, M.; BARBOSA, A. A. A. Polinizadores do maracujá amarelo no Triângulo Mineiro. **Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil**. Caxambu - MG: 2007.

YAMAMOTO, M.; BARBOSA, A. A. A.; OLIVEIRA, P. E. A. M. DE. 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.

ZEISLER, M. Über die Abgrenzung der eigentlichen Narbenfläche mit Hilfe von Reaktionen. **Beihefte zum Botanischen Zentralblatt A** 58: 308-318, 1938.