UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FFCLRP - DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENTOMOLOGIA

A polinização de mirtilo (*Vaccinium corymbosum* L. var. Southern Highbush), uma cultura de
clima temperado introduzida em ambiente tropical

Diogo Feliciano Dias Araujo

Tese apresentada à Faculdade de Filosofia,
Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São
Paulo, como parte das exigências para a obtenção do título
de Doutor em Ciências, Área: ENTOMOLOGIA.

RIBEIRÃO PRETO -SP

2018

DIOGO FELICIANO DIAS ARAUJO

A polinização de mirtilo (*Vaccinium corymbosum* L. var. Southern Highbush), uma cultura de clima temperado introduzida em ambiente tropical

Versão Corrigida

(O original se encontra disponível na Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto – Programa de Pós-graduação em Entomologia)

Tese apresentada à Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Ciências, Área: ENTOMOLOGIA.

Orientadora: Prof. Dra. Vera Lúcia Imperatriz-Fonseca

RIBEIRÃO PRETO -SP

2018

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Araujo, Diogo Feliciano Dias

A polinização de mirtilo (*Vaccinium corymbosum* L. var. Southern Highbush), uma cultura de clima temperado introduzida em ambiente tropical. Ribeirão Preto, 2018.

99 p. : il. ; 30 cm

Tese de Doutorado, apresentada à Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto/USP. Área de concentração: Entomologia.

Orientador: Imperatriz-Fonseca, Vera Lúcia.

1. Polinização. 2. Mirtilo. 3. Abelhas nativas. 4. Ambiente tropical. 5. Inseto-planta.

Nome: ARAUJO, Diogo Feliciano Dias

Título: A polinização de mirtilo (*Vaccinium corymbosum* L. var. Southern Highbush), uma cultura de clima temperado introduzida em ambiente tropical

Tese apresentada à Faculdade de Filosofia,
Ciências e Letras de Ribeirão Preto da
Universidade de São Paulo para obtenção do título
de Doutor em Ciências, Área: ENTOMOLOGIA.

Aprovado em: 30 de Agosto de 2018.

Banca Examinadora

Prof. Dra.: Vera Lúcia Imperatriz-Fonseca Instituição: Instituto de Biociência da
Universidade de São Paulo. Julgamento: Aprovado.

Dr.: Cristiano Menezes Instituição: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Amazônia
Oriental. Julgamento: Aprovado

Dra.: Sidia Witter Instituição: Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária da
Secretaria da Agricultura, Pecuária e Irrigação/RS. Julgamento: Aprovado

Prof. Dr.: Carlos Alberto Garófalo Instituição: Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de
Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. Julgamento: Aprovado

Prof. Dr. Fabio Santos do Nascimento Instituição: Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras
de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. Julgamento: Aprovado

AGRADECIMENTOS

Ao Engenheiro Agrônomo e produtor de mirtilo Luis Milner por ter cedido a sua área de produção para o desenvolvimento deste trabalho.

A Professora Vera Lúcia Imperatriz-Fonseca pela disposição em ser orientadora deste trabalho.

Ao Cristiano Menezes pesquisador da Embrapa Meio Ambiente pelas contribuições e empréstimo das colônias de abelhas sem ferrão utilizadas durante o trabalho.

Ao programa de pós-graduação em Entomologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela bolsa de estudo concedida durante um período do doutorado.

RESUMO

ARAÚJO, D. F. D. **A polinização de mirtilo (*Vaccinium corymbosum* L. var. Southern Highbush), uma cultura de clima temperado introduzida em ambiente tropical.** 2018. 99 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2018.

Diversos aspectos vêm sendo estudados com relação à introdução de novas variedades de mirtilo no Brasil. A polinização de culturas tipicamente de clima temperado em clima tropical representa um enorme desafio para adaptação dessa cultura no país. Estudos relacionados à biologia básica da reprodução e ecologia da polinização envolvendo abelhas nas variedades do tipo Southern Highbush, ainda são inexistentes no Brasil e serão importantes para disseminação do cultivo. Levando-se em consideração que um dos aspectos determinantes dos efeitos de plantas exóticas nas comunidades nativas é a forma como interagem com a fauna, esse trabalho buscou identificar algumas variáveis relacionadas à polinização envolvidas no processo de produção comercial da cultura do mirtilo. Os objetivos do trabalho foram: compreender aspectos básicos relacionados ao sistema de polinização em quatro variedades do tipo Southern Highbush; identificar os requerimentos básicos de polinização; observar as abelhas presentes na área de produção e observar o comportamento de visita floral e a sobrevivência de abelhas sem ferrão de cinco espécies diferentes (*Melipona quadrifasciata*, *Frieseomelitta varia*, *Scaptotrigona depilis*, *Tetragonisca angustula* e *Plebeia droryana*) introduzidas em área de produção comercial de mirtilo. Observações diretas no campo foram realizadas para variáveis como formação de frutos expostos ou não a polinizadores, tamanho de flores, danos às flores por abelhas do gênero *Trigona*, entre outros. O florescimento das quatro variedades na área de produção apresentou um comportamento muito semelhante com pequenas variações ao longo do período de observação. Iniciou por volta da última semana de fevereiro com menos de 1% das plantas floridas, e uma predominância da variedade 'Emerald' no início do florescimento. O pico de florescimento ocorreu nos meses de março a julho, com final de florescimento bastante determinado em setembro. O período de antese das flores foi observado para todas as quatro variedades, das 07:00h até às 09:00h da manhã. Após esse período a flor permanecia aberta até sua senescência, cerca de seis a sete dias depois. Os estigmas das quatro variedades permaneceram receptivos desde a abertura da flor até o sexto dia após a antese. A viabilidade polínica foi verificada desde antese da flor até o momento de senescência da mesma. Um percentual de 89% dos grãos pólen contabilizados, nas quatro variedades avaliadas, apresentou-se viável até o quarto dia de vida da flor. Abelhas da espécie *Frieseomelitta varia*, *Tetragonisca angustula* e *Plebeia droryana* estiveram presentes em todas as observações. Já abelhas do gênero *Melipona quadrifasciata* e *Scaptotrigona depilis* não foram observadas visitando as flores de mirtilo. Os resultados mostram que mesmo em um ambiente com uma intensidade grande de manejo fitossanitário as abelhas suportaram razoavelmente bem, com apenas uma ocorrência de mortalidade de colônias. Os danos provocados por abelhas do gênero *Trigona* não foram severos e após a introdução de abelhas manejáveis, abelhas do gênero *Trigona* não foram mais observadas na área de produção. Concluímos que a cultura do mirtilo é amplamente beneficiada pela polinização cruzada e o manejo de determinados polinizadores nativos, além da abelha exótica *Apis mellifera*, contribui com o aumento da produtividade da cultura.

Palavras-chave: polinização, mirtilo, abelhas nativas, ambiente tropical e inseto-planta.

ABSTRACT

ARAÚJO, D. F. D. **Pollination of blueberry (*Vaccinium corymbosum* L. var. Southern Highbush), a temperate climate culture introduced in a tropical environment.** 2018. 99 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2018.

Several aspects have been studied in relation to the introduction of new blueberry varieties in Brazil. Pollination of crops typically temperate in tropical climate presents a huge challenge to adapt this crop in the country. Studies related to basic breeding biology and pollination ecology involving bees in Southern Highbush varieties are still non-existent in Brazil and will be important for dissemination of the crop. Taking into account that one of the determinant aspects of the effects of exotic plants in native communities is the way they interact with the fauna, this work sought to identify some variables related to the pollination involved in the commercial production process of the blueberry crop. The objectives of this work were: to understand basic aspects related to the pollination system in four Southern Highbush varieties; identify the basic pollination requirements; (*Melipona quadrifasciata*, *Frieseomelitta varia*, *Scaptotrigona depilis*, *Tetragonisca angustula* and *Plebeia droryana*) introduced into the commercial production area of blueberry. Direct observations in the field were performed for variables such as the formation of fruit exposed or not to pollinators, size of flowers, damage to flowers by bees of the genus *Trigona*, among others. The flowering of the four varieties in the production area showed a very similar behavior with small variations throughout the period of observation. It began around the last week of February with less than 1% of flowering plants, and a predominance of the 'Emerald' variety at the beginning of flowering. The flowering peak occurred in the months of March to July, with a flowering end determined in September. The anthesis period of the flowers was observed for all four varieties, from 7:00 a.m. to 9:00 a.m. in the morning. After this period the flower remained open until its senescence, about six to seven days later. The stigmas of the four varieties remained receptive from the opening of the flower to the sixth day after the anthesis. The pollen viability was verified from before the flower until the moment of its senescence. A percentage of 89% of the pollen grains counted, in the four varieties evaluated, was viable until the fourth day of life of the flower. Bees of the species *Frieseomelitta varia*, *Tetragonisca angustula* and *Plebeia droryana* were present in all observations. Bees of the genus *Melipona quadrifasciata* and *Scaptotrigona depilis* were not observed visiting the blueberry flowers. The results show that even in an environment with a great intensity of phytosanitary management the bees supported reasonably well, with only one occurrence of colony mortality. The damage caused by bees of the genus *Trigona* was not severe and after the introduction of manageable bees, bees of the genus *Trigona* were no longer observed in the production area. We conclude that blueberry cultivation is widely benefited by cross - pollination and the management of certain native pollinators, in addition to the exotic bee *Apis mellifera*, contributes to the increase of crop productivity.

Key-words: pollination, blueberry, native bees, tropical environment and insect-plant.

SUMÁRIO

1. Introdução	11
2 Objetivos.....	17
2.1 Objetivo geral	17
2.2 Objetivos específicos	17
3 Material e métodos	19
3.1 Área de estudo	19
3.2 Biologia floral	22
3.2.1 Dimensões florais	22
3.2.2 Período de floração	23
3.2.3 Longevidade das flores	24
3.2.4 Receptividade do estigma	24
3.2.5 Viabilidade polínica	25
3.3 Observação de visitantes florais naturais	25
3.4 Requerimentos de polinização do mirtilo	26
3.5 Desempenho de meliponíneos na área de produção de mirtilo	27
3.6 Adaptação e sobrevivência dos meliponíneos na área de cultivo de mirtilo	32
3.7 Análise dos danos provocados nas flores de mirtilo devido ao comportamento de forrageamento de <i>Trigona hyalinata</i> (Lepeletier)	33
3.8 Análise dos dados	34
4 Resultados	36
4.1 Biologia floral	36
4.1.1 Dimensões florais	36
4.1.2 Período de florescimento, longevidade, receptividade estigmática e viabilidade polínica	38
4.2 Observações iniciais de visitantes florais naturais	41
4.3 Requerimentos de polinização do mirtilo	44
4.4 Desempenho de meliponíneos na área de produção de mirtilo	48
4.5 Adaptação e sobrevivência dos meliponíneos na área de cultivo de mirtilo	49
4.6 Análise dos danos provocados nas flores de mirtilo devido ao comportamento de forrageamento de <i>Trigona hyalinata</i> (Lepeletier)	54
5 Discussão	62
5.1 Biologia floral	62

5.1.1 Dimensões florais	62
5.1.2 Período de florescimento, longevidade, receptividade estigmática e viabilidade polínica	64
5.2 Observações iniciais de visitantes florais naturais	67
5.3 Requerimentos de polinização do mirtilo	68
5.4 Desempenho de meliponíneos na área de produção de mirtilo	70
5.5 Adaptação e sobrevivência dos meliponíneos na área de cultivo de mirtilo	76
5.6 Análise dos danos provocados nas flores de mirtilo devido ao comportamento de forrageamento de <i>Trigona hyalinata</i> (Lepeletier)	81
6. Considerações finais	84
7. Referências bibliográficas.....	86

INTRODUÇÃO

1. Introdução

O mirtilo (*Vaccinium corymbosum* L.) é uma pequena baga de cor azul-escura, recoberto de cera, globoso, no interior abriga sementes pequenas e cresce em um arbusto baixo (1 a 2 metros de altura) (Figura 1). Originário dos bosques da América do Norte e Norte da Europa, o mirtilo é consumido pelo homem desde a pré-história (CANTUARIAS-AVILES et al., 2014). Os vestígios mais antigos foram encontrados em escavações da Idade do Bronze, na Dinamarca, em pedaços de um pote de barro que continham vestígios desidratados de uma bebida ou de uma compota, que analisada revelou ser composta por mirtilo, farinha de trigo e mel (TREHANE, 2004), quando foram consideradas como uvas do monte. A abundância de espécies, a sua ampla área de distribuição e a importância que tinham na alimentação dos povos nativos da América do Norte, tornaram o mirtilo bastante popular, primeiro nos Estados Unidos da América, Canadá e Europa, e atualmente no mundo (FONSECA; OLIVEIRA, 2007).

Figura 1. Fruto de mirtilo cortado ao meio. Detalhe da polpa e da casca do fruto. (Foto: Cristiano Menezes)

O gênero *Vaccinium* inclui 450 espécies de mirtileiros, no entanto, existem apenas poucas espécies que são importantes comercialmente, como *V. corymbosum* (tipo highbush, ou arbusto americano), *V. ashei* (tipo rabbiteye, ou olho de coelho), híbridos como o tipo Southern Highbush, cultivado no Sul dos EUA e outras espécies (GOUGH, 1991; CANTUARIAS-AVILES, 2010).

Atualmente o cultivo comercial de mirtilo é realizado em todos os continentes, todavia, as regiões que apresentam maiores áreas de produção comercial, estão localizadas nos países da América do Norte (Estados Unidos da América e Canadá), na Europa (Polônia e Alemanha) e em países do hemisfério Sul (Chile, Argentina, Austrália e Uruguai). Em todas as regiões do

mundo a produção de mirtilo tem aumentado consideravelmente. Entre os anos de 1998-2011, a produção mundial passou de 143.704 para 467.048 toneladas (BRAZELTON, 2013; FAO, 2013). Apesar de não existirem estatísticas oficiais atualizadas, estima-se que a área plantada com mirtilo no Brasil seja de 400 hectares aproximadamente (CANTUARIAS-AVILES et al., 2014). Porém, o país apresenta grandes aptidões para produção da fruta, especialmente com a recente introdução de variedades de baixa exigência ao frio, o que possibilita o cultivo outras regiões do país além da região Sul (CANTUARIAS-AVILES et al., 2014).

Na América do Norte e no Norte da Europa existe uma forte tradição cultural de consumo de mirtilo na população, seja *in natura* ou processado na forma de geleias, sucos, sorvetes, iogurtes, etc. O mirtilo é bastante apreciado pelas suas propriedades nutracêuticas, associadas aos altos teores de antocianinas e polifenóis, que são antioxidantes naturais de comprovada ação na prevenção de doenças como o câncer, problemas cardiovasculares, comprometimento cognitivo, disfunções da imunidade, catarata e degeneração macular (SEVERO et al, 2008; USHBC, 2009; VIZOTTO et al, 2013). A tradição de consumo é tão expressiva nos países de maior produção (EUA, Canadá e Europa) que tornam esses países principais importadores da fruta de regiões produtoras do hemisfério Sul, durante os meses de entressafra (setembro a abril) (CANTUARIAS-AVILES et al., 2014).

As espécies de mirtilo são divididas em alguns grupos, de acordo com o genótipo, requerimento de frio, hábito de crescimento e tipo de fruto. Highbush (*Vaccinium corymbosum* L.) são variedades tetraplóides, auto-férteis e de excelente qualidade dos frutos, a melhor entre os demais grupos, em termos de tamanho e sabor. Nos pomares brasileiros são bem difundidas, principalmente na região Sul do país, desde a introdução de cultivares com menos requerimentos de frio como a ‘O’neal’ e ‘Misty’ (RASEIRA; ANTUNES, 2004). Rabbiteye (*Vaccinium ashei* R.) são espécies hexaplóides com frutos de menor tamanho e menor qualidade que os Highbush. Todavia, apresentam elevada produtividade e os frutos são mais resistentes ao manuseio e ao transporte. É o grupo mais cultivado no Brasil devido à tolerância ao calor e à seca e aos baixos requerimentos de frio, a taxa de auto-fertilidade é satisfatória, porém são encontrados apenas na região Sul do país (RASEIRA; ANTUNES, 2004). Lowbush (*Vaccinium angustifolium*) são espécies diplóides, auto-férteis, com hábito de crescimento rasteiro e produzem frutos pequenos. Não são encontrados no Brasil, pois têm elevados requerimentos de frio (RASEIRA; ANTUNES, 2004).

Durante a década de 90, a Universidade da Flórida desenvolveu cultivares com requerimento de frio muito baixo até médio, incluindo-as num novo grupo denominado Southern Highbush (híbridos interespecíficos de *V. ashei*, *V. corymbosum* e *V. darrowi*). Essas cultivares tem maturação precoce, são mais vigorosas, mais produtivas, têm melhor qualidade de frutos em termos de firmeza, coloração, tamanhos e sabor, dentre outras características. As cultivares mais conhecidas são: ‘Star’, ‘Jewel’, ‘Emerald’, ‘Southern Bell’, ‘Millenia’, ‘Primadonna’, ‘Snowchaser’, ‘Spring Wide’, ‘Spring High’ e ‘Sweet Crisp’ (FLORIDA BLUEBERRY GROWERS, 2009).

A maior parte dos mirtilheiros plantados no Brasil ainda corresponde a variedades do tipo Rabbiteye ou olho-de-coelho, que são variedades antigas e de mediana exigência de frio hibernal, distribuídas principalmente na região Sul do país. No entanto, estas variedades não conseguem produzir adequadamente em regiões com menos de 200 horas de frio anual. Nos últimos 10 anos, em algumas localidades livres da ocorrência de geadas no Sul do Brasil, tem-se iniciado o plantio de variedades mais antigas como ‘Misty’ e ‘O’Neal’, introduzidas na década de 2000 a partir de mudas micropropagadas, importadas do Uruguai (CANTUARIAS-AVILES et al., 2014). Essas variedades apresentam menor exigência em frio hibernal, sendo destinadas à produção precoce da fruta, nos meses de outubro e novembro, visando a atingir melhores preços nos mercados externos. No entanto, essas variedades precisam de, pelo menos, 100 horas de frio hibernal para produzir e não têm boa adaptação em regiões de clima quente (CANTUARIAS-AVILES et al., 2014). Em 2010, variedades do tipo Southern Highbush (‘Emerald’, ‘Jewel’, ‘Primadonna’ e ‘Snowchaser’) desenvolvidas pela Universidade da Flórida nos anos de 1999 a 2005, foram introduzidas no Brasil através da empresa chilena-norte americana Viveiros Sunnyridge, apresentando como principal característica a baixa exigência ao frio. Os primeiros plantios destas quatro variedades no Brasil começaram em maio de 2011, em localidades do Estado de São Paulo, e também no polo frutícola de Petrolina-Juazeiro. Nessas regiões, as plantas têm apresentado crescimento vigoroso e um florescimento uniforme durante o ano. No Estado de São Paulo, vem sendo observada a florada entre nos meses de maio a novembro, ocorrendo variações de acordo com as condições climáticas. As maiores concentrações de flores ocorrem entre meses de junho e agosto (CANTUARIAS-AVILES et al., 2014).

Diversos aspectos vêm sendo estudados com relação a algumas dessas novas variedades introduzidas no país, como desenvolvimento vegetativo, caracterização de fases fenológicas (JIMENEZ, 2009), produção de frutos e qualidade de frutos (CANTUARIAS-AVILES et al.,

2014). Estudos relacionados à biologia básica da reprodução e ecologia da polinização envolvendo abelhas nas variedades do tipo Southern Highbush ('Emerald', 'Jewel', 'Primadonna' e 'Snowchaser') ainda são inexistentes no Brasil. Para variedades do tipo Rabbiteye (Climax, Premier e Tifblue), no Estados Unidos, por exemplo, sem polinização cruzada promovida pelas abelhas, 96% das flores de mirtilo não resultam em frutos (SAMPSON; CANE, 2000). Outros trabalhos relacionados à polinização de mirtilos enfatizam a importância desse processo na frutificação de diversos grupos, esses trabalhos verificaram que a autopolinização ocorre, porém insatisfatória para produção comercial, devido à baixa taxa de frutificação, e os frutos que são formados apresentam o tamanho reduzido, comparado com a polinização cruzada (McGREGOR, 1976). Variedade Misty e O'Neal, cultivadas no Sul do Brasil também apresentam uma necessidade de polinização cruzada para uma produção satisfatória de frutos (SEZERINO, 2007). Para inúmeras variedades de mirtilo, no período de deiscência das anteras, o pólen geralmente cai, saindo da flor sem promover a polinização, fato esse que demonstra uma dependência das flores de mirtilo pela polinização entomófila (McGREGOR, 1976; WITTER et al., 2014). Segundo Free, 1993 e Sezerino, 2007, o vento exerce pouca influência sobre a polinização do mirtilo. Javorek et al., 2002, discutem em seu trabalho a importância de reconhecer os polinizadores do mirtilo para relacionar com a produção de frutos, mostrando que abelhas nativas podem ser mais eficientes no processo de transporte de pólen.

Assim, o primeiro passo para estudos de ecologia da polinização é o conhecimento da estrutura floral (DAFNI; KEVAN; HUSBAND, 2005). Angiospermas de maneira geral apresentam variações das estruturas florais em relação a tamanho, cor, forma, entre outras variáveis, que estão diretamente relacionadas com o processo de reprodução das mesmas. Entender as características gerais das flores solidifica a compreensão de processos e relações com visitantes florais e polinizadores em ambiente de produção agrícola. Outro aspecto, dentro do complexo da polinização de diversas plantas, cultivadas ou não, é compreender o comportamento relacionado à coleta de recurso floral pelos visitantes. Alguns estudos comprovam isto para algumas plantas, como no caso de abelhas do gênero *Trigona*, que interferem no processo produtivo de algumas culturas agrícolas, como é o caso do maracujazeiro-doce (*Passiflora alata* sp.) (SILVA et al., 2014) e a castanheira-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) na Amazônia Oriental (PRANCE; MORI, 1979; MAUÉS, 2002). Essas abelhas possuem um comportamento bastante ativo durante a coleta de recurso, e mesmo que sua estrutura corporal não permita o acesso direto ao local do recurso nectarífero na flor, as

abelhas buscam romper estruturas florais para ter acesso aos nectários. Para o maracujazeiro-amarelo esse comportamento pode ser considerado positivo, que mesmo ocorrendo perfurações nas flores provocadas por essas abelhas, as perfurações não atingem estruturas vasculares que poderiam provocar a queda das flores. Porém, no maracujazeiro-doce, como relatado acima, essa atividade de coleta de recurso por parte das abelhas é considerada negativa, porque abelhas do gênero *Trigona* perfuram estruturas vasculares e promovem a queda das flores (SILVA et al., 2014) afetando diretamente o fator produtivo da cultura explorada comercialmente.

Levando-se em consideração que um dos aspectos determinantes dos efeitos de plantas exóticas nas comunidades nativas é a forma como interagem com a fauna, esse trabalho buscou identificar algumas variáveis relacionadas à polinização envolvidas no processo de produção comercial da cultura do mirtilo. Assim, o presente trabalho foi norteado pelas seguintes perguntas: quais são os requerimentos básicos da polinização para as quatro variedades ('Emerald', 'Jewel', 'Primadonna' e 'Snowchaser') de mirtilo do tipo Southern Highbush cultivadas no município de Piracicaba/SP ? Como é caracterizado o comportamento de visita floral e a sobrevivência de abelhas sem ferrão de cinco gêneros diferentes (*Melipona quadrifasciata*, *Frieseomelitta varia*, *Scaptotrigona depilis*, *Tetragonisca angustula* e *Plebeia droryana*), introduzidas em área de produção comercial de mirtilo do tipo Southern Highbush ? As abelhas do gênero *Trigona*, se presentes na área de produção de mirtilo do tipo Southern Highbush, são classificadas como polinizadores, visitantes florais ocasionais ou pilhadores para a cultura do mirtilo ?

OBJETIVOS

2 Objetivos

2.1 Objetivo geral

Compreender aspectos básicos relacionados ao sistema de polinização em quatro variedades de baixa exigência ao frio de mirtilo do tipo Southern Highbush.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar os requerimentos de polinização de quatro variedades de baixa exigência ao frio de mirtilo do tipo Southern Highbush.
- Identificar espécies de abelhas presentes na área de produção antes da introdução dos visitantes manejados.
- Analisar o comportamento de visita floral de espécies de meliponíneos nas flores das variedades estudadas; e a sobrevivência de abelhas sem ferrão de cinco espécies diferentes (*Melipona quadrifasciata*, *Frieseomelitta varia*, *Scaptotrigona depilis*, *Tetragonisca angustula* e *Plebeia droryana*) introduzidas em área de produção comercial de mirtilo do tipo Southern Highbush.
- Avaliar a sobrevivência de colônias de abelhas sem ferrão introduzidas na área de produção.
- Avaliar o comportamento de *Trigona hyalinata* durante a visita em flores de mirtilo.

MATERIAL E MÉTODOS

3 Material e métodos

3.1 Área de estudo

O trabalho foi desenvolvido em uma área de produção comercial de mirtilo, localizada na zona rural do município de Piracicaba – São Paulo (coordenadas geográficas: 22°46'03.4"S 47°32'41.0"W) (Figura 2). A área de produção possui sete anos de implantação, apresenta cerca de 5.000 plantas cultivadas em vasos de 12 litros com sistema de irrigação por gotejamento (Figura 3). A nutrição das plantas é feita por fertirrigação (formulação da nutrição das plantas era elaborada de acordo com a necessidade nutricional apresenta nas análises de nutriente em folhas realizadas pelo produtor), sem aplicação de fertilizante na superfície do solo e água na parte aérea das plantas. A área de produção, inicialmente, foi dividida em duas: campo aberto e ambiente protegido (Figura 3). O ambiente protegido apresenta uma área de 2.675 m² e cinco metros de altura, com lanternin central, cobertura de filme plástico e telas com malha de 1 cm² (Figura 3). Ambas as áreas apresentam aproximadamente 2.500 plantas. Após o primeiro ano de trabalho as telas laterais foram removidas devido ao desgaste natural. A vegetação no entorno da área de produção consta de vegetação natural, principalmente área de preservação permanente (APP) da propriedade onde o estudo foi realizado e de área das propriedades vizinhas, cultivos de cana-de-açúcar e habitações.

Figura 2. Imagem de satélite do Google apresentando a área de estudo indicada pelo triângulo amarelo – cultivo de campos aberto e cultivo protegido - coordenadas geográficas: $22^{\circ}46'03.4''\text{S}$ $47^{\circ}32'41.0''\text{W}$.

Figura 3. (A) Área de cultivo protegido. (B) Detalhe da tela lateral ($\sim 1 \text{ cm}^2$). (C) Planta de mirtilo tipo Southern Highbush em vaso de 12 litros com o sistema de fertirrigação. (D) Área de cultivo em campo aberto. (E) Área de campo aberto e cultivo protegido (detalhe para a vegetação da APP próximo a área de produção e da tela lateral do ambiente protegido).

3.2 Biologia floral

Para o estudo de biologia floral das plantas de mirtilo do tipo Southern Highbush foram avaliados para as quatro variedades ('Emerald', 'Jewel', 'Primadonna' e 'Snowchaser') nos anos de 2015, 2016 e 2017 os seguintes parâmetros:

3.2.1 Dimensões florais

Para determinar as medidas morfológicas florais foi utilizado um paquímetro digital. Três medidas florais foram determinadas para 100 flores de cada variedade diretamente no campo: Abertura principal da flor (AbertPrin), comprimento da pétala até a sépala (PetSep) e diâmetro da pétala (DiaPet) (Figura 4). Não foi realizado divisões das flores entre ambiente de produção (campo aberto e cultivo protegido), as medições acontecerão de forma aleatória entre os ambientes.

Figura 4. (A) Abertura principal da flor de mirtilo (AbertPrin); (B) comprimento da pétala até a sépala (PetSep) da flor de mirtilo; e (C) Diâmetro da pétala (DiaPet) da flor de mirtilo. (I) Ilustração das regiões aferidas nas flores de mirtilo.

3.2.2 Período de floração

O período de floração foi registrado durante os três anos indicados acima. Observações diretas das plantas na área de produção foram realizadas. A partir do momento que a primeira planta era observada com indícios de florescimento (formação de gemas florais) o registro do período e a contagem de plantas na área era realizado. Não foi realizado divisões das flores entre ambiente de produção (campo aberto e cultivo protegido), as observações acontecerão de acordo com o florescimento das plantas, independente do ambiente, pois a mesma variedade iniciava o florescimento no ambiente de campo aberto e no ambiente protegido no mesmo período. Nos anos de 2015 e 2016 o produtor aplicou um manejo de poda drástica nos dois ambientes de produção (Figura 5). Já em 2017 o manejo de poda foi seletivo, como a retirada de poucos galhos das plantas de mirtilo.

Figura 5. Manejo de poda drástica das plantas de mirtilo após a colheita dos frutos no ambiente de cultivo protegido. Piracicaba/SP. Coordenadas geográficas: 22°46'03.4"S 47°32'41.0"W.

3.2.3 Longevidade de flores

Para avaliação da longevidade das flores, 50 flores foram marcadas de cada variedade e observadas desde a antese até a senescência da flor. Para marcações foram utilizadas fitas coloridas que foram amarradas levemente no pedúnculo da flor. Dois estágios foram previamente definidos: formação de botão floral e duração da flor. Não foi realizado divisões das flores entre ambiente de produção (campo aberto e cultivo protegido).

3.2.4 Receptividade estigmática

As flores (25 flores de cada variedade) de idades conhecidas foram coletadas e avaliadas quanto a receptividade do estigma de acordo com o protocolo 3.22 proposto por Dafni, Kevan e Husband (2005). As flores eram removidas das plantas e uma gota de peróxido de hidrogênio era depositada no estigma das flores (Figura 6). Após esse procedimento foi observado se havia ou não reação enzimática (formação de bolhas no estigma) que é um indicativo de estigma receptivo. De acordo com a metodologia borbulhas intensas é igual a alta receptividade.

Figura 6. Receptividade do estigma da flor de mirtilo apresentada pela formação de borbulhas no ápice da estrutura, devido à atividade da enzima peroxidase (alta receptividade).

3.2.5 Viabilidade polínica

Flores ($n = 15$) de cada variedade foram coletadas a partir do momento de abertura até a senescência da flor e as anteras colocadas, separadamente de acordo com a idade da flor, em microtubos Eppendorf®. Para a avaliação da viabilidade polínica as anteras foram colocadas em lâminas de vidro para microscopia e esmagadas para que todo o pólen contido na antera fosse retirado. Após esse procedimento uma gota de corante vermelho neutro 1% foi depositada nos grãos de pólen e após cinco minutos o corante foi substituído por água destilada e os pólenes corados e não corados foram contabilizados em um fotomicroscópio Zeiss. Para esse parâmetro foi seguido o protocolo 3.13 de Dafni, Kevan e Husband (2005). Após a contagem dos grãos de pólen um percentual foi estabelecido.

3.3 Observação inicial de visitantes florais naturais

Para conhecer os visitantes florais do mirtilo nos dois sistemas de cultivos antes da introdução das colônias de Meliponini foram realizadas observações diretas em 10 pontos por sistema de cultivo registrando-se os visitantes florais. Cada ponto era constituído por cinco plantas em um metro linear. Cada ponto foi observado durante dois minutos entre 07:00h e 17:00h, totalizando 10 minutos de análise para cada hora durante seis dias do mês de julho de 2015 (totalizando 22 horas de observações no campo). Em cada ponto as observações aconteciam de maneira visual (as abelhas eram observadas e os registros eram feitos). Caso em alguma observação as abelhas não fossem conhecidas acontecia uma coleta para identificação (a identificação foi direcionada a espécie e foi realizada pelo pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental Cristiano Menezes, especialista em abelhas).

Para uma melhor compreensão sobre os registros de visitantes florais foi realizado uma coleta de informações climáticas (temperatura, umidade, vento e precipitação) do Posto Meteorológico "Professor Jesus Marden dos Santos" da Escola Superior de Agricultura "Luiz

de Queiroz” - Universidade de São Paulo. A estação é o único posto meteorológico mais próximo da área de desenvolvimento do trabalho e que garante uma confiabilidade das informações.

3.4 Requerimentos de polinização do mirtilo

Para se conhecer os requerimentos de polinização da cultura do mirtilo, foram aplicados três tratamentos durante, nas quatro variedades e nos dois ambientes de cultivo durante o ano de 2016. Para cada tratamento foi utilizado um número de 100 flores. Os tratamentos foram: isolamento de flores (if) (Figura 7) - as flores foram ensacadas com tecido voil amarrados com uma fita colorida para diferenciar as variedades e permaneceram assim durante todo o ciclo da flor; a polinização cruzada (pc) - foram realizadas polinizações manuais com o pólen de outra flor utilizando-se um pincel número 1. Flores da variedade fornecedora de pólen eram removidas e depois levadas as plantas que foram marcadas no tratamento, realizando a combinação entre as quatro variedades de acordo com o período de floração de cada uma; polinização aberta (pa) – nesse tratamento as flores foram marcadas com uma fita colorida na base e permaneceram expostas para possíveis polinizadores. Todas as flores foram marcadas a partir de botões florais. Como o mirtilo apresenta inflorescência, flores eram selecionadas em cada inflorescência. O último tratamento foi considerado como o grupo controle.

Figura 7. Avaliação dos requerimentos de polinização das plantas de mirtilo - Tratamento de isolamento floral (if) - Variedade ‘Primadonna’ - inflorescência coberta com tecido voil e amarrada com uma fita colorida.

Para determinar o resultado dos tratamentos sobre a produção frutos de mirtilo, entre as quatro variedades e dois ambientes, foram verificados dois parâmetros indicadores de qualidade dos frutos: peso e dimensões (diâmetro e altura).

3.5 Desempenho de meliponíneos na área de produção de mirtilo

Foram testadas cinco espécies de meliponíneos: *Melipona quadrifasciata* ($n = 3$), *Frieseomelitta varia* ($n = 10$), *Scaptotrigona depilis* ($n = 6$), *Tetragonisca angustula* ($n = 4$) e *Plebeia droryana* ($n = 10$). As colônias foram adquiridas da Embrapa Meio Ambiente, por intermédio do pesquisador Cristiano Menezes. As cinco espécies de abelhas sem ferrão foram selecionadas por apresentarem diferentes características biológicas, principalmente, relacionadas ao tamanho corporal, que poderiam influenciar diretamente no comportamento de

visita durante a polinização. Além disso, são gêneros de abelhas de fácil aquisição através de criadores racionais (meliponicultores) e de ocorrência natural no estado de São Paulo.

Frieseomelitta varia (Lepeletier, 1936) - moça-branca ou marmelada (Figura 8). Abelha de médio porte comparado com outras abelhas sem ferrão com uma corbícula grande. Seu comportamento de forrageamento nas flores é lento. São abelhas de fácil manejo e multiplicação e resistentes a ambientes antropizados (CAMARGO; PEDRO, 2007).

Figura 8. *Frieseomelitta varia* (Foto: Cristiano Menezes).

Tetragonisca angustula (Latreille) - jataí (Figura 9). É a espécie de abelhas sem ferrão mais comum no Brasil, facilmente capturada por ninhos armadilha. Seu corpo é pequeno com abdômen alongado. Concentra suas atividades de forrageamento nos horários mais quentes do dia e não possui hábito de recrutamento de forrageiras (AGUILAR et al., 2005). É extremamente adaptada a ambientes urbanos e antropizados.

Figura 9. *Tetragonisca angustula* (Foto: Cristiano Menezes).

Plebeia droryana (Friese, 1900) - mirim (Figura 10). Abelha com ampla distribuição no Brasil e geralmente adaptada a locais de clima frio. Possui corpo robusto, mas de pequeno porte.

Espécie de fácil manejo e multiplicação. Possui comportamento de recrutamento de forrageiras após retornar para o ninho (NIEH, 2004). Tem sido usada para polinização de morango no sul do país (NUNES-SILVA; WITTER; BOTTON, 2015).

Figura 10. *Plebeia droryana* (Foto: Cristiano Menezes).

Scaptotrigona depilis (Moure, 1942) – mandaguari (Figura 11). Abelha de médio porte, amplamente distribuída no Brasil. Suas colônias são de fácil obtenção por meio de meliponicultores e são muito resistentes à manipulação humana. Apresentam um comportamento de forrageamento em massa e possui preferência por florada abundante e em períodos determinados.

Figura 11. *Scaptotrigona depilis* (Foto: Cristiano Menezes).

Melipona quadrifasciata (Lepeletier) – mandaçaia (Figura 12). Abelha de grande porte, com distribuição geográfica na região neotropical. Possui intensa atividade de forrageamento, mesmo em baixas temperaturas (AIDAR, 1996). Possui certa sensibilidade ao manejo, mas são

abelhas com grande potencial para polinização dirigida, devido a sua eficiência comprovada em algumas culturas agrícolas, como o tomate e pimenta (CRUZ, 2009).

Figura 12. *Melipona quadrifasciata* (Foto: Cristiano Menezes).

Os números de colônias foram distribuídos de acordo com a disponibilidade de aquisição. Como ainda não se conhece uma metodologia estabelecida para recomendação de colônias por área, o trabalho buscou compreender o comportamento de cada espécie na sua respectiva quantidade disponível.

A introdução das colônias aconteceu no início do florescimento da primeira variedade ('Emerald'). As colônias foram dispostas em linha de maneira aleatória (sem separar espécies) sobre cavaletes de madeira (Figura 13) e distantes cerca de dois metros uma das outras. Em relação a disposição das colônias na propriedade, elas foram alocadas no perímetro da área de cultivo de mirtilo (Figura 14).

As espécies foram avaliadas quanto ao seu desempenho na polinização das quatro variedades de mirtilo. A análise de comportamento de visita das abelhas às flores foi realizada a partir de observações diretas registrando-se presença ou ausência nas flores do mirtilo e o comportamento de acesso à flor (Parcial – abelha entra com a metade do corpo na flor e toca no estigma da flor; Total – abelha entra completamente na flor, caminha no seu interior e pode

tocar nas estruturas florais), duração da visita (medição realizada com auxílio de um cronômetro) e recurso coletado.

O levantamento de dados foi realizado a partir do mês de abril até o mês de setembro (período de maior concentração de flores). Foram oito observações por mês, duas por semana, das 07:00h às 17:00h. Totalizando 480 horas de observação.

Figura 13. Colônias das cinco espécies de meliponíneos distribuídas na periferia da área de produção de mirtilo sobre cavaletes de madeira e protegidas de radiação solar intensa e ventos.

Figura 14. Imagem de satélite da área de produção de mirtilo. Linha amarela representa o local na propriedade onde foram dispostas as colônias das cinco espécies de meliponíneos. Distante cerca de três metros da área de cultivo protegido. Coordenadas geográficas: 22°46'03.4"S 47°32'41.0"W.

3.6 Adaptação e sobrevivência dos meliponíneos na área de cultivo de mirtilo

Para o parâmetro desenvolvimento foi verificado o aspecto de sobrevivência das colônias introduzidas próximas à área de produção. Além desses parâmetros o manejo fitossanitário e nutricional do produtor foi monitorado, pois o sistema de produção é classificado como convencional, existindo aplicações de defensivos agrícolas e fertilizantes sintéticos ao longo da condução da cultura agrícola. Como o produtor não apresentava um planejamento de aplicações ao longo do ano foi necessário um monitoramento diário das

atividades. O método de aplicação de defensivos e fertilizantes agrícolas do produtor em todas as observações foi o de pulverização direta sobre as plantas através de uma barra fixa com três bicos de pulverização (Figura 15).

Figura 15. Estratégia de aplicação do produtor de mirtilo. Pulverização direta sobre as plantas através de uma barra fixa com três bicos de pulverização conectada por uma mangueira a uma bomba de 2 cv.

3.7 Análise dos danos provocados nas flores de mirtilo devido ao comportamento de forrageamento de *Trigona hyalinata* (Lepeletier)

No ano de 2015 foi identificado em duas variedades (‘Emerald’ e ‘Primadona’) danos nas flores provocados pelas abelhas da espécie *Trigona hyalinata*. Para analisar foram os efeitos na formação de frutos nessas flores danificadas marcações foram realizadas nas flores danificadas e em flores que não sofreram danos ($n = 200$ para variedade ‘Emerald’ – 100 flores com danos e 100 flores sem danos e $n = 200$ para variedade ‘Primadona’ – 100 flores com danos e 100 flores sem danos). Após as marcações as flores foram acompanhadas até a formação dos

frutos ou não. Além do parâmetro de formação de frutos ou não os frutos formados nos dois tratamentos foram avaliados com relação ao peso e dimensões (diâmetro de altura).

3.8 Análise de dados

Para determinar as variações das medidas morfológicas florais (variáveis respostas) entre as variedades estudadas (variáveis explicativas), três testes de Kruskal-Wallis (um para cada medida) foram realizados. Quando foi verificada diferença significativa no teste de Kruskal-Wallis foi feito uma análise de Dunn's para verificar diferença entre as variedades. Para comparações entre mais de um fator para os demais parâmetros o teste de Tukey foi aplicado. As análises foram realizadas no software GraphPad Prism 7.02.

Com os dados de observações iniciais de visitantes florais naturais foram realizados um teste de correlação simples, com as variáveis observadas para cada ambiente de produção. As análises foram realizadas pelo software Assist 7.7 (SILVA; AZEVEDO, 2016). Os demais dados coletados foram analisados através de estatística descritiva.

RESULTADOS

4. Resultados

4.1 Biologia floral

4.1.1 Dimensões florais

Após aplicação do teste de Kruskal-Wallis, verifica-se diferenças significativas das medidas morfológicas das flores entre as variedades de mirtilo estudadas. A medida de abertura principal da flor (AbertPrin), considerada de maior importância, pois está diretamente associada com o acesso do visitante floral a fonte de recurso alimentar, néctar ou pólen, e consequentemente o contato do mesmo com estruturas reprodutivas, apresentou diferença significativa entre as variedades ($H = 198,2$; $p < 0,0001$; $gl = 3$). Porém, as variedades ‘Snowchaser’ e ‘Primadonna’ não foram diferentes entre si (Gráfico 1). As demais medidas morfológicas florais, pétala até sépala e diâmetro, também apresentaram diferenças significativas entre as variedades, mas ‘Primadonna’ e ‘Jewel’ não (Gráfico 2 e 3).

Gráfico 1. Medida morfológica da abertura principal da flor das quatro variedades de mirtilo estudadas. O retângulo central abrange o primeiro e o terceiro quartil de dados; a linha central indica a mediana; as barras nas extremidades acima e abaixo representam os valores máximo e mínimo dos dados. Letras diferentes indicam diferença significativa e letras iguais indicam que as variedades não diferem significativamente entre si para a medida morfológica.

Gráfico 2. Medida morfológica da pétala até sépala (PetSep) da flor das quatro variedades de mirtilo estudadas. O retângulo central abrange o primeiro e o terceiro quartil de dados; a linha central indica a mediana; as barras nas extremidades acima e abaixo representam os valores máximo e mínimo dos dados. Letras diferentes indicam diferença significativa e letras iguais indicam que as variedades não diferem significativamente entre si para a medida morfológica.

Gráfico 3. Medida morfológica do diâmetro da flor das quatro variedades de mirtilo estudadas. O retângulo central abrange o primeiro e o terceiro quartil de dados; a linha central indica a mediana; as barras nas extremidades acima e abaixo representam os valores máximo e mínimo dos dados. Letras diferentes indicam diferença significativa e letras iguais indicam que as variedades não diferem significativamente entre si para a medida morfológica.

4.1.2 Período de floração, longevidade de flores, receptividade estigmática e viabilidade polínica

A floração das quatro variedades, durante os anos de 2015 e 2016, na área de produção apresentou uma ocorrência e distribuição muito semelhante com pequenas variações ao longo do período de observação. Iniciou por volta da última semana de janeiro com menos de 1% das plantas em floridas, e uma predominância da variedade ‘Emerald’ no início do florescimento. O pico de florescimento ocorreu nos meses de março a julho (Gráfico 4 e 5) e um final de florescimento bastante determinado em setembro. O florescimento em 2017 aconteceu de maneira mais prolongada, distribuindo o florescimento ao longo do período de observação (janeiro a novembro) e sem a parada no florescimento no mês de setembro como nos anos anteriores (Gráfico 6).

Gráfico 4. Percentual (%) de plantas em florescimento e temperatura média (°C) na área de produção, no período de janeiro a setembro, nas quatro variedades: ‘Emerald’, ‘Snowchaser’, ‘Primadonna’ e ‘Jewel’ no ano de 2015 – Piracicaba/SP.

Gráfico 5. Percentual (%) de plantas em florescimento e temperatura média (°C) na área de produção, no período de janeiro a setembro, nas quatro variedades: ‘Emerald’, ‘Snowchaser’, ‘Primadonna’ e ‘Jewel’ no ano de 2016 – Piracicaba/SP.

Gráfico 6. Percentual (%) de plantas em florescimento e temperatura média (°C) na área de produção de mirtilo, no período de janeiro a dezembro, nas quatro variedades: ‘Emerald’, ‘Snowchaser’, ‘Primadonna’ e ‘Jewel’ no ano 2017 – Piracicaba/SP.

A longevidade de botão floral e duração de flores acontecem de maneira concomitante entre as variedades, independente do ano de observação (Tabela 1).

Tabela 1. Longevidade média, em dias, de botões florais e flores após a antese das quatro variedades de mirtilo estudadas no presente trabalho.

	Emerald		Snowchaser		Primadonna		Jewel	
	Botão Floral	Flor	Botão Floral	Flor	Botão Floral	Flor	Botão Floral	Flor
Média	28,53	6,83	29,13	6,80	28,93	6,60	29,73	6,50
Desvio padrão	±1,36	±0,65	±1,38	±0,61	±1,01	±0,67	±1,36	±0,78

O período de antese das flores foi observado para todas as quatro variedades, das 07:00h até às 09:00h da manhã. Após esse período a flor permanecia aberta até sua senescência, cerca de 6 a 7 dias depois.

Os estigmas das quatro variedades permaneceram receptivos desde a abertura da flor até o sexto dia após a antese, quando acontecia a queda da corola e o início da formação dos frutos. No dia da antese, observou-se uma baixa receptividade (caracterizados por pouco borbulha no ápice do estigma) a qual aumentava consideravelmente até o terceiro dia após a abertura floral. A partir do terceiro dia a receptividade começava a declinar até o dia da queda ou senescência da corola, quando não existia mais receptividade da estrutura feminina, tendo em vista a possível fecundação dos ovários pelos grãos de pólen.

A viabilidade polínica foi verificada desde antese da flor até o momento de senescência da mesma. Um percentual de 89% dos grãos pólen contabilizados, nas quatro variedades avaliadas, apresentou-se viável (corado pelo corante vermelho neutro 1%) até o quarto dia de vida da flor. Após o quinto dia a viabilidade reduziu para 39% dos grãos de pólen analisados.

4.2 Observações iniciais de visitantes florais naturais

A região de realização do trabalho (Figura 16) apresentou uma baixa diversidade de visitantes florais, nos dois ambientes de produção (Gráfico 7). *Apis mellifera* foi o visitante floral predominante nos dois ambientes, seguido de abelhas *Trigona hyalinata*, para o cultivo protegido. Os visitantes florais não apresentaram nenhuma preferência entre as variedades, visitavam mais de uma ou todas as flores das quatro variedades em uma mesma observação.

Figura 16. Imagem de satélite da área de produção de mirtilo – Piracicaba/SP. Área de produção: cultivo em campo aberto (CA) e em ambiente protegido (AP) (contorno amarelo). Um riacho (contorno azul) margeado por uma pequena área de preservação permanente (pontos verdes). Coordenadas geográficas: 22°46'03.4"S 47°32'41.0"W.

Gráfico 7. Abundância (%) de visitantes florais, na cultura do mirtilo, nos dois ambientes de produção (campo aberto e cultivo protegido) em condições naturais.

Analisando os dados relacionados às informações de diversidade de visitantes florais, com os dados climáticos registrados no posto meteorológico da ESALQ/USP-Piracicaba/SP, através de uma correlação simples com oito variáveis, observa-se que no ambiente campo aberto (Tabela 2) existem correlações positivas ($p < 0,05$) entre as variáveis, temperatura e a ocorrência de *Apis mellifera*, temperatura e outros himenópteros e temperatura e pássaros.

Tabela 2. Matriz de correlação simples entre oito variáveis presentes no ambiente de produção – campo aberto. Legenda: VA = variáveis, T = temperatura, U = umidade, V = vento, Pr = precipitação, Am = *Apis mellifera*, OH = outros himenópteros, L = Lepidópteros e P = pássaros.

VA/VA	T (°C)	U (%)	V (km/h)	Pr (mm)	Am	OH	L	P
T (°C)	1	-0,3136	-0,4246	0,1127	0,8329	0,9031	0,7215	0,8422
U (%)	ns	1	-0,6963	0,3808	-0,3811	-0,3622	0,0555	-0,0589
V(km/h)	ns	ns	1	-0,5323	-0,3369	-0,2963	-0,5673	-0,4748
Pr (mm)	ns	ns	ns	1	-0,056	0,3604	0,2562	0,3682
Am	*	ns	ns	ns	1	0,5898	0,4517	0,421
OH	*	ns	ns	ns	ns	1	0,6963	0,9232
L	ns	ns	ns	ns	ns	ns	1	0,7071
P	*	ns	ns	ns	ns	**	ns	1

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns: não significativo ($p \geq 0,05$).

Para o ambiente de cultivo protegido (Tabela 3), os dados relacionados às informações de diversidade de visitantes florais com dados climáticos registrados no posto meteorológico da ESALQ/USP-Piracicaba/SP também foram correlacionados (seis variáveis), e a variável temperatura e a ocorrência de abelhas *Trigona hyalinata* apresentaram correlação positiva ($P < 0,05$), quanto maior a temperatura, maior a ocorrência de *T. hyalinata*. Da mesma forma para *Apis mellifera*, o que comprovam a relação da temperatura com a ocorrência desses visitantes nas observações realizadas.

Tabela 3. Matriz de correlação simples entre seis variáveis presentes no ambiente de produção – cultivo protegido. Legenda: VA = variáveis, T = temperatura, U = umidade, Am = *Apis mellifera*, OH = outros himenópteros, Tr = *Trigona hyalinata* sp. L = Lepidópteros.

VA/VA	T (°C)	U (%)	Am	OH	Tr	L
T (°C)	1	-0,3136	0,9656	0,572	0,8911	0,7016
U(%)	ns	1	-0,3192	-0,0773	-0,3867	0
Am	**	ns	1	0,3492	0,9661	0,8409
OH	ns	ns	ns	1	0,1475	-0,083
Tr	*	ns	**	ns	1	0,8474
L	ns	ns	*	ns	*	1

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns: não significativo ($p \geq 0,05$).

4.3 Requerimentos de polinização

Para as quatro variedades foram constatadas que a exposição da flor a visitantes florais (tratamento de polinização aberta) e o cruzamento do pólen com outra variedade o teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,0001$; $gl = 3$) apresentou diferença no peso médio dos frutos avaliados, bem como variação nas dimensões aferidas, comparadas com o tratamento de isolamento floral (Gráfico 7, 8 e 9).

Gráfico 7. Peso de frutos dos tratamentos de polinização aberta, isolamento floral e polinização cruzada das variedades de mirtilo nos dois ambientes de produção. Teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,0001$; $gl = 3$).

Gráfico 8. Diâmetro de frutos dos tratamentos de polinização aberta, isolamento floral e polinização cruzada das variedades de mirtilo nos dois ambientes de produção. Teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,0001$; $gl = 3$).

Gráfico 9. Altura de frutos dos tratamentos de polinização aberta, isolamento floral e polinização cruzada das variedades de mirtilo nos dois ambientes de produção. Teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,0001$; $gl = 3$).

4.4 Desempenho de meliponíneos na área de produção de mirtilo

Das cinco espécies de meliponíneos introduzidos na área de produção de mirtilo, operárias de três espécies visitaram as flores de mirtilo: *Frieseomelitta varia*, *Tetragonisca angustula* e *Plebeia droryana*. O período de visita foi semelhante para as três espécies observadas, das 10:00h às 15:00h (Gráfico 10).

Gráfico 10. Números médios por hora de meliponíneos introduzidos observados visitando as flores de mirtilo no local de desenvolvimento do trabalho (coordenadas geográficas: 22°46'03.4"S 47°32'41.0"W).

Todas as espécies observadas coletaram néctar nas flores e entraram em contato com o estigma durante a visita. Os tempos de visita das espécies *F. varia* e *T. angustula* não apresentaram diferença entre as espécies. Já *P. droryana* foi a espécie que apresentou maior tempo durante a visita (Tabela 4). Com relação ao acesso a flor *T. angustula* e *P. droryana* foram observadas acessando totalmente a flor. *F. varia* foi a única espécie que apresentou um acesso parcial a flor (Figura 17).

Tabela 4. Parâmetros de comportamento das abelhas introduzidas no perímetro da área de produção de mirtilo no município de Piracicaba/SP. ¹Média dos valores de tempo de visita registrado para cada espécie observada.

Comportamento de visitantes florais				
Espécies	Acesso à flor	Duração ¹ (min)	Recurso	Contato c/ estigma
<i>Frieseomelitta varia</i>	Parcial	0,53	Néctar	Sim
<i>Tetragonisca angustula</i>	Total	0,45	Néctar	Sim
<i>Plebeia droryana</i>	Total	1,53	Néctar	Sim

Figura 17. Abelha *Frieseomelitta varia* visitando a flor do mirtilo parcialmente.

4.5 Adaptação e sobrevivência dos meliponíneos na área de cultivo de mirtilo

Constatou-se o uso predominante de fungicidas (43%) seguido por inseticidas (34%), fertilizantes (18%) e adjuvantes e espalhantes (5%). Misturas de tanque foram frequentes. Foi registrado um total de 44 produtos comerciais aplicados na área de produção ao longo de dois anos (Tabela 5).

Tabela 5. Lista dos produtos químicos utilizados na área de produção de mirtilo nos anos de 2016 e 2017 (I.A. = Ingrediente ativo).

Nome comercial	Classe de uso	Grupo Químico	I.A
Acadian	Fertilizante	<i>Ascophyllum nodosum</i>	<i>Ascophyllum nodosum</i>
Ácido Borico	Fertilizante	Ácido Inorgânico	Ácido Inorgânico
AgriDex	Adjuvante / Espalhante	Hidrocarbonetos alifáticos	Óleo mineral
Applaud	Inseticida de contato	Regulador de crescimento de insetos	Buprofezina
Ascophyllum	Fertilizante	<i>Ascophyllum nodosum</i>	<i>Ascophyllum nodosum</i>
Assist	Adjuvante e Inseticida e acaricida de contato	Hidrocarbonetos alifáticos	Óleo mineral
Bendazol	Fungicida sistêmico	Benzimidazol	Carbedazim
Bokashi	Fertilizante orgânico	Fertilizante orgânico	Fertilizante orgânico
Bônus	Fertilizante foliar	Fertilizantes potássicos	Fertilizantes potássicos
Boveril	Inseticida microbiológico	Biológico	<i>Beauveria bassiana</i>
Bravonil	Fungicida de contato	Isoftalonitrila	Clorotalonil
Brutal Plus	Fertilizante	Fertilizante Organomineral	Fertilizante Organomineral
Cabrio Top	Fungicida sistêmico	Alquilenobis (ditiocarbamato) e estrobilurina	Metiram e Piraclostrobina
Captan	Fungicida não sistêmico	Dicarboximida	Captana + Alquil fenol etoxilado
Cartap	Inseticida/Fungicida de contato e ingestão	Bis(tiocarbamato)	Cloridrato de Cartape
Cerconil	Fungicida sistêmico e de contato	Benzimidazol, Tiofanato-metílico e Isoftalonitrila / Clorotalonil	Tiofanato-metílico e clorotalonil
Connect	Inseticida sistêmico	Neoticotinóide + Piretróide	Imidacloprido + Beta-cipermetrina
Cuprogarb	Fungicida de contato	Inorgânico	Oxicloreto de cobre
Cuprozeb	Fungicida de ação preventiva e bacterostática	Inorgânico e alquilenobis (ditiocarbamato)	Mancozebe
Daconil	Fungicida de contato	Isoftalonitrila	Clorotalonil
Dimexion	Inseticida de contato, profundidade ou sistêmico	Organofosforado	Dimetoato
Engeo Pleno	Inseticida sistêmico de contato e ingestão	Neonicotinóide e Piretróide	Tiametoxam e Lambda-cialotrina
Evidence	Inseticida sistêmico	Neoticotinóide	Imidacloprido
Factac	Inseticida de contato e ingestão	Piretróide	Alfa-cipermetrina

Fosfito	Fertilizante	Fosfito de Potássio	Fosfito de Potássio
Frownicide	Fungicida - Acaricida	Fenilpiridinilamina	Fluazinam
Imidacloprid	Inseticida sistêmico	Neonicotinoide	Imidacloprid
Imidagold	Inseticida sistêmico	Neonicotinoide	Imidacloprido
Karate Zeon	Inseticida de contato e ingestão	Piretróide	Lambda-cialotrina
Kasumin	Fungicida e bactericida	Antibiótico	Casugamicina
Manzate	Fungicida de contato	Alquilenobis (ditiocarbamato)	Mancozebe
Mythos	Fungicida de contato	Anilinopirimidina	Pirimetanil
Nativo	Fungicida mesostêmico e sistêmico	Estrobilurina e Triazol	Trifloxistrobina e Tebuconazol
Nufos	Inseticida de contato e ingestão	Organofosforado	Clorpirifós
Oberon	Inseticida e Acaricida de contato e ingestão	Cetoenol	Espiromesifeno
Óleo Mineral	Adjuvante / Espalhante	Hidrocarbonetos alifáticos	Óleo mineral
Orthene	Inseticida e acaricida, sistêmico, de contato e ingestão	Organofosforado	Acefato
Orthocide	Fungicida	Dicarboximida	Captana
Recop	Fungicida/Bactericida de contato	Inorgânico	Oxicloreto de cobre
Sabre	Inseticida de contato e ingestão	Organofosforado	Clorpirifós
Serenade	Fungicida bactericida microbiológico	Bactericida microbiológico	<i>Bacillus subtilis</i> linhagem QST 713
Sulf.Amonio	Fertilizante	Sulfato de Amônio	Sulfato de Amônio
Sumilex	Fungicida sistêmico	Dicarboximida	Procimidona
Supera	Fungicida de contato	Inorgânico	Hidróxido de cobre

Um total de 28 aplicações em 2016 e 20 aplicações em 2017 foi registrado. A maior parte das aplicações foram realizadas no período de floração, quando as abelhas estavam em atividade das flores (Gráfico 11).

Gráfico 11. Número de operações de aplicação de defensivos agrícola e fertilizantes nos anos de 2016 e 2017 na área de produção de mirtilo onde foi realizado o esse estudo. Piracicaba/SP.

Gráfico 12. Porcentagem de produtos utilizados para o manejo fitossanitário e nutricional na cultura do mirtilo nos anos de 2016 e 2017 de acordo com a classificação agrônômica de uso.

Além da quantidade de defensivos e fertilizantes agrícola utilizados foi verificado que 77% dos fungicidas utilizados são considerados altamente e muito nocivos ao meio ambiente. Já o percentual de altamente perigoso e muito perigoso dos inseticidas foi de 50% (Gráfico 12 e 13).

Gráfico 13. Porcentagem referente à classificação do potencial de periculosidade ambiental de fungicidas utilizados nos anos de 2016 e 2017 pelo produtor de mirtilo.

Gráfico 14. Porcentagem referente à classificação do potencial de periculosidade ambiental de inseticidas utilizados nos anos de 2016 e 2017 pelo produtor de mirtilo.

Houve uma perda de 18,18% das colônias de meliponíneos introduzidas na área de produção de mirtilo, deste percentual 15,15% foram de colônias da espécie *Plebeia droryana* e 3,03% foram da espécie *Melipona quadrifasciata* (Tabela 6).

Tabela 6. Mortalidade de colônias dispostas na área de produção comercial de mirtilo nos três anos de desenvolvimento do trabalho (coordenadas geográficas: 22°46'03.4"S 47°32'41.0"W).

Espécies	Mortalidade (unidade/colônias)		
	2015	2016	2017
<i>Melipona quadrifasciata</i>	-	1	-
<i>Frieseomelitta varia</i>	-	-	-
<i>Scaptotrigona depilis</i>	-	-	-
<i>Tetragonisca angustula</i>	-	-	-
<i>Plebeia droryana</i>	-	5	-
TOTAL	-	6	-

4.6 Análise de danos provocados nas flores de mirtilo devido ao comportamento de forrageamento de *Trigona hyalinata* (Lepeletier)

Em 2015 operárias de *Trigona hyalinata* não acessavam a flor pela abertura principal, mas perfuravam parte da base das pétalas para acessar os nectários florais, danificando algumas vezes as anteras, o estigma das flores e cortando folhas das plantas de mirtilo (Figura 18). Em outras flores foi observado o acesso da abelha através da abertura principal da flor, mas após o fim da visita, estruturas florais, como pétala e estigma estavam danificadas (Figura 19 e 20). Essa espécie só causou danos às flores e folhas das variedades ‘Emerald’ e ‘Primadonna’. Nos anos de 2016 e 2017 não foi constatado danos nas flores de nenhuma variedade por essas abelhas.

Figura 18. Abelhas *Trigona hyalinata*, presentes na cultura do mirtilo. Detalhe para o corte realizado nas folhas por essas abelhas.

Figura 19. Danos provocados nas flores de mirtilo pelas abelhas *Trigona hyalinata*. (A) Flores com as pétalas danificadas. (B) Flor com a pétala e órgãos reprodutivos danificados.

Figura 20. Abelha *Trigona hyalinata* visitando a flor de mirtilo pela abertura principal, mas após a visita, foram observados os danos provocados às estruturas florais. (A) Abelha *Trigona hyalinata* no interior da flor de mirtilo – pétalas danificadas. (B) Flor de mirtilo com pétalas danificadas, estrutura do estigma cortada.

Após aplicação do teste de Tukey, não se percebem diferenças estatísticas do peso e das dimensões dos frutos formados das variedades ‘Emerald’ e ‘Primadonna’. No entanto, quando analisamos a quantidade de frutos não formados e formados das flores danificadas e sadias das duas variedades verificou-se uma redução de 7% de frutificação para ‘Emerald’ e 11% de redução de frutificação para ‘Primadonna’ (Gráficos 15, 16, 17, 18, 19 e 20).

Gráfico 15. Peso dos frutos das variedades de mirtilo ‘Emerald’ atacados e não atacados por abelhas do gênero *Trigona*. O retângulo central abrange o primeiro e o terceiro quartil de dados; a linha central indica a mediana; as barras nas extremidades acima e abaixo representam os valores máximo e mínimo dos dados. Os pontos representam as flores atacadas que não formaram frutos. Letras diferentes indicam diferença significativa e letras iguais indicam que as variedades não diferem significativamente entre si.

Gráfico 16. Peso dos frutos das variedades de mirtilo ‘Primadonna’ atacados e não atacados por abelhas do gênero *Trigona*. O retângulo central abrange o primeiro e o terceiro quartil de dados; a linha central indica a mediana; as barras nas extremidades acima e abaixo representam

os valores máximo e mínimo dos dados. Os pontos representam as flores atacadas que não formaram frutos. Letras diferentes indicam diferença significativa e letras iguais indicam que as variedades não diferem significativamente entre si.

Gráfico 17. Diâmetro (mm) dos frutos das variedades de mirtilo ‘Emerald’ atacados e não atacados por abelhas do gênero *Trigona*. O retângulo central abrange o primeiro e o terceiro quartil de dados; a linha central indica a mediana; as barras nas extremidades acima e abaixo representam os valores máximo e mínimo dos dados. Os pontos representam as flores atacadas que não formaram frutos. Letras diferentes indicam diferença significativa e letras iguais indicam que as variedades não diferem significativamente entre si.

Gráfico 18. Diâmetro (mm) dos frutos das variedades de mirtilo 'Primadonna' atacados e não atacados por abelhas do gênero *Trigona*. O retângulo central abrange o primeiro e o terceiro quartil de dados; a linha central indica a mediana; as barras nas extremidades acima e abaixo representam os valores máximo e mínimo dos dados. Os pontos representam as flores atacadas que não formaram frutos. Letras diferentes indicam diferença significativa e letras iguais indicam que as variedades não diferem significativamente entre si.

Gráfico 19. Altura dos frutos (mm) das variedades de mirtilo 'Primadonna' atacados e não atacados por abelhas do gênero *Trigona*. O retângulo central abrange o primeiro e o terceiro quartil de dados; a linha central indica a mediana; as barras nas extremidades acima e abaixo

representam os valores máximo e mínimo dos dados. Os pontos representam as flores atacadas que não formaram frutos. Letras diferentes indicam diferença significativa e letras iguais indicam que as variedades não diferem significativamente entre si.

Gráfico 20. Altura dos frutos (mm) das variedades de mirtilo 'Primadonna' atacados e não atacados por abelhas do gênero *Trigona*. O retângulo central abrange o primeiro e o terceiro quartil de dados; a linha central indica a mediana; as barras nas extremidades acima e abaixo representam os valores máximo e mínimo dos dados. Os pontos representam as flores atacadas que não formaram frutos. Letras diferentes indicam diferença significativa e letras iguais indicam que as variedades não diferem significativamente entre si.

5. Discussão

5.1 Biologia floral

5.1.1 Dimensões florais

As flores das variedades estudadas apresentam medidas morfológicas diferentes entre si. Essa informação é muito relevante para compreender a dinâmica de polinização do mirtilo, pois é possível que os polinizadores efetivos de uma variedade não sejam polinizadores em outra (FENSTER et al., 2004).

De acordo com os estudos de morfologia floral, compreender as relações de dimensões da flor com os visitantes florais é um ponto de extrema importância para avaliar quem são os polinizadores efetivos da planta (KILREUTER, 1761; SPRENGEL 1793, 1996). A medida de abertura principal considerada de maior importância, por estar associada com o acesso do visitante as fontes de recursos alimentares e consequentemente, contato dos mesmo com as estruturas reprodutivas da flor apresentou diferenças significativas nesse estudo. Uma flor muito fechada, por exemplo, pode interagir apenas com visitantes florais que apresentem estruturas bucais apropriadas para alcançar os recursos alimentares que a flor fornece. Todavia, uma flor muito aberta pode atrair diversos tipos de visitantes, mas o processo de polinização pode não ter efetividade se os visitantes não tocarem o estigma (OLESEN et al., 2007). Há diferentes pontos que precisam ser avaliados neste contexto, como é o caso da aderência dos grãos de pólen no corpo das abelhas, o tempo da visita, o número de visitas, o comportamento dos visitantes, entre outros (AIGNER, 2004) não avaliados nesse estudo.

Com relação à aderência dos grãos de pólen, no corpo dos visitantes florais, por exemplo, existem abelhas que apresentam um comportamento intenso de limpeza do próprio corpo após a visita à flor. Assim, todo ou grande parte, do pólen aderido no seu corpo é removido e não fica disponível para a polinização em futuras visitas. Neste caso, a eficiência de transporte de pólen pode ser comprometida e esse indivíduo pode ser considerado como não polinizador ou polinizador ocasional por não promover o contato do pólen aderido no corpo com o estigma da flor (ALVES-DOS-SANTOS et al., 2016). Os mesmo autores, Alves-dos-Santos (2016), apresentam alguns exemplos que indicam esse fato citado anteriormente, como é o caso de operárias de abelhas corbiculadas (*Apis*, *Euglossa*, *Plebeia* e *Trigona*) que concentram a carga polínica nas corbículas, sendo depositadas junto com enzimas de glândulas mandibulares que podem inativar a germinação do pólen (SALLES; GRACIOLI, 2002). No

entanto, abelhas que não apresentam um comportamento de limpeza acentuado ou transportem o pólen na parte ventral do corpo, como abelhas da família Megachilidae, podem ser visitantes mais efetivos, por estar com o corpo sempre coberto por pólen (KRUG; SILVA; ALVES-DOS-SANTOS, 2012). Kendall e Solomon (1973) discutem em seu trabalho que a produção de culturas agrícolas, como exemplo da maçã, podem ter a produção de frutos reduzida pelo polinização inadequada das flores. E que a compreensão da deposição e quantidade de pólen no corpo dos polinizadores deve ser entendida para que o processo de polinização seja efetivo. Campbell et al., (2017), também na cultura da maçã, detectaram que apesar da presença significativa de abelha *Apis mellifera* na área de produção, abelhas Andrenidae e abelhas do gênero *Bombus* foram mais presentes em número de visitas nas flores de maçã e apresentaram uma taxa elevada de contato com o estigma. Sabe-se que abelhas *A. mellifera* apesar de abundantes não apresentam uma deposição de pólen adequada no corpo e removem o excesso de pólen aderido no corpo após a visita, já abelhas do gênero *Bombus*, para maçã por exemplo, apresentam eficiência da captação de deposição de pólen nas flores (THOMSON; GOODELL, 2001)

As plantas apresentam diversas estratégias para promover e facilitar o processo de polinização (PYKE, 2016). As flores do mirtilo, na área estudada, independente da variedade, apresentam uma limitação na abertura principal para visitantes florais com uma estrutura corporal mais robusta (acima de 7 mm). Mas esse fato não pode ser associado ao tamanho dos visitantes florais, nem mesmo a eficiência da visita, pois as flores do mirtilheiro apresentam anteras poricidas, que no momento que são estimuladas podem promover a deposição dos grãos de pólen no corpo do visitante floral, mesmo sem ele ter acesso ao interior da flor. Provavelmente esse fato de não justifica a ausências de abelhas de grande porte nas áreas estudadas. Em outras regiões do mundo onde o mirtilo é uma cultura de elevada importância econômica, a predominância de abelhas de grande porte é marcante no ambiente natural com benefícios de produção de mirtilo comprovados (DESJARDINS; OLIVEIRA, 2006). Essa relação da ocorrência de abelhas de grande porte com a preservação de habitats naturais poderia justificar os resultados encontrados neste trabalho, visto que o ambiente de estudo apresenta uma agricultura convencional intensiva associada a reduzidas áreas preservadas, diminuindo a possibilidade de nidificação para as abelhas de grande porte. A faixa de abertura principal floral (mm) encontrada nas variedades foi de 3,5 mm a 6,3 mm e indicam que abelhas de pequeno e médio porte podem ser mais presentes nas flores e efetivas no processo de polinização do mirtilheiro para o caso estudado.

Além de grande diferença entre as variedades de mirtilo quanto a dimensão das flores, também encontramos uma ampla variação dentro da mesma variedade. Na variedade 'Jewel', por exemplo, a diferença entre a abertura máxima e mínima foi 5,35mm. Essa ampla variação no tamanho da abertura principal das flores e tamanho das demais estruturas florais reforça a necessidade de manejar espécies de diferentes tamanhos e comportamentos para atender plenamente a polinização das diferentes variedades mantidas na área de produção. Também demonstra a necessidade de manter áreas preservadas próximas à área de produção para aumentar a diversidade de polinizadores não manejados (KLEIN et al., 2007; GARIBALDI et al., 2016). Brittain, Kremem e Klein (2013) discutem em seu trabalho que a complementariedade de polinizadores é extremamente importante para preservar os serviços de polinização, não só com relação ao comportamento dos mesmos durante às visitas as flores (acesso ao interior da flor, contato com anteras e estigmas, etc.), mas também por que cada espécie possui respostas diferentes frente a variáveis ambientais, suportando muito vezes ventos fortes ou intensidade luminosa reduzida. Essas informações corroboram com outros resultados obtidos em estudos sobre os benefícios da polinização por insetos, em que a diversidade de visitantes é mais importante do que ter abundância de uma única espécie (GARRATT et al., 2016). Os resultados obtidos à ampla variação no tamanho e morfologia floral reforçam uma das principais hipóteses para explicar essa importância da biodiversidade para obter polinização plena, pois as flores de uma cultura agrícola nunca são homogêneas, mesmo quando são usadas apenas uma variedade (SONG; FELDMAN, 2014). Além disso, segundo Klein et al. (2012) não é sustentável manter apenas um polinizador em uma área de produção agrícola. Para os mesmos autores devido aos problemas de sanidade das abelhas melíferas nos últimos anos, há uma preocupação em buscar ou favorecer a ocorrência de outros polinizadores em áreas de produção agrícola. Estudos mostram que não basta trabalhar uma agricultura orgânica, excluindo ou minimizando o uso de produtos químicos sintéticos, é preciso criar novos habitats no interior da área de produção ou não, para promover a permanência e diversidade de polinizadores (KLEIN; STEFFAN-DEWENTER; TSCHARNTKE, 2002; KLEIN et al. 2012).

5.1.2 Período de floração, longevidade das flores, receptividade estigmática e viabilidade polínica.

As variedades avaliadas neste estudo possuem baixa exigência de frio, cerca de 30 a 40 horas, para estimular o processo de florescimento. A região de produção de mirtilo onde o estudo foi realizado não apresenta temperaturas baixas acumuladas (abaixo de 6 °C) e assim, o produtor precisa realizar manejo de poda para estimular florescimento. Nesse estudo verificou-

se que a floração normalmente acontece em período determinados para as quatro variedades e em períodos onde as temperaturas estão baixas (entre 18°C - 20°C). A variedade ‘Emerald’ foi a primeira a iniciar a floração em campo, pois é a variedade podada pelo produtor primeiro no término da safra. Já a variedade ‘Jewel’ é a última a iniciar o florescimento, e ‘Snowchaser’ e ‘Primadonna’ são intermediárias. O florescimento das quatro variedades, em de 2015 e 2016 no campo foi registrado do final de janeiro, com poucas plantas floridas (menos de 2%), até o mês de setembro. A concentração de florescimento ocorre entre os meses de abril a setembro, período este que corresponde à diminuição de temperaturas na região e junto com a poda estimula o máximo de florescimento. No ano de 2017 o produtor modificou seu regime de poda e a florada ficou distribuída de maneira mais uniforme ao longo do ano, comparado aos anos anteriores. Mas mesmo com o ajuste de poda a predominância de flores permaneceu nos meses de maio a julho.

Quando introduzimos uma planta em um ambiente que não é o de origem, a relação com visitantes florais e possíveis polinizadores pode ser bastante dificultada (LEVINE et al. 2003, VILÀ et al. 2011). O mirtilo tem a maior parte das suas variedades originadas da América do Norte e algumas do continente europeu (HOFFMANN; FACHINELLO; SANTOS, 1995), assim a adaptação em outras regiões fora do centro de origem das plantas pode levar algum tempo. Além disso, o mirtilo é uma planta de regiões de clima temperado, mas nos últimos 15 anos a Universidade da Flórida tem desenvolvido variedades com baixa exigência de frio e que possibilitou a introdução da cultura do mirtilo em regiões onde nunca foram cultivadas (CANTUARIAS-AVILES, 2010).

Dados sobre a fenologia do mirtilo em regiões tropicais é muito relevante para definir estratégias de manejo de polinizadores. As baixas temperaturas e amplas variações nas condições climáticas que ocorrem nessa época do ano irá determinar o sucesso nas atividades de forrageamento e visitação das abelhas na flores. Abelhas de pequeno porte, por exemplo, são bastante sensíveis a temperaturas baixas e não conseguem voar quando acontece eventos climáticos intensos. Hilário et al. (2007a) mostram em seu trabalho que precipitações acima de 1,0 mm com duração acima de uma hora prejudicaram a atividade de voo de *Plebeia remota*. Esses autores ainda mostraram que de acordo o volume e o tempo de precipitação, ocorreram variações no retorno da atividade de voo de acordo com a estação do ano, na primavera as abelhas após a chuva retornaram mais rápido a suas atividades já no outono o retorno as atividade de forrageamento foram reduzidas após as chuvas. Da mesmo forma, Hilário et al. (2007b) mostram que a mesma relação que ocorre com a precipitação ocorre com o vento, em

estações do ano em que as temperaturas geralmente são menores, o aumento da intensidade do vento reduz drasticamente a atividade de forrageamento de abelhas de pequeno porte. A atividade de forrageamento e o tamanho corporal também apresentam relação, abelhas de grande porte, como as do gênero *Melipona*, podem iniciar suas atividades de voo a partir de 12°C de temperatura ambiente, já abelhas de pequeno porte, como abelhas do gênero *Friesella* e *Plebeia*, iniciam suas atividades de forrageamento em temperaturas maiores que 20°C (TEXEIRA; CAMPOS, 2005; NANZER, 2017). Nanzer (2017) discute em seu trabalho que abelhas de pequeno porte podem ser mais eficientes na atividade de forrageamento do que abelhas de grande porte e que a eficiência de coleta de pólen foi maior no inverno do que no verão pelas abelhas de pequeno porte. Por isso, é interessante incluir na área de produção agrícola algumas espécies de médio ou grande porte que geralmente conseguem voar em temperaturas mais baixas, mas também abelhas de pequeno porte que podem, mesmo que por tempo limitado de forrageamento, apresentar eficiência na polinização da cultura.

Outro ponto que deve ser levado em consideração e favorece o produtor de mirtilo é que à época de florescimento da cultura coincide com o período de entressafra de produção de mel na maior parte do Brasil. Por isso, a aquisição ou um possível aluguel de colônias para polinização dirigida poderá ser facilitado, pois as colônias estariam em ociosidade produtiva neste período.

O período total de desenvolvimento floral (da gema até a formação de botões florais) foi em média 29,08 dias e de antese da flor até sua senescência foi de 6,7 dias, totalizando em média 35,8 dias de desenvolvimento floral.

O maior período de desenvolvimento floral foi de 36,23 dias constatado em ‘Jewel’ e de 35,53 em ‘Primadonna’, sem diferenças significativas entre as variedades.

A receptividade estigmática é um indicativo usual em estudos de biologia floral, possibilitando a inferência da viabilidade e funcionalidade do estigma para recepção dos grãos de pólen (SANZOL; HERRERO, 2001). Para todas as variedades, no dia da antese, observou-se uma baixa receptividade que aumentava consideravelmente até o terceiro dia de antese. A partir do terceiro dia a receptividade começou a declinar até o dia da queda ou senescência da corola, quando não observou-se mais receptividade do estigma, possivelmente devido à fecundação dos óvulos.

A receptividade durante todo o tempo de vida da flor pode indicar eficiência para receber os grãos de pólen, promover a fecundação e formação de frutos. No entanto os resultados

encontrados mostram que os mecanismos de recepção de viabilidade, para estigma e pólen são positivos.

5.2 Observações iniciais de visitantes florais naturais

No ambiente de campo aberto a predominância de *Apis mellifera* foi marcante, 90% dos indivíduos observados. Ainda foram observados 7% de outros himenópteros, como vespas, 2% de lepidópteros e 1% de pássaros (beijar-flor). No cultivo protegido foi verificado cerca de 50% de *Apis mellifera*, 46% de *Trigona hyalinata* e 4% outros himenópteros (vespas). Não foi observado no ambiente protegido a presença de lepidópteros e pássaros devido a presença da tela. Não foi verificado preferência entre as variedades, durante as observações, como a linhas de variedades são intercaladas, os visitantes pousavam em uma planta de uma variedade e imediatamente após a visita pousavam em outra variedade. Através dos dados de abundância de visitantes florais e condições climáticas podemos inferir que quanto mais elevada foi a temperatura, maior foi abundância dos visitantes florais na cultura do mirtilo. Norgate et al., (2010) mostram que as interações entre as flores e os polinizadores são dependentes da temperatura ambiente e, portanto, podem se alterar em diferentes ambientes térmicos.

Em uma análise simplificada, visual e por imagens de satélite, detecta-se uma predominância de pequenas áreas urbanas e o monocultivo de cana-de-açúcar em um raio de 2 Km da área do estudo. De acordo com Morandi et al. (2016), paisagens agrícolas simplificadas podem ser altamente produtivas, mas têm baixa diversidade de polinizadores devido aos monocultivos e habitat natural limitado. Além disso, falta de habitat natural leva a perdas de benefício ecossistêmicos como infiltração de água no solo, controle natural de pragas, polinização das plantas, entre outros, elevando os custos de produção e muitas vezes a inviabilidade da exploração agrícola (ZHANG et al., 2007; RUSCH et al., 2016). Assim, pode-se dizer que a área do presente trabalho possui características de simplicidade de paisagem e uma diversidade reduzida de visitantes florais. Mas essa característica pode ser contornada pelo produtor com alguns fatores. Segundo Bukovinszky et al. (2017), discutem em seu trabalho que a composição da paisagem pode estar relacionada diretamente com a presença ou ausência de polinizadores e afirmam que o aumento de habitats em áreas pouco preservadas pode aumentar a abundância de espécies de abelhas, mas que a riqueza de espécies de abelhas polinizadoras é mais complicada de melhorar a médio prazo, pois requer inúmeras atividades além de criar mais habitats do mesmo tipo de flores. Portanto, para a área de estudo verifica-se que adequar a área do entorno com a preservação de pequenas áreas pode ser uma alternativa, mas não resolverá

de maneira efetiva a produtividade da exploração agrícola. A Lei 12.651, de 25 de maio de 2012, estabelece normas para proteção da vegetação nativa em áreas de preservação permanente, reserva legal, uso restrito, exploração florestal e assuntos relacionados, e para o produtor rural esse ponto da legislação pode ser extremamente importante quando relacionamos com polinizadores, pois a principal função da lei é recuperar ou manter a biodiversidade dos ambientes naturais. Durante a aplicação da legislação ambiental o produtor pode se beneficiar escolhendo espécies nativas para compor a área preservada da propriedade que possam fornecer alimento na entressafra da cultura agrícola, no caso do trabalho o mirtilo, para os polinizadores e promovendo a sua permanência na área. Além de poder plantar espécies vegetais que as abelhas e outros polinizadores utilizam para nidificar e instalar ninhos armadilhas nessas áreas de preservação afim de atrair e manter abelhas solitárias, por exemplo. A introdução de polinizadores manejáveis pode ser uma estratégia importante associada a melhoria de habitat, para a médio prazo serem melhorados os aspectos de riqueza de espécies. Contudo, a partir desses pontos deve-se levar em consideração a viabilidade econômica da aplicação dessas práticas. Mas o produtor rural que pretende investir em melhoria de produção através do incremento de polinização a curto prazo deve investir na melhoria da paisagem e na permanência de polinizadores na área de produção, reduzindo seus custos e consequentemente melhorando receitas a longo prazo.

5.3 Requerimentos de polinização de mirtilo

O aumento na produtividade de frutos e a produção de frutos de maior peso são alguns dos benefícios que uma polinização bem-sucedida pode promover às culturas de importância econômica (FREE, 1993; KLEIN et al., 2007; GIANNINI et al., 2015). O isolamento floral foi o tratamento que produziu frutos de menor peso e tamanho (altura e diâmetro) comparado aos tratamentos de polinização aberta e polinização cruzada, bem como uma redução média de 6% na formação de frutos. Os frutos que não sofrem nenhum estímulo para polinização ficam sujeitos à autopolinização, não gerando diversidade genética e com isso desfavorecendo, principalmente, o aumento de massa dos frutos, parâmetro esse de extrema importância para o processo produtivo de mirtilo. Campbell et al., (2017) avaliaram o desempenho da abelha *Bombus impatiens* em variedade de mirtilo lowbush na Flórida e constataram que as flores que foram isoladas apresentaram uma redução de 8% na formação de frutos, dados que corroboram com os resultados encontrados neste trabalho.

O tratamento de polinização aberta (flores ficaram que livres para acesso de visitantes) apresentou frutos 23,62% ('Emerald'), 12% ('Snowchaser'), 27,59% ('Primadonna') e 38,41% ('Jewel') mais pesados que o tratamento de isolamento floral, para as respectivas variedades. Esses resultados confirmam que a ação de agentes polinizadores é necessária para uma maior eficiência de produção de frutos.

Para o tratamento de polinização cruzada comparado com a polinização aberta, observamos que houve um incremento de produção (peso de frutos) para três variedades, 'Emerald' 7,7%, Snowchaser 5,8% e Primadonna 12,12%. Esses resultados reforçam mais uma vez que, além da exposição da flor a agentes polinizadores o cruzamento de pólen entre as variedades melhora a produção de frutos. A única variedade que não apresentou resposta satisfatória, em termo de peso de frutos, foi a variedade 'Jewel' com -15,49% (déficit de polinização) em relação ao tratamento de polinização aberta. Essa exceção dos demais resultados para a variedade 'Jewel' é um ponto para investigação futura. Klein et al., 2014, afirmam que o excesso de polinização pode reduzir a qualidade de frutos e o número de sementes em algumas plantas, portanto, investigações detalhadas devem ser realizadas para verificar a compatibilidade real de cruzamento de pólen juntamente com a quantidade de polinizadores. Ainda com relação ao dado da variedade 'Jewel', outro ponto técnico que deve ser levantado é que, como o tratamento foi realizado manualmente, apesar de terem sido aplicado a mesma metodologia para todos os cruzamentos, pode ter acontecido alguma interferência durante o processo de manipulação que prejudicou a formação dos frutos dessa variedade.

Nestes tratamentos foram realizadas observações separadas em dois ambientes de produção para verificar se o ambiente protegido (coberto por uma lona plástica) influenciaria de alguma forma na formação de frutos em relação ao campo aberto. Além da influência nos tratamentos de polinização apresentados acima, foi verificado um ganho de peso e dimensão dos frutos no ambiente de campo aberto. De acordo com levantamento de informações históricas junto ao produtor de mirtilo Luis Milner, essas variações podem acontecer devido aos índices pluviométricos e ao manejo de fertilidade das plantas. A área protegida tem um plástico que impede a passagem de chuva nas plantas, e as mesmas ficam totalmente sujeitas ao regime de irrigação e nutrição do produtor, fazendo com que essas variações possam acontecer. Klein et al., 2014 mostram em seu trabalho com amêndoa (*Prunus dulcis*) na Califórnia que a compreensão de outros fatores relacionados a produção agrícola, como nutrição de plantas e irrigação, são de extrema importância para compreender as relações

produtivas globais do ambiente de produção comercial de culturas agrícolas. Os mesmos autores mostram que o estresse, nutricional, hídrico ou ambos, das plantas pode interferir no processo de polinização da cultura da amêndoa. Assim, percebe-se que a compreensão de demais fatores do ambiente de produção relacionados a esse trabalho com mirtilo devem ser melhor compreendidos, tendo em vista que o sistema de produção do referido produtor é totalmente dependente de água e nutrientes, pois as plantas de mirtilo ficam dispostas em vasos plásticos sem autonomia para buscar esses recursos do solo.

5.4 Desempenho de meliponíneos na área de produção de mirtilo

É de conhecimento de grande parte da comunidade global que os benefícios gerados por serviços ecossistêmicos são de extrema importância para a manutenção da humanidade (POTTS et al., 2016). Inúmeros são esses serviços ecossistêmicos relacionados à manutenção da vida na terra. E a polinização é um desses serviços considerados essenciais para propagação e evolução de espécies vegetais e animais, e para produção de alimento, quando estamos nos referindo ao bem-estar da humanidade (AIZEN et al., 2009; POTTS et al., 2016).

A polinização é um serviço essencial para grande parte das plantas nativas ou cultivadas (KREMEM et al., 2007). Mesmo quando os polinizadores não são determinantes para a produção agrícola, o benefício da polinização pode aumentar a quantidade e a qualidade das colheitas (ROUBIK, 2002). Mas a dependência da polinização é uma questão relativa, principalmente quando estamos discutindo produção agrícola (FREITAS; NUNES-SILVA, 2012). Algumas culturas como a do melão e da maçã são extremamente dependentes de polinizadores e da polinização cruzada. Se não houver esse processo durante o período de floração, poucos ou nenhum fruto poderão ser produzidos (FREITAS; NUNES-SILVA, 2012). Já a cultura do milho, importante cultura agrícola para o país, não apresenta uma dependência de animais para polinização, mas depende de um fator abiótico para esse processo, o vento. Outras culturas como a do café e da soja, não há grande dependência de polinizadores, mas a presença desses aumentam a qualidade de frutos produzidos, assim como a produtividade (FREE, 1993; ROUBIK, 2002; KLEIN et al., 2003; MONASTEROLO et al., 2015; GAZZONI, 2017). Identifica-se que independente do processo de polinização envolvido, se uma planta que possui a necessidade de transferência de grãos de pólen de uma estrutura masculina para a feminina não tiver essa transferência realizada de maneira efetiva não há formação de frutos.

Os resultados desse estudo mostraram que flores de mirtilo expostas a agentes polinizadores promove um ganho de peso (g) dos frutos quando comparado com o tratamento de isolamento floral. E além disso, o cruzamento de pólen entre variedades se mostrou importante, para algumas variedades, pois o aumento de peso do fruto foi significativo quando comparamos aos obtidos por polinização aberta. Mas o incremento produtivo que o mesmo pode ter com a saturação de visitantes florais e a transferência de grãos de pólen entre plantas, é relevante (em média 25,4% com polinização a cruzada), principalmente quando estamos relacionando o incremento produtivo promovido pela polinização ao aumento de produtividade, que é a variável mais importante para o produtor.

Como já discutido em parágrafos anteriores, uma das estratégias para elevar a presença de polinizadores é a melhoria do habitat local para possibilitar a permanência ou a ocorrência dos visitantes florais na área de produção. E uma outra estratégia é a prática da polinização dirigida, que já é aplicada em ambiente de produção agrícola em países da América do Norte e da Europa a muito anos. Essa atividade, juntamente com a preservação de habitats naturais, é uma prática que visa garantir a produção agrícola e ao mesmo tempo incrementar os recursos ambientais, ecológicos e econômicos no agroecossistema. Como exemplos, a abelha produtora de mel, *Apis mellifera* é muito utilizada na produção de cultivos agrícola há décadas (DELAPLANE; MAYER, 2000; JAMES; PITTS-SINGER, 2008; BREEZE et al., 2011). O aluguel de colônias de *A. mellifera* já é realizado em todo o mundo. No EUA, por exemplo, vários produtores de canola, alfafa e amêndoas utilizam o serviço de polinização como um insumo agrícola, semelhante a um fertilizante, defensivo químico, serviços de máquinas agrícolas, etc. O gênero *Bombus* spp., mamangavas de solo, é um outro exemplo marcante principalmente para a cultura do tomate em ambiente protegido da Europa (STRANGE, 2015). Para essas abelhas, diferente das *A. mellifera*, ocorre a venda das colônias, devido a características biológicas das mesmas, mas os produtores possuem a mesma mentalidade, tratam a compra dessas abelhas como um insumo essencial para o processo produtivo. A abelha solitária *Megachile rotundata* é um outro exemplo de sucesso para polinização de alfafa. Para essas abelhas o processo de comercialização funciona através de capturas de abelhas nos habitats de ocorrência e depois a comercialização dos ninhos capturados (STTUBS; DRUMMOND, 1997).

No Brasil a prática da polinização dirigida ainda não é vista pelos agricultores como uma prática essencial no contexto da produção agrícola (FREITAS; IMPERATRIZ-FONSECA, 2005). Apenas duas culturas, a da maçã (na região Sul) e a do melão (na região

Nordeste), apresentam a atividade de polinização dirigida presentes no ambiente de produção agrícola como um insumo importante e determinante para o sucesso econômico da atividade (FREITAS; NUNES-SILVA, 2012). Outros casos de sucesso ainda são explorados em pequenas escalas, como é o caso do morango (MALAGODI-BRAGA; KLEINERT, 2007), açaí (CAMPBELL et al., 2018), café (MALERBO-SOUZA; HALAK, 2012). Além desse casos, várias outras espécies conhecidas podem ser utilizadas na polinização dirigida no Brasil, como é o caso da cultura da acerola, murici e tamarindo, que possui abelhas do gênero *Centris* como polinizadores efetivos das floras da acerola (RAW, 1979; MELO et al., 1997; FREITAS et al., 1999; CASTRO, 2002; VILHENA; AUGUSTO, 2007, GARÓFALO et al., 2012), no maracujá-doce abelhas de espécies Centridini foram apontadas como potenciais para a cultura, além de serem importantes polinizadores de goiabeira e do cajueiro (GARÓFALO et al., 2012). No maracujá amarelo abelha do gênero *Xylocopa* são conhecidas há bastante tempo como polinizador potencial (GARÓFALO et al., 2012), até certo tempo não existia liberações dirigidas dessas abelhas em ambiente de produção, mas Junqueira et al. (2012) mostraram que a transferência de abelhas *Xylocopa*, por meio de ninho com estruturas reprodutivas, ou até mesmo o fornecimento de habitat para essas abelhas aumentaram significativamente a população na área de produção de maracujá.

Para o contexto do mirtilo não é diferente. Atualmente se conhece características importantes para polinização do mirtilo em alguns países do mundo (EUA e Europa). Mas a necessidade e eficiência de polinizadores ainda é bastante discutida e pouco se sabe sobre a polinização do grupo Highbush e principalmente para as variedades estudadas neste trabalho do grupo Southern Highbush (JESSON et al., 2014; CAMPBELL et al., 2017). Em diversos países foi verificado que a presença de abelhas de grande porte é marcante para o mirtilo do grupo Lowbush (STUBBS; DRUMMOND, 2001; JAVOREK et al., 2002). Essa relação de abelhas de grande porte com o mirtilo é associada a característica da antera da flor, que é poricida, e normalmente necessita de um estímulo para exposição do pólen. Todavia, em nosso trabalho verificou-se que mesmo sem a confirmação real do processo de vibração, a produção de frutos aconteceu, até mesmo no tratamento de isolamento floral. E trabalhos de Campbell et al., (2017) mostram que abelhas de pequeno e médio porte estão presentes em abundância em campo de produção de mirtilo no Estados Unidos.

Um dos objetivos desse estudo foi compreender aspectos básicos relacionados à polinização de quatro variedades de mirtilo, com baixa exigência de frio hibernar, que foram introduzidos em um ambiente que não possuía registro de ocorrência de produção desses frutos.

Além de compreender aspectos de polinização da planta, identificação de possíveis visitantes naturais na área de produção da cultura do mirtilo foi verificado também o resultado da introdução de abelhas nativas manejáveis na área de produção do mirtilo. A escolha das espécies foi baseada na ocorrência regional das mesmas e nas suas características corporais e comportamentais. Além disso, foram escolhidas espécies que são criadas por meliponicultores na região e de fácil acesso para possíveis agricultores interessados futuramente. Apesar da presença de *Apis mellifera* nas observações iniciais a ideia principal do trabalho era verificar outras espécies nativas potenciais para ampliar a diversidade de visitantes incrementar a produção de mirtilo e serem recomendadas para o produtor e futuros produtores da fruta na região.

A. mellifera esteve presente em todas as observações do início ao final do dia de observação, e em abundância de 86% mesmo depois da introdução de meliponíneos, comparada com outros visitantes. Apesar da presença marcante de abelhas *A. mellifera* em vários ambientes de produção agrícola, essa espécie não é eficiente para algumas culturas agrícolas (GARIBALDI et al., 2016). Alguns casos são conhecidos mundialmente, como o do maracujá-doce, onde essas abelhas são classificadas como pilhadoras, pois elas retiram o pólen da flor e não contatam os estigmas, consequentemente não realizando a polinização (SILVA et al., 2014). Outro exemplo é o caso do café em que o aumento na abundância de abelhas *Apis mellifera* não resulta em incremento de produtividade. Dessa forma, no caso do café, a diversidade é mais relevante do que a abundância de uma única espécie (KLEIN et al., 2003).

Em pomares de mirtilo lowbush no Canadá as abelhas *Apis mellifera* são predominantes, são disponíveis para aluguel, comparada com abelhas nativas (ABSON; TERMANSEN, 2011). Stubbs e Drummond (2001) afirmam que *A. mellifera* não é um polinizador eficiente quando comprado a polinizadores nativos e traz sérios riscos de acidente com as pessoas envolvidas no manejo. De acordo com Javorek et al. (2002) também discutem que *A. mellifera* precisa realizar mais de quatro visitas em uma flor para conseguir depositar a mesma quantidade de pólen de abelhas nativas.

Apesar da abundância de *A. mellifera* em flores de diversas culturas, deve-se compreender melhor a relação de flores com os polinizadores nativos, principalmente para espécie de plantas, como é caso do mirtilo no Brasil, que foram introduzidas em ambientes diferentes ao de origem. Já que no seu local de origem é conhecido que a eficiência de *A. mellifera* na polinização da cultura é baixa (STUBBS; DRUMMOND, 2001). Segundo Pettis

et al. (2013) *A. mellifera* raramente coletam pólen de mirtilo, devido a características das anteras dessas plantas e mostram que polinizadores nativos podem ser mais eficientes, principalmente os que promovem a vibração das anteras. Os mesmos autores ainda discutem em seu trabalho que abelhas que evoluíram no mesmo ambiente de plantas cultivadas, como é o caso da maçã e da amêndoa, pode apresentar uma relação de eficiência no processo visita a flor e coleta de recurso floral muito mais evidente. Assim, para esse primeiro momento, no mirtilo, a diversidade de visitantes na área de produção deve ser priorizada.

O que pode ser observado nos resultados é que três espécies nativas introduzidas (*Frieseomelitta varia*, *Tetragonisca angustula* e *Plebeia droryana*) na área de produção de mirtilo visitavam nas flores de mirtilo com frequência diária de 3 a 5 abelhas, dependendo da espécie, em temperaturas elevadas (22-25 °C) e faixa de horários determinados (das 10:00h às 15:00h). Segundo GIBBS et al. (2016), historicamente abelhas nativas eram importantes polinizadores de mirtilo nas suas regiões de origem, América do Norte, Europa e Ásia, mas atualmente *Apis mellifera* é predominante. Mas os polinizadores alternativos, como abelhas manejadas (como *Bombus* spp.) podem ser explorados e aplicados em ambientes agrícolas. Às vezes, um polinizador pode ser pouco eficiente, mas é a única alternativa disponível para manejo e sua ineficiência pode ser parcialmente compensada pelo aumento da sua abundância (FREITAS, 1995). Nesses casos, agricultor pode investir em duas estratégias simultaneamente, manejar as abelhas disponíveis, para compra ou aluguel, e ao mesmo tempo investir em plantio de plantas atrativas para as abelhas silvestres e melhorias na paisagem para aumentar a abundância e diversidade dos polinizadores não manejáveis (ISAACS et al., 2017)

Nesse estudo constatou-se que *Melipona quadrifasciata* e *Scaptotrigona depilis* não visitaram as flores de mirtilo. Apesar de *M. quadrifasciata* ser considerada uma abelha de grande porte comparada com outras abelhas sem ferrão e ser eficiente no processo de polinização por vibração (NUNES-SILVA et al., 2010) a mesma não foi detectada nas observações. A floração do mirtilo ocorreu em estações do ano (predominância de Outono e Inverno) onde as temperaturas estavam na faixa de 16 °C a 20 °C. Segundo Kleinert et al. (2009) *M. quadrifasciata* iniciam suas atividades em temperaturas amenas (14 °C a 16 °C), todavia a temperatura não é uma explicação para a não detecção dessas abelhas no mirtilo, pois elas se mantiveram ativas durante o período de estudo, forrageando em outras fontes de alimento. Além disso *M. quadrifasciata* apresentou uma sensibilidade ao manejo e a paisagem degradada do entorno da plantação, pois uma das colônias morreu durante a execução do trabalho por

enfraquecimento gradual. Dessa forma essa espécie não é recomendada para a cultura do mirtilo com base nos resultados obtidos nesse trabalho.

Já *Scaptotrigona depilis* é uma abelha com um comportamento de forrageamento característico e bastante ativo pelo grande tamanho de sua população (cerca de 10.000 abelhas por colônia). Elas forrageiam em busca de alimento utilizando uma comunicação de trilha de cheiro e sempre em um grande número de indivíduos (KERR et al., 1963). Apresentam preferência por plantas com florescimento massal, ou seja, flores que fornecem grandes quantidade de recursos alimentares e que apresentam uma concentração de floração em período curto e determinado, mas que fornece os componentes nutricionais adequados para sobrevivência da espécie (ALEIXO, 2013). Na cultura do morango foi avaliado o desempenho de polinização de *S. depilis* e as mesmas também apresentaram o mesmo comportamento, de não visitar a florada do morango, que é distribuída de formas dispersa ao longo de 120 dias (informações pessoais)¹. Além dessas características a temperatura é um fator determinante para essa abelha sem ferrão iniciar suas atividades de coleta de recursos florais (MICHENER, 1974). Assim, sugere-se que a ausência de *S. depilis* em flores de mirtilo, pode estar associada ao período de florescimento da cultura que é distribuído ao longo de 60 dias.

As abelhas nativas introduzidas na área de produção de mirtilo identificadas nas observações também apresentam comportamentos característicos. Abelhas sem ferrão de pequeno porte (menos que 2 mm) reduzem a sua atividade de forrageamento em temperaturas inferiores a 20°C, reduzindo o metabolismo e consequentemente a capacidade de voar (KLEINERT et al. 2009). A afirmação desses autores confirma as observações dessas abelhas na área de mirtilo, pois essas abelhas foram observadas apenas quando a temperatura estava acima de 20°C nos horários mais quentes do dia.

Abelhas sem ferrão são importantes para o processo de polinização em área agrícola, porque além de garantir uma eficiência da formação de frutos podem ser combinadas com outros polinizadores (VENTURIERI et al., 2012), como é o caso de *Apis mellifera*, observada em abundância nas plantas de mirtilo também.

Das três espécies introduzidas na área de produção de mirtilo identificadas visitando as flores todas foram observadas tocando o estigma da flor. Duas espécies, *Tetragonisca angustula*

¹ Cristiano, M. Projeto PIPE-FAPESP 12-51112-0. Mensagem recebida por menezes.cristiano@gmail.com em 19 ago. 2016.

e *Plebeia droryana*, apresentaram um comportamento semelhante durante a visita, que foi a entrada total no interior da flor. Mas com relação ao tempo de permanência no interior da flor *P. droryana* permanecia 1,53 minutos em média no interior da flor coletando recurso floral (néctar) e *T. angustula* 0,45 minutos em média. Já *Frieseomelitta varia* teve seu acesso a flor classificado como parcial, pois essas abelhas não entravam totalmente na flor. O tempo média da visita de *F. varia* foi 0,53 minutos. Esses resultados mostram que essas abelhas sem ferrão podem ser potenciais polinizadores do mirtilo pelo comportamento de visita e o tempo da visita. Quanto mais tempo as abelhas permaneceram na flor, maior é a probabilidade de grãos de pólen entrarem em contato com o estigma e promover a fertilização do ovário. *Apis mellifera* durante a visita permanece cerca de 0,09 minutos em cada flor. Esses resultados apresentam relação com os dados apresentados no trabalho de Javorek et al. (2002) onde eles discutem que para uma polinização efetiva de flores por abelhas *A. mellifera* essas abelhas precisam visitar quatro vezes a flor para depositar a mesma quantidade de pólen que abelhas nativas depositam em uma única visita.

5.5 Adaptação e sobrevivência dos meliponíneos na área de cultivo de mirtilo

Os resultados desse estudo mostram que mesmo em um ambiente com uma intensidade grande de manejo fitossanitário as abelhas suportaram razoavelmente bem, com apenas uma ocorrência de mortalidade de colônias que pode ter associação com o manejo fitossanitário, pois a colônia de *Melipona quadrifasciata* que morreu foi devido a enfraquecimento gradual e não apresentavam sinais claros de intoxicação.

No ano de 2016 e 2017 foram realizadas 28 e 20 aplicações de produtos químicos, respectivamente. As aplicações foram realizadas com um pulverizador pressurizado através de uma bomba e a calda era aplicada sobre as plantas. As aplicações não seguiam um padrão de horário ao longo do dia, mas sob algumas orientações o produtor tentou realizar as aplicações próximo ao final da tarde, após as 15:00h (horário de atividade das abelhas sem ferrão). Mas devido ao contrato trabalhista do funcionário da propriedade as aplicações não podiam se estender após as 18:00h (horário mais adequado para aplicações, devido a interrupção das atividades das abelhas fora da colônia) e algumas vezes as aplicações foram realizadas durante os horários de forrageamento máximo das abelhas sem ferrão. A comunicação para o bem-estar das colônias junto ao produtor era eficiente, porém devido a problemas de operação da produção não foi possível dar prioridade máxima para as abelhas.

Foi utilizado um total de 44 produtos químicos comerciais onde 43% eram fungicidas, 34% inseticidas, 18% fertilizantes e 5% adjuvantes/espalhantes adesivo. Dos 43% do fungicidas, 69% eram produtos com classificação de periculosidade ambiente II – muito tóxico ao ambiente. Já os inseticidas, dos 34%, 44% apresentam classificação de periculosidade ambiente classe II – muito perigoso ao ambiente.

De um total de 33 colônias introduzidas na área de produção, 18,18% morreram (6 colônias – 1 *Melipona quadrifasciata* e 5 - *Plebeia droryana*). A única colônia de *M. quadrifasciata* que morreu foi devido a fragilidade do ninho, existia pouco alimento e poucas abelhas vivas no interior da colônia. As colônias de *Plebeia droryana* que morreram foram encontradas com poucas abelhas mortas na entrada do ninho, número extremamente reduzido de abelhas vivas, muito imaturas, no interior da colônia e presença de crias e alimento sem nenhum sinal de contaminação ou ataque de predadores. Sintomas que não são semelhantes ao “Colony Collapse Disorder” - CCD, que ocorre em *Apis mellifera* e algumas abelhas silvestres nos Estados Unidos da América e na Europa, onde um dos sintomas mais claros é a presença de rainha na colônia, abelhas vivas, imaturas, dentro da colônia e o sumiço de forrageiras. (VAN ENGELSDORP et al., 2010; PIRES et al., 2016).

As causas de mortalidade ainda são indefinidas e não podem ser diretamente associadas a aplicações de produtos químicos, pois apesar do ambiente de agricultura intensa foi realizada uma análise em laboratório, no programa Colmeia Viva do Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Vegetal - SINDIVEG, e não foram detectados substâncias químicas na amostra. No entanto, vale salientar que por serem abelhas de pequeno porte e os métodos utilizados ainda hoje serem padronizados para *Apis mellifera* (abelhas de médio porte) e devido à logística do projeto COLMEIA VIVA para coleta de amostras, não foi possível coletar as abelhas dentro do prazo técnico estabelecido e em quantidades suficientes de acordo com o método analítico empregado. Quando a detecção em campo de mortalidade aconteceu, não se sabe ao certo quanto tempo as abelhas estavam naquela situação, pois as avaliações das colônias aconteciam mensalmente. Apesar de esse resultado não ser conclusivo, a causa de mortalidade pode estar associada também a fatores ambientes, como temperaturas extremamente baixas que ocorreram no período de mortalidade.

Muito se conhece sobre os efeitos agudos, em laboratório, dos produtos químicos do grupo dos neonicotinóides, sobre as abelhas (CRESWELL et al., 2012; BARBOSA et al., 2015), mas pouco trabalhos identificam os efeitos de mortalidade desse grupo químico em

campo com variáveis ambientais integradas. Esse é um ponto de extrema importância para discussão, pois nos últimos anos os debates com relação aos problemas gerados por produtos agrícolas do grupo dos neonicotinóides em abelhas são intensos e normalmente retratam situações extremas de mortalidade.

A Europa vive a discussão do uso de defensivos agrícola do grupo dos neonicotinóides por se tratar de produtos considerados de risco elevados para as abelhas. Em 2013 a Comissão Europeia suspendeu temporariamente, para culturas atrativas para as abelhas, esses produtos químicos do grupo dos neonicotinóides, após testes laboratoriais terem demonstrado que esses produtos apresentavam riscos reais para as abelhas (EU POLLINATORS INITIATIVE, 2018). Neonicotinóides são produtos classificados como sistêmicos e possui a capacidade de translocar no interior das plantas (BLACQUIÈRE et al., 2012), podendo essas substâncias serem levadas para o néctar e o pólen e entrarem em contato com as abelhas que coletam esse recurso. Estudos foram realizados após a restrição ao longo de cinco anos, mas o assunto não está completamente resolvido, de acordo com vários especialistas (ENTINE 2018). Mesmo assim, a comissão Europeia determinou a suspensão definitiva dos três neonicotinóides: imidacloprid, thiamethoxam e clothianidin (EU POLLINATORS INITIATIVE, 2018).

Há pesquisadores que defendem essa posição da União Europeia, e afirmam que a discussão atual sobre o tema é direcionada muito mais a interesses políticos do que interesses técnico-científico (ENTINE, 2018). De acordo com alguns cientistas, não é possível estabelecer testes em laboratórios ou campos baseados em uma única espécie, que é a *Apis mellifera*, e depois extrapolar para todas as abelhas silvestres (ZARUK, 2017). E a proibição definitiva dos neonicotinóides, que são produtos mais novos e seguros desenvolvidos pela indústria para a agricultura nos últimos 20 anos, põe em discussão um outro ponto, o que os produtores agrícolas utilizarão a partir de agora? No mercado a abundância de piretróides e outros produtos com toxicidade elevada, quando comparado aos neonicotinóides é expressiva. E a discussão sobre os neonicotinóides levanta a questão que não devemos nos preocupar apenas com uma possível causa do problema e sim estabelecer estratégias para minimizar os problemas ambientais dos últimos tempos e cada vez mais instruir e racionalizar o uso de defensivos agrícolas, aplicando sempre as boas práticas de produção.

Esse estudo oportunizou vivenciar esse conflito entre a necessidade do controle de pragas e a presença de polinizadores na área de produção. A tentativa de orientação e convívio com o manejo fitossanitário do produtor foi constante, mesmo não sendo o foco principal do

trabalho. E o interesse do produtor em melhorar e aprender mais também foram evidentes. Por ser uma cultura introduzida em um ambiente diferente da sua origem (clima temperado) o receio do produtor de mirtilo era marcante, qualquer indício de doenças ou insetos pragas na área de produção era um motivo para o mesmo inserir uma aplicação de defensivo agrícola na produção. Nos primeiros anos do trabalho, durante alguns meses, ocorriam aplicações através de calendários, programadas durante os dias da semana, mesmo sem existir a necessidade técnica agrônômica de aplicação. E um número expressivo das aplicações o produtor fazia uso de inseticidas sistêmicos, como o do grupo dos neonicotinóides, de contato, como os piretróides, entre outros. Como é uma cultura com um custo de implantação comercial elevado (NÚÑEZ; REY, 2009), os cuidados do produtor para não perder seu investimento eram constantes. Além disso, a opção de plantio desse produtor foi em vasos e não diretamente no solo, onde as plantas ficam com suas raízes limitadas e a água e nutrientes necessários eram fornecidos através da fertirrigação, demandando cada vez mais insumos químicos para produção e cuidados excessivos para não perder as plantas.

Como a cultura do mirtilo é relativamente recente no Brasil, principalmente na região sudeste, não existe relações claras com doenças e insetos pragas na cultura (CANTUARIAS-AVILES, 2010). No entanto, da mesma forma que a discussão do trabalho envolve a relação de adaptação das abelhas com a polinização da cultura, ano após ano podem ocorrer adaptação de insetos e microrganismos que utilizarão a plantas do mirtilo como hospedeira. Motivo pelo qual o produtor de mirtilo deste trabalho utilizava bastante defensivos agrícolas.

Alguns microrganismos como os fungos *Pestotia* sp., *Botrytis cinerea*, *Aspergillus* sp. e *Phytophthora cinnamomi* são relatados como problemas para a cultura (CANTUARIAS-AVILES, 2010) e os produtores e técnicos do Brasil, principalmente em novas regiões de produção, devem ficar atentos a esses problemas, visto que são patógenos que já ocorrem em outras culturas agrícolas.

Junto a essa discussão da adaptação de doenças e patógenos na cultura do mirtilo, existe outro ponto a ser considerado, que é a real prática do manejo integrado de pragas nas culturas agrícolas. A filosofia do Manejo Integrado de Pragas - MIP recomendada a cerca de 25 anos atrás foi adotada por todos os centros internacionais de agricultura, pela FAO, por muitos governos, em países desenvolvidos assim como em países em desenvolvimento (CARVALHO; BARCELLOS, 2012), mas pouco tem sido aplicada. Em quase todos os cultivos agrícolas o uso da estratégia química, que é aplicação de defensivos agrícola sintéticos, é frequente. E se uma

cultura agrícola for instalada, e não houver um planejamento fitossanitário, a escolha sempre será dirigida para utilização de defensivos agrícolas. Isto porque, os outros métodos de controle exigem planejamento e ações antecipadas (CARVALHO; BARCELLOS, 2012). Se não há um monitoramento efetivo de pragas na cultura do mirtilo, infelizmente, ficará difícil o produtor associar táticas de controle ambientalmente sustentáveis, resultando apenas no uso de remediações para problemas ainda desconhecidos.

Além disso para o uso de produtos fitossanitários no Brasil o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento estabelece normas para registro, recomendações e comercialização de produtos químicos para uso em culturas agrícolas. Todo e qualquer produto fitossanitário para ser utilizado em uma cultura agrícola deve ter a recomendação para a praga alvo e para a cultura explorada comercialmente, e ser recomendado por um profissional habilitado. Neste trabalho foi realizado um levantamento no banco de informações sobre os produtos agroquímicos e afins registrados no Ministério da Agricultura e nenhum produto utilizado pelo produtor é registrado para a cultura do mirtilo. No Brasil existe apenas três produtos químicos comerciais registrados para a cultura do mirtilo (Figura 21), um inseticida, um fungicida e um acaricida.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Agricultura
AGROFIT
Sistema de Agrotóxicos Fitosanitários

Pragas | Ingredientes Ativos cons | Produtos Formulados | Relatórios

► **Consulta de Produtos Formulados**

► **Dados do Produto**

Marca Comercial	Titular de Registro	Nr. Registro	Ingrediente Ativo(Grupo Químico)
Delegate	Dow Agrosiences Industrial Ltda. - São Paulo	14414	Espinetoram (espinosinas)
Mythos	Bayer S.A. - São Paulo/ SP	9398	pirimetanil (anilino pirimidina)
Ortus 50 SC	Arysta Lifescience do Brasil Indústria Química e Agropecuária S.A. - São Paulo	3893	fenpiroximato (pirazol)

Registros[1/3] - Total de 3
 Nova Consulta

Copyright © 2003 - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Coordenação-Geral de Agrotóxicos e Afins/DFIA/SDA
 Dúvidas e sugestões devem ser encaminhadas para o e-mail: agrofit@agricultura.gov.br

Figura 21. Imagem do banco de informações sobre os produtos agroquímicos e afins do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento apresentando os produtos químicos registrados para a cultura do mirtilo no Brasil.

Este fato mostra que são necessários mais estudos e orientações técnicas no campo. Muitas vezes o desconhecimento do produtor é uma das principais causas de problemas na

agricultura. Antes de criar proibições ou restrições para atividades agrícola e produtos é necessário o desenvolvimento de trabalhos de extensão rural e educação ambiental para todas as áreas que envolvem a produção agrícola. Assim, podemos aplicar e incorporar outras estratégias sustentáveis no manejo de pragas e doenças.

5.6 Análise de danos provocados nas flores de mirtilo devido ao comportamento de forrageamento de *Trigona hyalinata* (Lepeletier)

Abelhas, nativas e sem ferrão, do gênero *Trigona* são insetos que sempre estão em discussão no ambiente agrícola. Alguns produtores associam a presença dessas abelhas a perdas produtivas de culturas agrícolas, outros, pelo contrário, sabem que essas abelhas trazem benefícios para o processo produtivo seus serviços de polinização das flores. Abelhas do gênero *Trigona*, são abelhas sociais que coletam néctar, pólen e resinas e tecido vegetais (ALVES-DOS-SANTOS et al., 2016). Esses últimos produtos coletados, a resina e os tecidos vegetais, é de extrema importância para o processo biológico da espécie, pois são utilizados como ferramenta principal para construção e proteção da colônia (ARMBRUSTER; MUCHHALA, 2009). Todavia, em muitas espécies vegetais essa coleta é realizada pelas abelhas através de um ferimento na estrutura vegetal, provocando assim um dano que poder ser leve ou até mesmo levar a planta à morte. Em Eucalipto (*Eucalyptus dunnii*), por exemplo, Chiaradia et al. (2003) relatam que abelhas do gênero *Trigona* provocam danos no tronco e prejudicam o desenvolvimento na planta causando defeitos comerciais que condenam a madeira que será comercializada. Em goiabeiras existem relatos no Brasil de danos provocados em flores por essas abelhas associados a perdas de produção (BOTI et al., 2016). De acordo com Moura et al. (2017) ataques de abelhas *Trigona spinipes* em mogno-africano (*Khaya ivorensis*), destroem o broto apical, atrofiando a planta e provocando depreciação no fuste, importante estrutura comercial.

Além das culturas citadas acima, *T. spinipes*, também já foi relatada causando danos em feijão-guandu (COUTO; MENDES, 1996), acerola (*Malpighia emarginata*) (ALVES; AZERÊDO; LORENZON, 1996), laranjeira (*Citrus* spp.) (MARLERBO-SOUZA, 1996), entre outras culturas.

No presente trabalho, uma preferência por flores das variedades ‘Emerald’ e ‘Primadonna’. Quando se comparou o peso, diâmetro e altura dos frutos produzidos entre flores danificadas por abelhas *T. hyalinata* e flores sadias não se constatou diferenças significativas para as duas variedades. Entretanto, verificou-se uma redução de 7% no número de frutos

produzidos nas flores danificadas na variedade ‘Emerald’ e 11% em ‘Primadonna’. A redução no número de frutos pode ser significativa em uma escala de produção comercial. Em mirtilheiro, *Vaccinium ashei* do grupo ‘Rabbiteye’ estudos mostram danos a flores provocados por abelhas *Trigona spinipes*, ocasionando baixa frutificação e reduzindo tamanho dos frutos (SILVEIRA et al., 2010). E Cantuarias-Aviles (2010) relata que *T. spinipes* pode ser considerada uma praga na cultura de mirtilheiro, principalmente em plantios próximos de regiões de mata.

Giannini e Jaffé (2015) discutem em seu trabalho que abelhas do gênero *Trigona* são potenciais polinizadores para culturas agrícolas. Mas neste trabalho podemos dizer que as mesmas ainda não podem ser classificadas como potencial polinizador. Como ressaltou Nogueira-Neto (1997) essas abelhas nem sempre inserem a probóscide no nectário, e acessam os nectários florais através de perfurações na base da corola principalmente. Os resultados desse estudo mostram que a abelhas da espécie *Trigona hyalinata* acessam os nectários pela abertura principal da flor, mas antes disso, podem destruir as pétalas e as estruturas reprodutivas para facilitar sua entrada.

Outro fato que deve ser considerado é que as abelhas espécie *T. hyalinata* observadas na área de produção não permaneceram na área após a introdução das abelhas nativas. Essa ausência nos anos seguintes pode apresentar alguma relação com a introdução de abelhas sem ferrão na área, mas isso não foi comprovado até o término do trabalho. Como já foi comprovado em outros trabalhos (CORTOPASSI-LAURINO; RAMALHO, 1998), essas abelhas apresentam comportamento de coleta em boas fontes de alimento, sendo generalistas. Os ninhos, externos, geralmente nas forquilhas dos galhos das árvores, são distribuídos regularmente no ambiente. Assim, outras fontes disponíveis na área podem ter desviado essas abelhas do mirtilo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

6. Considerações finais

A primeira consideração com relação a esse estudo é que para a polinização de mirtilo do grupo Southern Highbush, variedade ‘Emerald’, ‘Snowchaser’, ‘Primadonna’ e ‘Jewel’ o visitante floral mais abundante no local de estudo foi *Apis mellifera*. No entanto, polinizadores nativos, principalmente meliponíneos das espécies *Tetragonisca angustula*, *Plebeia droryana* e *Frieseomelitta varia* devem ser preservados e introduzidos em áreas de produção de mirtilo, pois podem contribuir para um aumento da produção de frutos.

As variedades de mirtilo do tipo Southern Highbush estudadas não apresentam nenhuma síndrome específica de polinização. As estruturas femininas e masculinas das flores ficam à disposição para fecundação durante o tempo de vida da flor.

O manejo fitossanitário deve ser levado em consideração, pois mesmo que esse estudo não comprove, sabe-se que a exposição direta de abelhas a defensivos agrícolas pode levar esses insetos a morte.

Abelhas do gênero *Trigona*, especificamente a espécie *Trigona hyalinata*, podem provocar redução da produção de frutos em plantas de mirtilo, porém aspectos ambientes relacionados a presença ou ausência dessas abelhas em área de produção de mirtilo devem ser melhor compreendidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

7. Referências bibliográficas

- ABSON, D.J., TERMANSEN, M. Valuing ecosystem services in terms of ecological risks and returns. **Conservation Biology**, Washington, v.25, p. 250–258, 2011.
- AGUILAR, I.; FONSECA, A.; BIESMEIJER, J. C. Recruitment and communication of food source location in three species of stingless bees (Hymenoptera, Apidae, Meliponini). **Apidologie**, Les Ulis, v.36, n.3, p. 313 – 324, 2005.
- AIDAR, D. S. A mandaçaia: Biologia de abelhas, manejo e multiplicação artificial de colônias de *Melipona quadrifasciata* Lep. (Hymenoptera, Apinae, Meliponinae). Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 104p., 1996.
- AIGNER P.A. **The evolution of specialized floral phenotypes in a fine-grained pollination environment**. In: Specialization and generalization in plant-pollinator interactions, ed. WASER N. M., OLLERTON, J. Chicago: University Chicago Press, 2004.
- AIZEN, M.; GARIBALDI, L.; CUNNINGHAM, S.; KLEIN, A. 2009. How much does agriculture depend on pollinators? Lessons from long-term trends in crop production. **Annals of Botany**, v.103, n.9, p.1579-1588, 2009.
- ALEIXO, K. P. **Sazonalidade na disponibilidade de alimento e dinâmica de forrageamento em *Scaptotrigona aff. depilis* (Hymenoptera, Apidae, Meliponini)**. Dissertação de Mestrado – Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto. 87p, 2013.
- ALVES-DOS-SANTOS, I. SILVA, C. I. PINHEIRO, M.; KLEINERT, A. M. P. Quando um visitante floral é um polinizador? **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v.67, n.2: p.295-307, 2016.
- ALVES, E. U.; AZERÊDO, G. A.; LORENZON, M. C. A. *Trigona spinipes* (Hym: Meliponinae) danificando acerola (*Malpighia glabra*), 1996. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 11, **Anais, Teresina: Confederação Brasileira de Apicultura**, p.353, 1996.
- ARMBRUSTER, W.S.; MUCHHALA, N. Associations between floral specialization and species diversity: cause, effect, or correlation? **Evolutionary Ecology**, London, 23, 2009.

BARBOSA, W. F.; SMAGGHE, G.; GUEDES, R. N. C. Pesticides and reduced-risk insecticides, native bees and pantropical stingless bees: pitfalls and perspectives. **Pest Management Science**, London, v.71, n.8, p. 1049-1053, 2015.

BLACQUIÈRE, T.; SMAGGHE, G.; VAN GESTEL, C. A. M.; MOMMARTS, V. Neonicotinoids in bees: a review on concentrations, side-effects and risk assessment. **Ecotoxicology**, Oak Ridge, v.22, n.4, p. 973-992, 2012.

BOTI, J. B.; MADALON, F. Z.; OLIVEIRA, B. R.; HADDADE, I. R. Insetos provocadores de danos em folhas, flores e frutos da goiabeira (*Psidium guajava* L., Myrtaceae) nos pomares conduzidos em sistema de cultivo convencional e orgânico, no município de Santa Teresa-ES. **Natureza on line**, Santa Teresa, v.14, n.1, p. 040-044, 2016.

BRAZELTON, C. **World blueberry acreage and production**. World blueberry acreage and production report, 77p., 2013. Disponível em: <http://floridablueberrygrowers.com/wp-content/uploads/2013/03/NABC_2012-World-Blueberry-Acreage-Production.pdf>. Acesso em: 05 julho 2016.

BREEZE, T. D.; BAILEY, K. G.; BALCOME, K. G.; POTTS, S. G. Pollination services in the UK: How important are honeybees? **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.142, n.3-4, p. 137-143, 2011.

BRITTAIN, C.; KREMEN, C.; KLEIN, A. M. Biodiversity buffers pollination from changes in environmental conditions. **Global Change Biology**, v.19, p.540–547, 2013.

BUKOVINSZKY, T.; VERHEIJEN, J.; ZWERVER, S.; KLOPA, E.; BIESMEIJER, J. C.; WÄCKERS, F. L.; PRINS, H. H. T.; KLEIJN, D. Exploring the relationships between landscape complexity, wild bee species richness and reproduction, and pollination services along a complexity gradient in the Netherlands. **Biological Conservation**, v.214, p.312-319, 2017.

CAMARGO, J. M. F.; PEDRO, S. R. M. **Notas sobre a bionomia de *Trichotrigona extranea* Camargo & Moure** (Hymenoptera, Apidae, Meliponini). **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v.51, n1, p. 72-81, 2007.

CANTUARIAS-AVILES, T. **Cultivo do Mirtileiro**. Divisão de biblioteca e documentação – Universidade de São Paulo. Série Produtor Rural, 48, 38p., 2010

CANTUARIAS-AVILES, T; DA SILVA, S.R.; MEDINA, R.B.; MORAES, A.F.G.; MARIANA FREIRE ALBERT, M.F. Cultivo do mirtilo: atualizações e desempenho inicial de variedades de baixa exigência em frio no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.36, n.1, p.139-147, 2014.

CAMPBELL, A. J.; WILBY, A.; SUTTON, P.; WACKERS, F. L. Do sown flower strips boost wild pollinator abundance and pollination services in a spring-flowering crop? A case study UK cider apple orchards. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.239, p.20-29, 2017.

CAMPBELL, A. J.; CARVALHEIRO, L. G.; MAUÉS, M. M.; JAFFÉ, R.; GIANNINI, T. C.; FREITAS, M. A. B.; COELHO, B. W. T. Anthropogenic disturbance of tropical forests threatens pollination services to açai palm in the Amazon river delta. **Journal of Applied Ecology**, p. 1-2, 2018.

CAMPBELL, J. W.; O'BRIEN, J. O.; IRVIN, J. H.; KIMMEL, C. B.; DANIELS, J. C.; ELLIS, J. D. Managed bumble bees (*Bombus impatiens*) (Hymenoptera: Apidae) caged with blueberry bushes at high density did not increase fruit set or fruit weight compared to open pollination. **Environmental Entomology**, v.46, n.2, p.237–242, 2017.

CASTRO, M. S. **Bee fauna of some tropical and exotic fruits: potential pollinators and their conservation.** In: KEVAN, P. G.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. (Eds.). Pollinating Bees – the Conservation Link between Agriculture and Nature. Brasília, Ministry of Environment, p. 275-288, 2002.

CARVALHO, N. L.; BARCELLOS, A. F. Adoção do manejo integrado de pragas baseado na percepção e educação ambiental. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v.5, n.5, p. 749-766, 2012.

CHIARADIA, L. A.; CROCE, D. M.; MILANEZ, J. M.; MORGAN, C. Dano e controle da abelha “irapuá” em eucalipto. **Agropecuária Catarinense**, v.16, n.1, p. 60-62, 2003.

CORTOPASSI- LAURINO, M.; RAMALHO, MAURO. Pollen harvest by Africanized *Apis mellifera* and *Trigona spinipes* in São Paulo: botanical and ecological views. **Apidologie**, v. 19, p. 1-24, 1988.

COUTO, L. A.; MENDES, J. N. Influência da polinização entomófila na cultura do feijão guandú (*Cajanus cajan* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 11., 1996, Teresina. **Anais, Teresina: Confederação Brasileira de Apicultura**, p. 329, 1996.

CRESSWELL, J. E.; PAGE, C. J.; UYGUN, M. B.; HOLMBERGH, M.; LI, Y.; WHEELER, J. G.; LAYCOCK, I.; POOK, C. J.; IBARRA, N. H.; SMIRNOFF, N.; TYLER, C. R. Differential sensitivity of honey bees and bumble bees to a dietary insecticide (imidacloprid). **Zoology**, v.115, n.6, p. 365-371, 2012.

CRUZ, D. O. de. **Biologia floral e eficiência polinizadora das abelhas *Apis mellifera* L. (Campo aberto) e *Melipona quadrifasciata* Lep. (Ambiente protegido) na cultura da pimenta malaqueta (*Capsicum frutescens* L.) em Minas Gerais, Brasil.** 2009. 202 p. Tese Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

DAFNI, A.; KEVAN, P.G.; HUSBAND, B.C. **Practical Pollination Biology.** Enviroquest, 590p, 2005.

DELAPLANE, K. S.; MAYER, D. F. Crop pollination by bees. **CABI Publishing**, 345p., 2000.

DESJARDINS, E. C.; OLIVEIRA, D. Commercial Bumble Bee *Bombus impatiens* (Hymenoptera : Apidae) as a Pollinator in Lowbush Blueberry (Ericale: Ericaceae) Fields. **Journal Economical Entomology**, v.99, n.2, p. 443-449, 2006.

EHLENFELDT, M.K. Self and cross-fertility in recently released highbush cultivars. **HortScience**, v.36, n.1, p. 133–135, 2001.

ENTINE, J. **With the science settled that neonicotinoids don't cause honeybee problems, why does europe need to ban them?** Science 2.0 Join the revolution, 2018. Disponível em:<http://www.science20.com/jon_entine/>. Acesso em: 19 junho 2018.

EU POLLINATORS INITIATIVE. **Communication from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions.** Brussels, v.302-303, 2018. Disponível em:<http://ec.europa.eu/environment/nature/conservation/species/pollinators/documents/EU_pollinators_initiative.pdf>. Acesso em: 20 junho 2018.

FAO. **Faostat 2013.** Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 13 junho 2017.

FENSTER, C. B.; ARMBRUSTER, W.S. ; WILSON, P.; DUDASH, M. R.; THOMSON, J. D. Pollination syndromes and floral specialization. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, n.35, p. 375-403, 2004.

FLORIDA BLUEBERRY GROWERS. **FBG variety grower's guides**. 2009. Disponível em: <http://www.floridablueberrygrowers.com/varieties.html>. Acesso em 29 Jul. 2017.

FREE, J. B. **Insect pollination of crops**. Second Edition, London: Academic Press, 684p, 1993.

FREITAS, B. M.; ALVES, J. E.; BRANDAO, G. F.; ARAUJO, Z. B. Pollination Requirements of West Indian Cherry (*Malpighia emarginata*) and its putative pollinators, *Centris* Bees, in NE Brazil. **Journal of Agricultural Science**, v.133, p. 303-311, 1999.

FREITAS, B.M. **The pollination efficiency of foraging bees on apple (*Malus domestica* Borkh) and cashew (*Anacardium occidentale* L.)**. 1995. 197f. Tese (PhD em Apicultura e Polinização) - University of Wales, 1995.

FREITAS, B. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. A importância econômica da polinização. **Mensagem Doce**, São Paulo, vol. 80, p. 44-46, 2005.

FREITAS, B. M.; NUNES-SILVA, P. **Polinização agrícola e sua importância no Brasil**. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; CANHOS, D.A. L.; ALVES, D.A.; SARAIVA, A.M. Polinizadores do Brasil. Contribuição - e Perspectivas para a Biodiversidade, Uso sustentável, Conservação e Serviços Ambientais. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo – EDUSP, 485p., 2012.

FONSECA, L.L. DA; OLIVEIRA, P.B. DE. A planta de mirtilo: morfologia e fisiologia. **AGRO - Folhas de divulgação**, v.556, n.2, 2007.

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

GARIBALDI, L. A.; STEFFAN-DEWENTER, I; WINFREE, R.; AIZEN, M. A.; BOMMARCO, R.; CUNNINGHAM, S. A.; KREMEN, C.; CARVALHEIRO, L. G.; HARDER, L. D.; AFIK, O., et al. Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. **Science**, 339, p.1608–1611, 2016.

GARÓFALO, C. A.; MARTINS, C. F.; AGUIAR, C. M. L.; DEL LAMA, M. A.; ALVES-DOS-SANTOS, I. As abelhas solitárias e perspectivas para seu uso na polinização no Brasil. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; CANHOS, D.A. L.; ALVES, D.A.; SARAIVA, A.M. **Polinizadores do Brasil. Contribuição - e Perspectivas para a Biodiversidade, Uso**

sustentável, Conservação e Serviços Ambientais. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo – EDUSP, 485p., 2012.

GARRATT, M.P.D.; BREEZE, T.D.; JENNER, N.; POLCE, C.; BIESMEIJER, J.C.; POTTS, S.G. Avoiding a bad apple: Insect pollination enhances fruit quality and economic value. **Agricultural Ecosystems Environmental**. v.184, n.100, p. 34–40, 2014.

GAZZONI, D. L. A produtividade da soja e sua relação com abelhas e polinização entomófila. In: **Soja e abelhas**. Brasília: Embrapa, 85-89, 2017.

GIANNINI, T. C.; CORDEIRO, G. D.; FREITAS, B. M.; SARAIVA, A. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. 2015. **The Dependence of Crops for Pollinators and the Economic Value of Pollination in Brazil**. J. Econ. Entomol., 108(3), 849-857, 2015.

GIANNINI, T. C. e JAFFÉ, R. **O papel das abelhas irapuás como polinizadores na agricultura e em habitats degradados.** Disponível em:<http://abelha.org.br/opapeldasabelhasirapuas>
comopolinizadoresnaagriculturaeemhabitatsdegradados/print. Acesso em 25 de maio de 2018.

GIBBS, J.; ELLE, E.; BOBIWASH, K.; HAAPALAINEN, T.; ISAACS, R. Contrasting pollinators and pollination in native and non-native regions of highbush blueberry production. **Plos one**, v.11, n.7, 2016.

GUPTON, C.L.; SPIERS, J. M. Interspecific and intraspecific pollination effects in rabbit eye and southern highbush blueberry. **HortScience**, v. 29, n.4, p. 324–326, 1994.

GOUGH, R. E. **The Highbush Blueberry and Its Management**. Food Production Press, Haworth Press, Inc. New York, 288p., 1991.

HILÁRIO, S. D.; RIBEIRO, M. F.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Impacto da precipitação pluviométrica sobre a atividade de vôo de *Plebeia remota* (Holmberg, 1903) (Apidae, Meliponini). **Biota Neotropica**, v.7, n.3, p. 135-144, 2007a.

HILÁRIO, S. D.; RIBEIRO, M. F.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Efeito do vento sobre a atividade de vôo de *Plebeia remota* (Holmberg, 1903) (Apidae, Meliponini) (Apidae, Meliponini). **Biota Neotropica**, v.7, n.3, p. 225-232, 2007b.

HOFFMANN, A.; FACHINELLO, J.C.; SANTOS, A.M. Propagação de mirtilo (*Vaccinium ashei* READE) através de estacas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.2, p. 231-236, 1995.

IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; CANHOS, D.A. L.; ALVES, D.A.; SARAIVA, A.M. **Polinizadores do Brasil. Contribuição - e Perspectivas para a Biodiversidade, Uso sustentável, Conservação e Serviços Ambientais**. Editora da Universidade de São Paulo – EDUSP, 485p., 2012.

ISAACS, R.; WILIAMS, N.; ELLIS, J.; PIITS-SINGER, L. BOMMARCO, R. VAUGHAN, M. Integrated crop pollination: combining strategies to ensure stable and sustainable yields of pollination-dependent crops. **Basics and applied ecology**, v.22, p. 44-60, 2017.

JAMES, R. R.; PITTS-SINGER, T. Bee pollination in agricultural ecosystems. **Oxford**, University Press, 231p. 2008.

JAVOREK, S. K.; MACKENZIE, K. E.; VANDER KLOET S. P. Comparative pollination effectiveness among bees (hymenoptera: apoidea) on lowbush blueberry (Ericaceae: *Vaccinium angustifolium*). **Annals of the Entomological Society of America**, v.95, n.3, 345- 351, 2002.

JESSON, L.; SCHOEN, D.; CUTLER, C.; BATES, S. Pollination in lowbush blueberry: A summary of research findings from the Canadian Pollination Initiative. **NSERC-CANPOLIN** School of Environmental Sciences, University of Guelph, Guelph, 44p., 2014.

JIMENEZ, M. **Blueberry field yield some answers, more questions**. Small Farm News, 2(8), 8-9, 2009. Disponível em: <<http://sfp.ucdavis.edu/files/145268.pdf>> Acesso em: 28 ago 2015.

JUNQUEIRA, C. N.; HOGENDOORN, K.; AUGUSTO, S. C. The Use of Trap-Nests to Manage Carpenter Bees (Hymenoptera: Apidae: Xylocopini), Pollinators of Passion Fruit (Passifloraceae: *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). **Entomological Society of America**, v.105, n.6, p.884-889. 2012.

KENDALL, D. A.; SOLOMON, M. E. Quantities of pollen on the bodies of insects visiting apple blossom. **Journal of Applied Ecology**, v. 10, n. 2, p. 627-634, 1973.

KERR, W.E.; FERREIRA, A.; DE MATTOS, N.S. Communication among stingless bees – additional data (Hymenoptera: Apidae). **Journal New York Entomological Society**, v.71, p. 80–90, 1963.

KILREUTER JG. **Preliminary news of some experiments and observations concerning the genus of plants**. Leipzig: Gleditschischen Handlun, 1976.

KLEINERT, A. M.P; RAMALHO, M.; CORTOPASSI-LAURINO, M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. **Abelhas sociais (Bombini, Apini, Meliponini)**. In: PANIZZII, A. R.; PARRA, J. R. P. (Eds.) *Bioecologia e nutrição de insetos*. Brasília: Embrapa informações tecnológicas, 371-424, 2009.

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

KLEIN, A. M.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. **Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences**, v.270, p. 955-961, 2003.

KLEIN, A.M.; VAISSIÈRE, B.E.; CANE, J.H.; STEFFANDEWENTER,I.; CUNNINGHAM, A.S.; KREMEN, C.; TSCHARNTKE, T. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences**, 274: 303-313, 2007.

KLEIN, A. M.; BRITTAİN, C.; HENDRIX, S. D.; THORP, R.; WILLIAMS, N.; KREMEN, C. Wild pollination services to California almond rely on semi-natural habitat. **Journal of Applied Ecology**, v.49, p.723–732, 2012.

KLEIN, A. M.; HENDRIX, S. D.; CLOUGH, Y.; SCOFIELD, A.; KREMEN, C. Interacting effects of pollination, water and nutrients on fruit tree performance. **Plant Biology**, v.17, n.1, p. 201-208, 2014.

KREMEN, C.; WILLIAMS, N. M.; AIZEN, M. A.; GEMMILL-HERREN, B.; LEBUHN, G.; MINCKLEY, R.; PACKER, L.; POTTS, S. G.; ROULSTON, T. et al. Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. **Ecology Letters**, v.10, n.4, p. 299-314, 2007.

KRUG, C.; SILVA, C.I.; ALVES DOS SANTOS, I. The interaction between bees and the tristylous flowers of *Oxalis cytisoides* Mart. & Zucc. (Oxalidaceae). **Psyche**, p. 1-8, 2012.

LEVINE, J. M., VILÀ, M., D'ANTONIO, C. M., DUKES, J. S., GRIGULIS, K.; LAVOREL, S. Mechanisms underlying the impacts of exotic plant invasions. **Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences**, v.270, p. 775–781, 2003.

MALAGODI-BRAGA, K. S.; KLEINERT, A. M. P. Como o comportamento das abelhas na flor do morangueiro (*Fragaria ananassa* Duchesne) influencia a formação dos frutos? **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.23, n.0, 2007.

MALERBO-SOUZA, D. T. Polinização utilizando atrativos químicos em cafezal e laranjais. 1996 In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 11, **Anais, Teresina: Confederação Brasileira de Apicultura**, p.434, 1996.

MALERBO-SOUZA, D. T.; HALAK, A. L. Agentes polinizadores e produção de grãos em cultura de café arábica cv. “Catuaí Vermelho”. **Científica**, Jaboticabal, v.40, n.1, p.1–11, 2012.

MAUÉS, M. M. **Reproductive phenology and pollination of the Brazil Nut Tree (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl. Lecythidaceae) in Easterns Amazonia**. In.: Kevan, P.G.; Imperatriz-Fonseca, V.L. Pollination bees: the conservation between agriculture and nature. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, 313p., 2002.

McGREGOR, S. E. **Small Fruits and Brambles**. In: Insect pollination of cultivated crop plants. Arizona: United States department of agriculture, 1976.

MELO, C. G.; ALVES, E. U.; LORENZON, M. C. & BAPTISTA, J. L. Polinizadores de *Malpighia glabra* L”. **Mensagem Doce**, v.42, p. 14-17, 1997.

MICHENER, C. D. **The social behavior of the bees: a comparative study**. Massachusetts: Belk Press of Havard University Press. 404p. 1974.

MONASTEROLO, M.; MUSICANTE, M. L.; VALLADARES, G. R.; SALVO, A. Soybean crops may benefit from forest pollinators. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.202, p. 217-222, 2015.

MORANDIN, L. A.; LONG, R. F.; KREMEM, C. Pest control and pollination cost–benefit analysis of hedgerow restoration in a simplified agricultural landscape. **Journal of Economic Entomology**, v.109, n.3, p. 1020–1027, 2016.

MOURA, R. S.; SOUZA, K. R.; SOUZA, D. S.; SANTANA, G. M.; OLIVEIRA, G. M.; VENTUROLI, F.; SILVA-NETO, C. M. Dano em *Khaya ivorensis* provocado por *Trigona spinipes* na savana brasileira. **Acta Brasiliensis**, v.1, n.1, p. 40-42, 2017.

NANZER, S. L. L. **Atividade de forrageamento das abelhas sem ferrão *Tetragonisca angustula* e *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera, Apidae)**. Trabalho (Conclusão de Curso) – Curso de Graduação em Ciências Biológicas, Piracicaba: Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2017.

NIEH, J. C. 2004. Recruitment communication in stingless bees (Hymenoptera, Apidae, Meliponini). **Apidologie**, Les Ulis, v. 35, p. 159-182, 2004.

NOGUEIRA-NETO, P. **Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão**. São Paulo: Nogueirapis, 446p., 1997.

NORGATE, M. BOYD-GERNY, S. SIMONOV, V. ROSA, M.G.P. HEARD, T.A. DYER, A.G. Ambient temperature influences australian native stingless bee (*Trigona carbonaria*) preference for warm nectar. **PLoS ONE**, 5(8), 1-8 , 2010.

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

NUNES-SILVA, P.; WITTER, S.; BOTTON, M. Polinização com abelhas sem ferrão. **A vidima** – artigo técnico, Porto Alegre, p.12-13, 2015.

NÚÑES, E. E.; REY, V. P. M. **Viabilidade econômica da produção de Mirtilo (*Vaccinium* spp.)**. Trabalho de conclusão de curso (MBA em Agronegócios) – Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 39p., 2009.

OLENSEN, J. M.; DUPONT, Y. L.; EHLERS, B. K.; HANSEN, D. M. The openness of a flower and its number of flower-visitors species. Bratislava: **Taxon**, v.56, p. 729 – 736, 2007.

PRANCE, G.T.; MORI, S.A. The actinomorphic-flowered New World Lecythidaceae (*Asteranthos*, *Gustavia*, *Grias*, *Allantoma* and *Cariniana*). **Flora Neotropical**, 21(1), 1-270, 1979.

PETTIS, J. S.; LICHTENBERG, E. M.; ANDREE, M.; STITZINGER, J.; ROSE, R.; VANENGELSDORP, D. Crop Pollination Exposes Honey Bees to Pesticides Which Alters Their Susceptibility to the Gut Pathogen *Nosema ceranae*. **Plos one**, v.8, n.7, p. 1-9, 2013.

PIRES, C. S. S.; PEREIRA, F. M.; LOPES, M. T. R.; NOCELLI, R. C. F.; MALASPINA, O.; PETTIS, J. F.; TEIXEIRA, F. W. Enfraquecimento e perda de colônias de abelhas no Brasil: há casos de CCD? **Revista agropecuária brasileira**, Pesquisa, Desenvolvimento e Inovações em Face de Ameaças Sanitárias para a Agropecuária, v.51, n.5, 2016.

POTTS, S. G.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; NGO, H. T.; AIZEN, M. A.; BIESMEIJER, J. C.; BREEZE, T. D.; DICKS, L. V.; GARIBALDI, L. A.; HILL, R.; SETTELE, J.; VANBERGEN, A. J. Safeguarding pollinators and their values to human well-being. **Nature**, 540, p. 220-229, 2016.

PYKE, G. H. Plant-pollinator co-evolution: It's time to reconnect with optimal foraging theory and evolutionarily stable strategies. **Perspectives in plant ecology, evolution and systematics**, 19, p.70-76, 2016.

RASEIRA, M. C. B; ANTUNES, L. E. C. **A cultura do mirtilo**. Embrapa Clima Temperado, Documentos, 121, 69p., 2004.

RAW, A. *Centris dirrhoda* (Anthophoridae), the bee visiting West Indian Cherry flowers (*Malpighia puniceifolia*). **Revista de Biologia Tropical**, v.27, n.2, p. 203-205, 1979.

RUSCH, A., R. CHAPLIN-KRAMER, M. M. GARDINER, V. HAWRO, J. HOLLAND, D. LANDIS, C. THIES, T. TSCHARNTKE, W. W. WEISSER, C. WINQVIST. Agricultural landscape simplification reduces natural pest control: A quantitative synthesis. **Agricultural Ecosystems Environmental**. v.221, p. 198–204, 2016.

ROUBIK, D. W. Tropical agriculture: The value of bees to the coffee harvest. **Nature**, v.417, n 708, 2002.

SALLES, H.C.; GRACIOLI, L.F. Glândulas mandibulares e intramandibulares. In: CRUZ LANDIM, C.; ABDALLA, F.C. (eds.). **Glândulas exócrinas das abelhas**. FUNPEC, Ribeirão Preto. p. 71-90, 2002.

SAMPSON, B.J.; CANE, J.H. Pollination efficiencies of three bee (Hymenoptera: Apoidea) species visiting rabbiteye blueberry. **Journal Economic Entomology**, v.93, n.6, p. 1726-1731, 2000.

SANZOL, J.; HERRERO, M. The “effective pollination period” in fruit tree. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.90, n.1-2, p. 1-17, 2001.

SEZERINO, A. **A Polinização do mirtilo (*Vaccinium corymbosum*) (Ericaceae) cultivares Misty e O'neal no município de Itá, Oeste de SC.** Trabalho (Conclusão de Curso) – Curso de Graduação em Agronomia, Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.

SEVERO, J.; MONTE, F.G.; CASARIL, J.; SCHREINERT, R.S.; ZANATTA, O; ROMBALDI, C.V.; SILVA, J.A. **Avaliação de compostos fenólicos, antocianinas e capacidade antioxidante de morango e mirtilo.** In: Simpósio do Morango, 4.: Encontro sobre pequenas frutas e frutas nativas do Mercosul. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 103p., 2008.

SILVA, C.I.; MARCHI, P.; ALEIXO, K.P.; NUNES-SILVA, B.; FREITAS, B.M.; GARÓFALO, C.A.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; OLIVEIRA, P.E.A.M.; ALVES-DOS-SANTOS, I. **Manejo dos Polinizadores e Polinização de flores do Maracujazeiro,** São Paulo, 59p., 2014.

SILVA, F.A.S., AZEVEDO, C.A.V. Comparison of means of agricultural experimentation data through different tests using the software Assistat. **African Journal Agricultural Research**, v.11, n.37, p. 3527-3531, 2016.

SILVEIRA, T.M.T.; RASEIRA, M.C.B.; NAVA, D.E.; COUTO, M. Influência do dano da abelha-irapuá em flores de mirtilo sobre a frutificação efetiva e as frutas produzidas. **Revista Brasileira de Fruticultura.** v.32, n.1, p. 303-307, 2010.

SONG, Z.; FELDMAN, M. W. Adaptive foraging behaviour of individual pollinators and the coexistence of co-flowering plants. **Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences**, v.218, n.1776, 2014.

SPRENGEL C.K. The discovered secret of nature in the construction and fertilization of flowers. Berlin: **Vieweg**, 1793.

SPRENGEL C.K. **Discovery of the secret of nature in the structure and fertilization of flowers.** In Floral Biology: Studies on Floral Evolution in Animal-Pollinated Plants, ed. DG Lloyd, SCH Barrett, pp. 3-43. Transl. P. Haase. New York: Chapman & Hall. 410p., 1996.

STRANGE, J. P. *Bombus huntii*, *Bombus impatiens*, and *Bombus vosnesenskii* (Hymenoptera: Apidae) pollinate greenhouse-grown tomatoes in western north America. **Journal of Economic Entomology**, v.108, n.3, p. 873–879, 2015.

STTUBS, C. S.; DRUMMOND, F. A. Management of the Alfalfa Leafcutting Bee, *Megachile rotundata* (Hymenoptera: Megachilidae), for pollination of wild lowbush blueberry. **Journal of the Kansas Entomological Society**, v.70, n.2, p. 81-93, 1997.

STTUBS, C. S.; DRUMMOND, F. A. *Bombus impatiens* (hymenoptera: apidae): an alternative to *Apis mellifera* (hymenoptera: apidae) for lowbush blueberry pollination. **Journal of Economic Entomology**, v.94, n.3, p. 609- 616, 2001.

TEIXEIRA, L. V.; CAMPOS, F. N. M. Início da atividade de vôo em abelhas sem ferrão (Hymenoptera, Apidae): influência do tamanho da abelha e da temperatura ambiente. **Revista Brasileira de Zoociências**, v. 07, n. 02, p. 195-202, 2005.

THOMSON, J.D.; GOODELL, K. Pollen removal and deposition by honeybee and bumblebee visitors to apple and almond flowers. **Journal Applied Ecology**, v.38, n.5, p.1032–1044, 2001.

TREHANE, J. **Blueberries, Cranberries and Other Vacciniums**. RHS. Plant Collector Guide. Portland, Oregon, 272p., 2004.

U. S. Highbush Blueberry Council. **USHBC Industry Page**. 2009 Disponível em:<<http://www.blueberry.org/health.htm>>. Acesso em: 29 jun. 2015.

VILÀ, M., ESPINAR, J. L., HEJDA, M., HULME, P. E., JAROŠÍK, V., MARON, J. L., PERGL, J., SCHAFFNER, U., SUN, Y. & PYŠEK, P. Ecological impacts of invasive alien plants: a meta-analysis of their effects on species, communities and ecosystems. **Ecology Letters**, v.14, p. 702–708, 2011.

VAN ENGELSDORP, D.; HAYES JR., J.; UNDERWOOD, R.M.; PETTIS, J.S. A survey of honey bee colony losses in the United States, fall 2008 to spring 2009. **Journal of Apicultural Research**, v.49, p. 7-14, 2010.

VENTURIERI, G. C.; ALVES, D. A.; VILLAS-BÔAS, J. K.; CARVALHO, C. A. L.; MENEZES, C.; VOLLET-NETO, A.; CONTRERA, F. A. L.; CORTOPASSI-LAURINO, M.; NOGUEIRA-NETO, P.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. **Meliponicultura no Brasil: situação atual e perspectivas futuras para o uso na polinização agrícola**. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; CANHOS, D.A. L.; ALVES, D.A.; SARAIVA, A.M. Polinizadores do Brasil. Contribuição - e Perspectivas para a Biodiversidade, Uso sustentável, Conservação e Serviços Ambientais. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo – EDUSP, 485p., 2012.

VILHENA, A. M. G. F.; AUGUSTO, S. C. “Polinizadores da aceroleira *Malpighia emarginata* DC (Malpighiaceae) em área de cerrado no triângulo mineiro”. **Bioscience Journal**, v.23, p. 14-23, 2007.

VIZZOTTO, M.; ARAUJO, V.F.; VIGNOLO, M.C.P.; BIALVES, T.S.; VIGNOLO, G.K. 2013. **Compostos fenólicos e atividade antioxidante de diferentes cultivares e seleções de mirtilo dos grupos highbush e rabbiteye**. Congrega/Urcamp - 11ª Jornada de Pós-graduação e Pesquisa, 2013.

WINFREE, R.; FOX, J.W.; WILLIAMS, N.M.; REILLY, J.R.; CARIVEAU, D.P. Abundance of common species, not species richness, drives delivery of a real-world ecosystem service. **Ecology Letters**, v.18, n.7, p. 626–635, 2015.

WITTER, S; NUNES-SILVA, P; BLOCHTEIN, B.; LISBOA, B.B.; IMPERATRIZ FONSECA, V.L. **As abelhas e a agricultura**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 143 p., 2014. Disponível em: <http://www.pucrs.br/edipucrs> Acesso em 29 jun. 2016

ZARUK, D. **The neonicotinoid bee guidance document: how efsa was deceived by activist scientists**. The Risk-Monger, 2017. Disponível em: <https://risk-monger.com/2017/01/23/the-neonicotinoid-bee-guidance-document-how-efsa-was-deceived-by-activist-scientists/> Acesso em 19 jun. 2018.

ZHANG, W., T. H. RICKETTS, C. KREMEN, K. CARNEY, AND S. M. SWINTON. Ecosystem services and dis-services to agriculture. **Ecology Economic**, v.64, p. 253–260, 2007.