

ESCOLA DE CIÊNCIAS DA SAÚDE E DA VIDA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E EVOLUÇÃO DA BIODIVERSIDADE

MURILLO FERNANDO DE SOUZA JESUS
**DEPENDÊNCIA DE POLINIZAÇÃO E POLINIZADORES DO MIRTILO 'RABBITEYE'
(*Vaccinium virgatum* A.; ERICACEAE)**

Porto Alegre
2022

PÓS-GRADUAÇÃO - STRICTO SENSU



Pontifícia Universidade Católica
do Rio Grande do Sul

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE CIÊNCIAS DA SAÚDE E DA VIDA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E EVOLUÇÃO DA
BIODIVERSIDADE

**DEPENDÊNCIA DE POLINIZAÇÃO E POLINIZADORES DO MIRTILO
'RABBITEYE' (*Vaccinium virgatum* A.; ERICACEAE)**

Murillo Fernando de Souza Jesus
Orientadora: Betina Blochtein
Co-orientadora: Patrícia Nunes-Silva

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL
Av. Ipiranga 6681 - Caixa Postal 1429
Fone: (051) 320-3500
CEP 90619-900 Porto Alegre – RS
Brasil
2022

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE CIÊNCIAS DA SAÚDE E DA VIDA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E EVOLUÇÃO DA
BIODIVERSIDADE

**DEPENDÊNCIA DE POLINIZAÇÃO E POLINIZADORES DO MIRTILO
'RABBITEYE' (*Vaccinium virgatum* A.; ERICACEAE)**

Murillo Fernando de Souza Jesus
Orientadora: Betina Blochtein
Co-orientadora: Patrícia Nunes-Silva

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
PORTO ALEGRE – RS – BRASIL

2022

SUMÁRIO

Agradecimentos	III
Apresentação	VI
Capítulo I: INFLUÊNCIA DE POLINIZADORES NA FRUTIFICAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DO FRUTO EM TRÊS CULTIVARES DE MIRTILO ‘RABBITEYE’ (<i>Vaccinium virgatum</i> A.)	1
Capítulo II: VISITANTES FLORAIS E MANEJO DE ABELHAS SEM FERRÃO (APIDAE: Meliponini) EM TRÊS CULTIVARES DE MIRTILO ‘RABBITEYE’ (<i>Vaccinium virgatum</i> A.)	23
Considerações Finais	48
Anexo 1: Lista de visitantes florais identificados em pomar de Mirtilo ‘Rabbiteye’ (<i>Vaccinium virgatum</i> A.)”, no período de agosto a outubro de 2019, no município de Guaíba, RS	51
Anexo 2: Proporção de pólen de mirtilo coletado por campeiras de duas espécies de abelhas sem ferrão manejadas, durante o período de floração de agosto a outubro de 2019, em Guaíba, RS	52

Dedicado à memória de
Danielle de Souza Jesus
(11.993 – 12.022)

Agradecimentos

Gostaria de agradecer primariamente à minha equipe de trabalho que esteve junto comigo, seja nas amostragens em campo, seja no árduo trabalho de análise laboratorial e análise de dados: minhas orientadoras Dra. Betina Blochtein e Dra. Patrícia Nunes-Silva, à Me. Manoela Lencino Santanna que fez parte integral deste projeto, e de forma honorária ao fruticultor Ilgo Kopplin e sua família, que carinhosamente disponibilizou sua propriedade e auxiliou no estivesse em seu alcance para a realização deste trabalho.

À Capes, FAPESP e Surpass pelo financiamento deste trabalho.

Às pessoas que auxiliariam o trabalho de forma direta: Dra. Sídia Witter (amostragem em campo); os bolsistas Clara, Luísa, Kelvin, Isabelle e Elis (triagem dos frutos, montagem dos insetos coletados e na amostragem em campo); aos colegas do PPG Ecologia e Evolução da Biodiversidade Me. Nicole Garcia (montagem dos insetos coletados), Me. Mateus Raguse Quadros (montagem dos insetos coletados) e Me. Rita Lapischies (identificação de Hemiptera).

Aos demais colegas do Laboratório de Entomologia – Ecologia de Abelhas da PUCRS pelo auxílio no melhoramento da parte escrita e apresentável do trabalho, em especial ao Mateus pelo auxílio na formatação da versão final e na confecção dos gráficos. Agradecimento especial ao dentista Luiz Fernando Kichler pelo auxílio na tradução português-inglês e ao Me. Carlos Oliveira pela revisão dos testes estatísticos.

Ao Laboratório de Ecofisiologia Vegetal da UNISINOS pela disponibilização do espaço para triagem dos frutos.

Ao PPG – Ecologia e Evolução da Biodiversidade, principalmente pelo acolhimento após uma fase acadêmica difícil. Aos colegas do programa, principalmente os que estiveram mais próximos nestes dois anos, mesmo que apenas almoçando juntos, confraternizando, ou em encontros casuais pelo campus.

À minha família pelo apoio e compreensão em uma área onde o retorno financeiro não é imediato, com um carinho especial aos meus pais e minhas irmãs.

Aos meus amigos que foram meus pilares de sustentação nestes anos de trabalho intenso (surpreendido por uma pandemia que ainda perdura): Mariana Xavier, Tomaz, Mariana Philereno, Danielle, Daniel, Murilo, Kalani, Aline, Luiz Fernando, Luís Henrique, Lucas, Bianca, Fernanda, Fernando, Jaílton, Ronaldo, Ana Paula, Jhonatas, Nicole, Mateus, Alessandra.

À Divisão de Vigilância em Saúde Ambiental da SES de Parobé, que tem me dado suporte na finalização deste trabalho.

À Terra e todas as maravilhas, belas ou sombrias, que brotam de sua superfície, e me motivam a trabalhar duro e perdurar firme em desvendá-las através dos anos, apesar de todas as dificuldades políticas, emocionais e financeiras que por ventura assolam.

“Já é tempo de as aldeias se transformarem em universidades e de seus habitantes mais velhos serem os pesquisadores destas universidades, com tempo disponível – se tiverem de fato condições – para se dedicar aos estudos liberais pelo resto de suas vidas.”

- Henry David Thoreau

Apresentação

Desde os anos 1990 o valor dos serviços de polinização tem sido destacado pela comunidade científica e em esferas governamentais, levando a iniciativas voltadas à conservação e ao uso sustentável de polinizadores em escala nacional e mundial (MMA, 1996, 1999, 2006; CCGE, 2017; REBIPP, 2019). Diferentes culturas exigem diferentes grupos de polinizadores, e em determinado grau de compatibilidade, o que determina a dependência ou não das mesmas a tais agentes.

O grau de dependência de polinizadores depende de diferentes fatores, ligados tanto ao agente quanto à planta alvo. Características relacionadas com a planta incluem a compatibilidade do pólen recebido pela mesma, seja de forma fisiológica, genética ou mecânica, recursos florais oferecidos, tipo de floração, etc (Fægri & van der Pijl, 1979). Já características relacionadas com os agentes polinizadores, incluem a preferência dos mesmos pelas flores alvo, efetividade e capacidade de manejo (Witter et al., 2014).

Tais fatores unidos determinam o quanto a polinização de determinada planta é efetiva, e isso varia entre as diferentes espécies. No caso de culturas agrícolas essa variação ocorre ainda entre as diferentes cultivares e mesmo na disponibilidade de serviços de polinização presentes no local de cultivo, sempre de acordo com os requisitos para um produto comercialmente viável (Huang et al., 1997; MacKenzie, 1997; Stournaras & Schaefer, 2017).

O declínio mundial das populações de polinizadores tem intensificado a busca de novas espécies de abelhas locais para os serviços de polinização em todo o mundo (Witter et al., 2014). Embora polinizadores exóticos como *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 sejam importantes para a polinização de numerosas culturas, muitos polinizadores nativos podem ser igualmente ou mais eficientes, ou ainda servir como complementares ao serviço providenciado pelas mesmas. O uso sustentável de tais polinizadores incentiva sua conservação, promovendo a biodiversidade de animais e plantas nativos. Já em nível econômico, os polinizadores oferecem oportunidades a apicultores, meliponicultores e agricultores.

No Brasil o uso de polinizadores manejados na agricultura é ainda pouco valorizado quanto a sua contribuição na produtividade, em comparação com outras atividades de manejo agrícola, como o melhoramento genético e fisiológico das plantas e controle de pragas com agrotóxicos (Witter et al., 2014). Em outros países como nos Estados Unidos, além de *Apis mellifera*, *Bombus* spp. e abelhas solitárias são utilizadas há décadas na polinização agrícola (Delaplane & Mayer, 2000; Velthuis & Doorn, 2006).

A ecologia de polinizadores de culturas nos permite levantar dados de como os polinizadores silvestres e introduzidos tem interagido com a planta. Isso nos introduz formas preliminares para trabalhar a conservação e o manejo dos mesmos, além de gerar informações importantes ao produtor sobre qual a melhor estratégia para manter seus frutos na melhor qualidade através dos serviços de polinização.

Tais estratégias de melhoramento da eficiência são complementares às estratégias de conservação e manejo, pois se o esperado for passível de comprovação, a manutenção de uma entomofauna polinizadora diversa é o ideal para uma produção rentável ao produtor e a economia nacional como um todo. A teia se completa então com maior interesse econômico em investimentos na conservação dos polinizadores, e por sua vez, os ecossistemas complexos que habitam.

Mirtilo é um termo aplicado a diversas espécies de frutíferas pertencentes ao gênero *Vaccinium* L. (Ericaceae), com distribuição original proveniente do Hemisfério Norte, sendo cultivadas principalmente nos Estados Unidos, Canadá e países europeus (Raseira & Antunes, 2004). No Brasil a cultura foi introduzida no início da década de 1980, surgindo pela primeira vez nas estatísticas de produção agrícola em 2007 no “Levantamento da Fruticultura Comercial do Rio Grande do Sul (2005/2006)” (Emater, 2007) com produção (obtida/estimada) de 49 t em tal período.

Apesar de seu histórico de cultivo no país ser relativamente recente, estudos nacionais já ressaltavam o valor nutricional e antioxidante da fruta há alguns anos (Moraes et al. 2007, Silveira et al. 2007, Antonio et al. 2009, Spagolla et al. 2009, Stülp et al. 2014, Goldmeyer et al. 2015, Fioravante et al.

2016 e Santos et al. 2018). Atualmente duas espécies predominam no cultivo nacional, *Vaccinium corymbosum* L. (grupo Highbush) e híbridos (southern Highbush) e *Vaccinium virgatum* A. (grupo Rabbiteye).

O cultivo do grupo 'Highbush' tem seu primeiro registro nos Estados Unidos, com um híbrido apresentado pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) em 1908, em New Jersey (Hancock et al., 2008). Já o grupo 'Rabbiteye' tem seu primeiro registro de cultivo no ano de 1939 na Estação Experimental da Carolina do Norte e Estação Experimental da Planície Costeira da Geórgia, ambas nos Estados Unidos (Hancock et al., 2008). Tais programas, junto com seus sucessores, foram responsáveis por importantes melhoramentos na textura, cor e tamanho do fruto em relação aos genótipos selvagens.

O grupo 'Rabbiteye' de mirtilo, corresponde a um tipo hexaplóide, que atinge alturas de 2 a 4 m, produz frutos ácidos, firmes e de longa conservação, possui maior tolerância a variação de pH do solo e a altas temperaturas (Raseira, 2004). Diversas cultivares originaram-se desse grupo, incluindo 'Bluebelle', 'Bluegem' e 'Delite' (Raseira, 2004).

A cultivar 'Delite' foi registrada no ano de 1969 pela USDA e Universidade da Geórgia e apresenta frutos de tamanho médio a grande, consistentes e de coloração azul clara (Lyrene & Ballington, 2006). Já 'Bluegem' foi uma cultivar registrada no ano de 1970 pela Universidade da Flórida. De frutos consistentes, possui melhor safra quando a polinização é gerada por polinização cruzada, principalmente com a cultivar 'Woodward' (Raseira, 2004; Lyrene & Ballington, 2006). 'Bluebelle' foi originada pela USDA – Geórgia e registrada no ano de 1974, a mesma possui frutos pouco consistentes, podendo se romper durante a coleta (Lyrene & Ballington, 2006). Nesta cultivar a maturação pode ocorrer de forma não sincronizada.

Com tamanha diversidade de cultivares com suas particularidades, a polinização da planta, tanto em termos de compatibilidade polínica como de necessidade e diversidade de agentes polinizadores, varia de acordo com as cultivares e a ampla distribuição do cultivo atualmente (Delaplane & Mayer, 2000). Contemplando tais fatores, o objetivo desta dissertação é avaliar a

influência da polinização entomófila e a diversidade de visitantes florais da cultura de mirtilo em uma região no Sul do Brasil, de forma a contribuir para o conhecimento da ecologia da polinização e o manejo dessa cultura.

Este estudo possui apoio do projeto Safeguarding Pollination Services in a Changing World: Theory into practice (SURPASS2) (<https://bee-surpass.org/>) e da FAPESP para o desenvolvimento de conhecimento sobre o uso sustentável de polinizadores na cultura do mirtilo na América do Sul.

Essa dissertação está organizada em dois capítulos, sendo o primeiro relacionado à dependência de polinização e o segundo relativo aos visitantes florais e coleta de pólen por abelhas sem ferrão manejadas, associadas a três cultivares de Mirtilo ‘Rabbiteye’ (*V. virgatum* A.). O Capítulo I será submetido à publicação no *Journal of Agricultural Science* enquanto o Capítulo II será encaminhado ao periódico *Neotropical Entomology*. A formatação desse trabalho seguiu as normas de formatação adaptadas do *The Chicago Manual of Style* compreendendo periódicos publicados pela University of Chicago Press, incluindo *The American Naturalist*, *International Journal of Plant Sciences*, *Physiological and Biochemical Zoology*.

Referências Bibliográficas

- Antonio, G. C.; Faria, F. R.; Takeiti, C. Y.; Park, K. J. (2009). Rheological Behavior of Blueberry. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 29 (4): 732–37. <https://doi.org/10.1590/s0101-20612009000400006>.
- CCGE. (2017). Importância dos Polinizadores na Produção de Alimentos e na Segurança Alimentar Global. Brasília: CCGE.
- Delaplane, K. S.; Mayer, D. F. (2000). *Crop Pollination by Bees*. New York: CABI Publishing.
- Fægri, K.; van der Pijl, L. (1979). *The Principles of Pollination Ecology*. 3 ed. Oxford: Pergamon Press.
- Fioravante, J. B.; de Souza, V. R. D.; Rodrigues, R. S.; Diaz, P. O.; Moreira, A. S. (2016). Alternatives for Preservation of Bioactive Compounds in Blueberry Pulp: Heat Treatment Associated with the Addition of Xanthan Pruni. *Revista Brasileira de Fruticultura* 39 (4): 1–24. <https://doi.org/10.1590/0100-29452017>.
- Emater (2007). Levantamento da Fruticultura Comercial do Rio Grande do Sul 2005/2006. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, Pecuária e Agronegócio.
- Goldmeyer, B.; Penna, N. G.; Melo, A.; Rosa, C. S. (2015). Características Físico-Químicas e Propriedades Funcionais Tecnológicas do Bagaço de Mirtilo Fermentado e Suas Farinhas. *Revista Brasileira de Fruticultura* 36 (4): 980–87. <https://doi.org/10.1590/0100-2945-380/13>.

Hancock, J. F.; Lyrene, P.; Finn, C. E.; Vorsa, N.; Lobos, G. A. (2008). Blueberries and Cranberries. In: Hancock, J. F. (2008). Temperate Fruit Crop Breeding: germplasm to genomics. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Huang, Y.H.; Lang, G. A.; Johnson, C. E.; Sundberg, M. D. (1997). Influences of Cross- and Self-Pollination on Peroxidase Activities, Isozymes, and Histological Localization during 'Sharpblue' Blueberry Fruit Development. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 122(5): 616-624. <https://doi.org/10.21273/jashs.122.5.616>.

Lyrene, P.M.; Ballington, J.R. (2006). Varieties and their characteristics. In: Childers, N.F.; Lyrene, P.M. (2006) Blueberries for growers, gardeners, promoters. Gainesville: Horticultural Publications. p. 26-37

MacKenzie, K. (1997). Pollination Requirements of Three Highbush Blueberry Cultivars. *Journal of American Society of Horticultural Science*, 122(6), 891-896.

MMA. (1996). Agricultural Biological Diversity: a proposal of the Brazilian government to the subsidiary body on scientific, technical and technological advice (SBSTTA). Brasília: Convention on Biological Diversity.

MMA. (1999). Report on the Recommendations of the Workshop on the Conservation and Sustainable Use of Pollinators in Agriculture with Emphasis on Bees. Brasília: International Pollinators Initiative.

MMA. (2006). Pollinating Bees: the conservation link between agriculture and Nature. 2 ed., Brasília: Secretariat for Biodiversity and Forests.

Moraes, J. O.; Pertuzatti, P. B.; Corrêa, F. V.; Salas-Mellado, M. M.(2007). Study of Rabbiteye Blueberry (*Vaccinium ashei* Reade) in the Process of Food Products. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 27: 18–22.

Raseira, M. C. B. (2004). Classificação botânica, descrição da planta, melhoramento genético e cultivares. In: Raseira, M. C. B.; Antunes, L. E. C. (2004). A Cultura do Mirtilo. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. p. 15-28

Raseira, M. C. B.; Antunes, L. E. C. (2004). O Cultivo do Mirtilo. Pelotas: Embrapa Clima Temperado.

REBBIP. (2019). Relatório Temático sobre Polinização e Produção de Alimentos no Brasil. São Carlos: Editora Cubo. Disponível em: <https://www.bpbes.net.br/produto/polinizacao-producao-de-alimentos/>

Santos, R. O.; Silva, M V.; Nascimento, K. O.; Batista, A. L. D.; Moraes, J; Andrade, M. M.; Andrade, L. G. Z. S.; Khosravi-Darani, K.; Freitas, M. Q.; Raices, R. S. L.; Silva, M. C.; Barbosa Junior, J. L.; Barbosa, M. I. M. J.; Cruz A. G. (2018). Prebiotic Flours in Dairy Food Processing: Technological and Sensory Implications. *International Journal of Dairy Technology* 71 (March): 1–10. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12394>.

Silveira, N. G. A.; Vargas, P. N.; Rosa, C. S. (2007). Teor de Polifenóis e Composição Química do Mirtilo do Grupo Highbush. *Araraquara: Alimentos e Nutrição*, 18(4), 365–370.

Spagolla, L. C.; Santos, M. M.; Passos, L. M. L.; Aguiar, C. L. (2009). Extração Alcoólica de Fenólicos e Flavonóides Totais de Mirtilo 'Rabbiteye' (*Vaccinium ashei*) e sua Atividade Antioxidante. *Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada* 30 (2): 59–64.

Stournaras, K. E.; Schaefer, H. M. (2017). Does Flower and Fruit Conspicuousness Affect Plant Fitness? Contrast, Color Coupling and the Interplay of Pollination and Seed Dispersal in Two *Vaccinium* Species. *Evolutionary Ecology* 31 (2), 229–247. <https://doi.org/10.1007/s10682-016-9864-1>.

Stülp, M.; Gnas, B. B. B.; Clemente, E. (2014). Conservation and Nutritional Quality of Blueberry Treated with Eatable Covering. *Ciência e Agrotecnologia* 38 (4): 361–66.

Velthuis, H. H. W.; Doorn, A. V. (2006). A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination. *Apidologie*, 37, 421–451. <http://doi.org/10.1051/apido>

Witter, S.; Nunes-Silva, P.; Blochtein, B.; Lisboa, B. B.; Imperatriz-Fonseca, V. L. (2014). *As Abelhas e a Agricultura*. Porto Alegre: EdiPUCRS.

Resumo

O grupo 'Rabbiteye' de mirtilo (*Vaccinium virgatum* A.) provém dos Estados Unidos e originou diversas cultivares incluindo 'Bluebelle', 'Bluegem' e 'Delite'. A dependência de polinização do mirtilo difere nas variedades da planta e na ampla distribuição do seu cultivo, o que altera as possibilidades de manejo de polinizadores disponíveis na região de cultivo. O objetivo dessa dissertação é avaliar a influência de polinização entomófila e a diversidade de visitantes florais do mirtilo em uma área no Sul do Brasil, com foco nas cultivares 'Bluebelle', 'Bluegem' e 'Delite'. O estudo está organizado em dois capítulos, sendo o primeiro relativo à influência de polinizadores nos frutos de três cultivares de mirtilo e o segundo capítulo sobre os visitantes florais e a coleta de pólen de mirtilo por abelhas sem ferrão, ambos realizados na mesma área de estudo no município de Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil. No primeiro capítulo, para avaliar a influência de polinizadores, inflorescências das plantas foram selecionadas e submetidas a quatro diferentes tratamentos de polinização: autopolinização; autopolinização com vibração; polinização livre e polinização livre com vibração. Inicialmente foi avaliada a taxa de frutificação e, após a maturação, os frutos foram coletados e mensurados quanto ao tamanho, peso e número de sementes. A cultivar 'Bluegem' foi a que apresentou a maior dependência de polinização, com taxas de frutificação inferiores a 8% para ambos os tratamentos de autopolinização. Da mesma forma, 'Bluebelle' e 'Delite' apresentaram baixas taxas de frutificação com 'autopolinização', mas não para 'autopolinização com vibração', que apresentou taxas de 47,5% e 62,3% respectivamente para as duas cultivares. A vibração, porém, não apresentou acréscimo às taxas frutificação de nenhuma cultivar nos tratamentos de polinização livre, em comparação com os tratamentos de autopolinização, onde a vibração apresentou um acréscimo na frutificação. No segundo capítulo, avaliou-se a densidade dos visitantes florais e a coleta de pólen de mirtilo por abelhas sem ferrão (*Melipona quadrifasciata* e *Melipona torrida*) a partir de colmeias dispostas no entorno das plantas-alvo. Para avaliação dos visitantes silvestres, foram quantificadas as visitas por planta através de transectos nas linhas de cultivo dos pomares, junto com a contagem de flores abertas para o cálculo da densidade de visitas. Para avaliar a proporção do pólen de mirtilo coletado por abelhas sem ferrão, quatro colmeias de cada espécie foram instaladas em campo, sendo o pólen presente nas corbículas das forrageiras amostrado para identificação. Com relação à densidade de abelhas nas flores do pomar, verificou-se correlação positiva entre o número de flores abertas e o número de visitas, sem diferenças entre os horários. Os visitantes observados nas flores são representantes de Hymenoptera, Diptera, Lepidoptera, Hemiptera e Coleoptera, além de aves da família Trochillidae. A dominância de visitas nas flores foi das abelhas *Apis mellifera* (73,7%) e *Trigona spinipes* (17,4%), sendo que os demais grupos compunham 8,8% do total dos registros. Quanto às abelhas sem ferrão introduzidas na área, *M. quadrifasciata* e *M. torrida*, as forrageiras carregavam pólen de mirtilo em baixa proporção (0,25% do total de grãos).

Abstract

'Rabbiteye' blueberry group (*Vaccinium virgatum* A.) is native from the United States and has originated many cultivars of the crop, including 'Bluebelle', 'Bluegem' and 'Delite'. Blueberry pollination dependency is variable between plant varieties and cultivars and in its worldwide growth, which tends to tamper the pollinator management available at the growth sites. The objective of this dissertation is to survey the entomophilic pollinator influence and the diversity of floral visitors available to blueberry crop growth in southern Brazil, with emphasis on the 'Bluebelle', 'Bluegem' and 'Delite' cultivars. The presented work was organized in two chapters, with the first one linked to blueberry pollinator influence on the fruit of three cultivars and the second one linked to blueberry floral visitors and its pollen collection by stingless bees, both taken place in the same study area in the municipality of Guaíba, Rio Grande do Sul, Brazil. To survey the pollinator influence and the effect of buzz-pollination on the plant, plant inflorescences were selected and observed in four treatments based on pollination type: self-pollination; self-pollination with buzzing; open pollination and open pollination with buzzing. Initially, the fruit were quantified for fructification rates and collected after proper ripening for a sampling of size, weight, and seed number. 'Bluegem' cultivar presented the higher pollinator dependency, showing fructification rates below 8% for both self-pollination treatments. Similarly, 'Bluebelle' and 'Delite' cultivars presented low fructification rates for "self-pollination", but not for "self-pollination with buzzing", which presents rates of 47,5% and 62,3% respectively for each of these two cultivars. The buzzing effect, however, did not rise up significantly the fructification in either cultivar in open pollination treatments, compared to self-pollination treatments when the buzzing increased fructification rates. In the second chapter the wild floral visitor density at three different times of day was surveyed, as well the pollen collection of stingless bees species (*Melipona quadrifasciata* and *Melipona torrida*), which were introduced in the study area through managed hives along the studied plants. For the wild visitor's survey, their visitations in the plants were quantified through transect walks in crop growth lines of the orchard, along with the quantification of open flowers for the calculation of visitation density. To survey the stingless bees' collected pollen proportion, four hives from each species were placed in field, with the pollen sampled from sampled foragers corbiculae for identification. There was a positive correlation between the number of open flowers with the number of visitations, however, there weren't differences between the times of the day. Individuals of Hymenoptera, Diptera, Lepidoptera, Hemiptera, and Coleoptera, besides birds from Trochillidae family, were observed in the flowers. Dominance was taken by *Apis mellifera* (73,7%) and *Trigona spinipes* (17,4%) bees, with the remaining groups presented in 8,8% of total visitations. In the managed stingless bees, *M. quadrifasciata* and *M. torrida*, foragers were carrying blueberry pollen, however in low proportion (0,25% of total grains).

Capítulo I: Influência de Polinizadores na Frutificação e Desenvolvimento dos Frutos em três Cultivares de Mirtilo ‘Rabbiteye’ (*Vaccinium virgatum* A.)

Murillo Fernando de Souza-Jesus¹, Patrícia Nunes-Silva², Manoela Lencino Santanna² e Betina Blochtein¹

1. Laboratório de Entomologia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução da Biodiversidade, Escola de Ciências da Saúde e da Vida, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Av. Ipiranga 6681, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

2. Programa de Pós-Graduação em Biologia, Escola Politécnica, Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Av. Unisinos, 950 - Cristo Rei, São Leopoldo - RS, Brasil.

Resumo

A expansão do cultivo de mirtilo (*Vaccinium* spp.) em território nacional tem exigido maiores conhecimentos sobre características da planta, incluindo sua polinização. Sendo uma cultura com diferentes grupos e cultivares, somado a diferenças no contexto regional no cultivo, como na produção brasileira, carecem os estudos sobre a ecologia da polinização da planta. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da polinização entomófila nas cultivares de mirtilo ‘Bluebelle’, ‘Bluegem’ e ‘Delite’, levando em consideração a compatibilidade polínica, e avaliar a influência do comportamento de vibração das abelhas no desenvolvimento dos frutos. Inflorescências foram submetidas a quatro tratamentos diferentes de acordo com a compatibilidade polínica. Os frutos foram quantificados e calculou-se a taxa de frutificação por inflorescência, e após maturação foram coletados para a avaliação do tamanho, peso e número de sementes, assim como quantificação dos frutos gerados em relação aos frutos disponíveis para coleta posterior. A cultivar Bluegem foi a que apresentou maior dependência de polinizadores, com taxas de frutificação de 7,3% e 7% para “autopolinização” e “autopolinização com vibração”, respectivamente. ‘Bluebelle’ apresentou taxas de frutificação em “autopolinização com vibração” (47,5%) com valores mais próximos dos apresentados no tratamento de polinização livre (62%), mas diferentes a “autopolinização” (15,4%). Foi observado a possibilidade de aborto relacionada com o tipo de tratamento, com taxas de persistência dos frutos entre 20-25% para “polinização livre” e 15-25% para “polinização livre com vibração” nas diferentes cultivares. A influência de polinizadores se mostrou efetiva principalmente no número de frutos gerados, mas não pode ser constatada influência da mesma no tamanho, peso e número de sementes viáveis dos frutos, com a cultivar ‘Bluegem’ se mostrando com maior dependência de polinizadores que as demais. O efeito da vibração produziu maior frutificação das plantas, principalmente quando as mesmas não recebiam visitantes florais.

Palavras-chave: polinização; polinização cruzada; autopolinização; polinização por vibração; frutificação do mirtilo.

Abstract

The rise of blueberry fruit growth (*Vaccinium* spp.) in Brazil requires better understanding about the plant traits, including its pollination. Being a crop with a

range of varieties and cultivars, aligned to regional differences in crop management, like its Brazilian production, research about the pollination ecology of the plant is scarce. The objective of this work is to evaluate the pollinator dependency, based on pollen compatibility, and the effects of buzz-pollination in 'Bluebelle', 'Bluegem' and 'Delite' cultivars. Plant inflorescences were submitted to being treated in four types based on pollen compatibility. For both self-pollination treatments, the inflorescences were isolated with voile fabric, while the buzzing simulated with an electric toothbrush. The resulting fruit were quantified to obtain the fructification tax for each inflorescence and sampled after proper ripening to obtain size, weight, and seed number variables, as quantification of the fruit raise in contrast to the matured ones in a latter period. The 'Bluegem' cultivar was the most pollinator dependent with a fructification tax of 7,3% and 7% for "self-pollination" and "self-pollination with buzzing" respectively. 'Bluebelle' presented mean fructification tax in "self-pollination with buzzing" (47,5%) closer to "open pollination" (62%), but different from "self-pollination" (15,4%). It was observed a link with higher fruit abortion and the treatment type, with 20-25% of fruit endurance rate for "open pollination" and 15-25% for "open pollination with buzzing" for the different cultivars. Pollinator influence was effective on the fruit set, but this wasn't the case for the size, weight and viable seed set, with 'Bluegem' cultivar being the most pollinator dependent than the other ones. The buzzing effect was effective on fruit set, mainly when the flowers didn't get visitors.

Key words: pollination; cross-pollination; self-pollination; buzz-pollination; blueberry fructification.

Introdução

Desde os anos 90 o valor dos serviços de polinização, oferecidos tanto por espécies nativas como exóticas, tem sido destacado pela comunidade científica e em esferas governamentais, levando a iniciativas voltadas à conservação e uso sustentável em escala nacional e mundial (MMA, 1996, 1999, 2006; CCGE, 2017; REBIPP, 2019) e com uma diversidade elevada de culturas sendo produzidas no país no momento atual, aumenta a demanda para uma maior diversidade de polinizadores.

De acordo com esses trabalhos, tanto polinizadores silvestres como manejados podem ser utilizados de forma síncrona para melhor benefício de seus serviços, dependendo da cultura alvo. Isso ocorre tanto em nível de sustentabilidade e conservação, pela promoção da biodiversidade de animais e plantas nativos (como mata de regeneração preservada como refúgio para polinizadores), como em nível econômico, pois muito se tem a economizar com o uso de serviços que podem estar disponíveis gratuitamente no meio ambiente ou de forma acessível por produtores locais.

O grau de dependência de polinizadores possui uma ampla variação entre as diferentes espécies de plantas, onde na agricultura também difere entre variedades e cultivares. Polinização cruzada ocorre quando os grãos de pólen são transferidos entre as flores de diferentes indivíduos. A polinização efetiva das plantas com flores se relaciona ao seu grau de dependência à

polinização cruzada para a geração de frutos viáveis, visto que a mesma tende a ser reduzida com a proximidade genética (Oliveira & Maruyama, 2014). A maior necessidade de polinização cruzada nas plantas teve origem na necessidade de aumento da diversidade genética e foi favorecida por diferentes barreiras vegetativas (e.g. isolamento geográfico, especificidade de hábitat) e reprodutivas (e.g. floração sazonal, incompatibilidade genética ou gamética, esterilização dos híbridos, anatomia da flor) (Fægri & van der Pijl, 1979). Tais barreiras levam à inviabilidade de frutificação ou subdesenvolvimento dos frutos.

Em uma planta autogâmica, por outro lado, a flor é polinizada pelo pólen oriundo das próprias anteras desta flor ou de outra flor do mesmo indivíduo (Fægri & van der Pijl, 1979). A geração de frutos viáveis comercialmente por autogamia muitas vezes não é absoluta, ocorrendo em um espectro de compatibilidade de acordo com a cultivar.

O tamanho do fruto e a uniformidade podem estar relacionados com o número de sementes e ao mesmo tempo com hormônios de crescimento liberados durante a ovulação, fatores esses que estão relacionados com a origem do pólen que é depositado no estigma, principalmente sua distância genética (sendo ela maior ou menor) da planta doadora (MacKenzie, 1997). O número de sementes está normalmente ligado com uma polinização efetiva, visto que o número das mesmas está ligado com a quantidade de pólen depositada no estigma. Diferentes trabalhos apontam essa variável na avaliação integral de uma polinização efetiva, com respeito ao número de sementes em si (da Silveira et al., 2009; Taber & Olmstead, 2016) como de diferentes categorias de tamanho (Vander Kloet, 1984; Ehlenfeldt & Vorsa, 2007).

No caso do gênero *Vaccinium*, os frutos costumam ainda ser divididos em três tipos de tamanho de acordo com o número de sementes e o tamanho das mesmas, sendo normal o tipo onde as sementes possuem tamanho adequado, diminutas onde o tamanho e número de sementes é reduzido devido a interações na origem do pólen, e partenocárpico onde não houve polinização efetiva e as sementes apresentam tamanhos muito pequenos, com o fruto originado em sua maior parte por partenocarpia (Ehlenfeldt & Vorsa, 2007; Ehlenfeldt, 2012). Tais interações variam com a cultivar e estão intimamente relacionados com a origem do pólen (Vander Kloet, 1984).

Da mesma forma, existem diferenças na atividade enzimática da peroxidase, padrões de isoenzimas e localização histológica durante a polinização que ocorrem de acordo com a origem do pólen recebido no estigma (Huang et al., 1997). Alterações em tais padrões resultam em diferenças no odor e palatabilidade dos frutos, assim como na coloração, determinada por diferentes classes de pigmentos em interação (Stournaras & Schaefer, 2017).

Em relação aos visitantes florais, diferentes mecanismos evolutivos presentes no grupo dos insetos permitem a otimização da extração de recursos florais, seja pólen, néctar, resinas, óleos e outras substâncias ou fragmentos da

flor. As abelhas se destacam em tais adaptações, onde encontramos estruturas de transporte de pólen como corbículas (e.g. Apini) e escopas (e.g. Megachilidae, Colletidae), glossas especializadas (e.g. Euglossinae) (Silveira et al., 2002) e certos comportamentos, como a capacidade de vibração (Rosi-Denadai et al., 2018).

A polinização por vibração é um comportamento que permite a certas espécies de abelhas um melhor aproveitamento no forrageio de pólen. Ela ocorre através de vibrações torácicas e pode auxiliar os polinizadores tanto em visitas a flores autogâmicas quanto nas que necessitam polinização cruzada (Vallejo-Marín, 2019). Esse comportamento pode auxiliar na liberação do pólen para o estigma da flor e permite que o agente polinizador obtenha uma maior carga polínica que será transportada para outras flores (Rosi-Denadai et al., 2018).

Mirtilo é um termo aplicado a diversas espécies de frutíferas do gênero *Vaccinium* L. (família Ericaceae), com distribuição original no Hemisfério Norte, cultivadas principalmente nos Estados Unidos, Canadá e países europeus (Raseira & Antunes, 2004). No Brasil a cultura foi introduzida no início da década de 1980, porém seu primeiro registro nas estatísticas de produção agrícola foi no “Levantamento da Fruticultura Comercial do Rio Grande do Sul” (Emater, 2007). A flor do mirtilo é perfeita em forma de campânula, sino ou urna e apresenta de oito a dez estames na base da corola em torno de um estilo filiforme, que se estende além das anteras e cobertura da corola (Witter et al., 2014). As anteras são poricidas em formato de tubos ocos. A polinização do mirtilo, tanto em termos de compatibilidade polínica como de necessidade e diversidade de agentes polinizadores, é altamente variável devido à diversidade genética da planta e ampla distribuição do seu cultivo atualmente, o que a limita às possibilidades de manejo de polinizadores disponíveis no local de cultivo.

Na maior parte das variedades a polinização entomófila é total ou parcialmente necessária, pois não há produção de frutos devidamente adequados ao comércio quando gerados de forma exclusivamente autogâmica (Javorek et al., 2002; Drummond, 2012; Benjamin & Winfree, 2014; Campbell et al., 2018). Determinadas cultivares, porém, apresentam partenocarpia (MacKenzie, 1997) dependente ou não de polinização (Ehlenfeldt, 2012), e ainda existem variedades com algum nível de autocompatibilidade (Noormets & Olson, 2005; Pereira, 2008). Ademais, é necessário que o agente polinizador interaja de forma adequada com as partes reprodutivas da flor e deposite quantidades adequadas de pólen no estigma para uma polinização eficiente. A importância da polinização entomófila em *Vaccinium* spp. é expressa em diferentes trabalhos (Drummond, 2012; Benjamin & Winfree, 2014; Campbell et al., 2018), incluindo a necessidade de vibração em certas cultivares (Javorek et al., 2002).

Logo, a dependência ou não das cultivares de mirtilo a agentes polinizadores animais implica diretamente na produção de um fruto

comercialmente viável, ao passo que expressa a importância da conservação de habitats para a presença de polinizadores na produção do fruto. Da mesma forma, essa variação na ecologia de polinização da planta carece de uma avaliação regional, levando em conta a necessidade ou não de polinização cruzada e a disponibilidade silvestre ou manejada de polinizadores que possam contribuir para melhor desenvolvimento dos frutos. Entre as cultivares aqui estudadas, 'Bluegem' é a única onde a dependência de polinizadores é conhecida necessariamente necessária para um melhor desenvolvimento dos frutos, visto que a mesma necessita de polinização cruzada para maior qualidade dos mesmos (Raseira, 2004; Lyrene & Ballington, 2006).

Logo, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar a dependência de polinização por animais das cultivares de mirtilo 'Bluebelle', 'Bluegem' e 'Delite', levando em consideração a compatibilidade polínica, e avaliar a influência do comportamento de vibração das abelhas no desenvolvimento dos frutos. Como objetivos específicos temos a obtenção da taxa de frutificação, tamanho e peso do fruto e número de sementes de diferentes tamanhos, em diferentes tratamentos de polinização, relacionados com a origem do pólen e influência do comportamento de vibração.

Materiais e Métodos

Área de Estudo

O estudo foi realizado em uma propriedade rural (30°07'50.1"S 51°25'33.3"W) no Município de Guaíba, localizado na Região Metropolitana de Porto Alegre (RS), no bioma Pampa em zona de transição com a Mata Atlântica (IBGE, 2019). A principal atividade no local é a fruticultura extensiva, com plantio de espécies nativas e exóticas e presença de mata em regeneração. Mais de 100 plantas de mirtilo 'Rabbiteye' (*Vaccinium virgatum* A.) são cultivadas na propriedade, dispostas em sequência em um pomar e alinhadas paralelamente de acordo com a cultivar, com um espaçamento de cerca de 1m por planta e 1,5m entre as linhas de cultivo, em uma área de cerca de 415m² (Figuras 1 e 2). As plantas foram introduzidas no ano de 2011 segundo o produtor. Para o presente estudo, foram selecionadas linhas de cultivo do pomar, contemplando as cultivares 'Bluegem', 'Bluebelle' e 'Delite' (Figura 2).



Figura 1: Localização do pomar de mirtilo estudado (destaque em amarelo na imagem à direita), no município de Guaíba no Rio Grande do Sul, Brasil (imagem à esquerda). (Modificado de Google, 2019).



Figura 2: Pomar de mirtilo (*Vaccinium virgatum* A.) durante o início da floração na área de estudo, Município de Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil. (Fotos: Murillo Fernando de Souza-Jesus).

Amostragem

Durante o período de pré-floração, foram delimitadas linhas de 20m para cada uma das três cultivares estudadas (Figura 3) a fim de avaliar a compatibilidade polínica em quatro tratamentos de polinização:

a) Polinização livre: a inflorescência foi apenas marcada durante o estágio pré-floração, sem qualquer barreira de isolamento para visitantes florais (Figura 4A);

b) Autopolinização: aqui houve isolamento da inflorescência por tecido voal no período anterior à antese (Figura 4B);

c) Polinização livre com vibração: o mesmo procedimento de “polinização livre” com o auxílio de uma escova dental elétrica (Oral B™ Vitality modelo Precision Clean, 60 Hz de frequência) para simular o efeito da vibração realizada por abelhas (Figura 4C);

d) Autopolinização com vibração: com o auxílio da escova elétrica para simular o efeito da vibração realizada por abelhas, foi realizada a marcação e o isolamento da inflorescência (Figura 4D).



Figura 3: Delimitação das 6 linhas de plantas utilizadas para as amostragens nesse estudo. As cores representam as cultivares de mirtilo estudadas sendo: vermelha = Bluebelle; amarela = bluegem e azul = Delite (Modificado de Google, 2019).

Cada um dos quatro tratamentos foi aplicado em 50 inflorescências, totalizando 200 inflorescências amostradas por cultivar. Após a frutificação, a variável registrada foi o número de frutos desenvolvidos por inflorescência, enquanto o peso, altura e largura do fruto e o número de sementes geradas foram registrados após maturação (Figura 5).

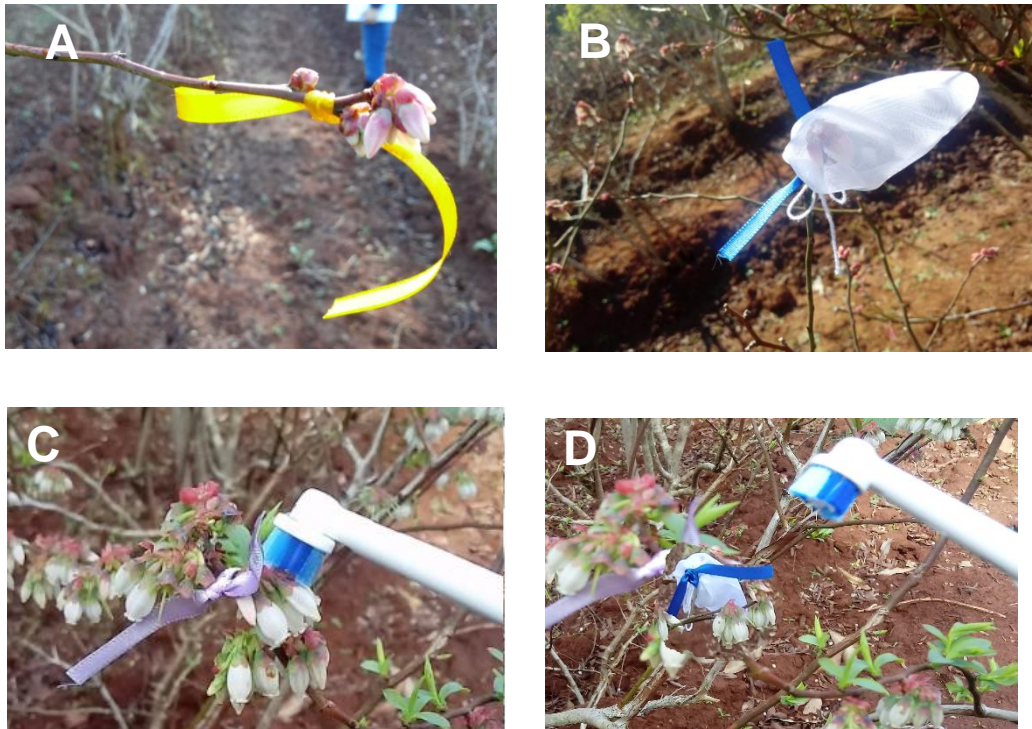


Figura 4: Representação dos quatro tratamentos para avaliar a dependência de polinização entomófila do mirtilo: **A)** polinização livre; **B)** autopolinização; **C)** polinização livre com vibração; e **D)** autopolinização com vibração. (Fotos: Murillo Fernando de Souza-Jesus)

Análise estatística

Taxas de frutificação

A taxa de frutificação para os quatro tratamentos foi analisada pela relação entre a quantidade de frutos originados e a quantidade de flores presentes na inflorescência observada, pela razão de 100:

$$TF = \frac{FrO}{FlO} * 100$$

onde FrO é a quantidade de frutos observados e FIO é a quantidade flores observadas na inflorescência.

Diferenças significativas entre os fatores considerados, formas de polinização e cultivares, foram analisadas com o uso de teste de Mann-Whitney-Wilcoxon para dados não paramétricos.

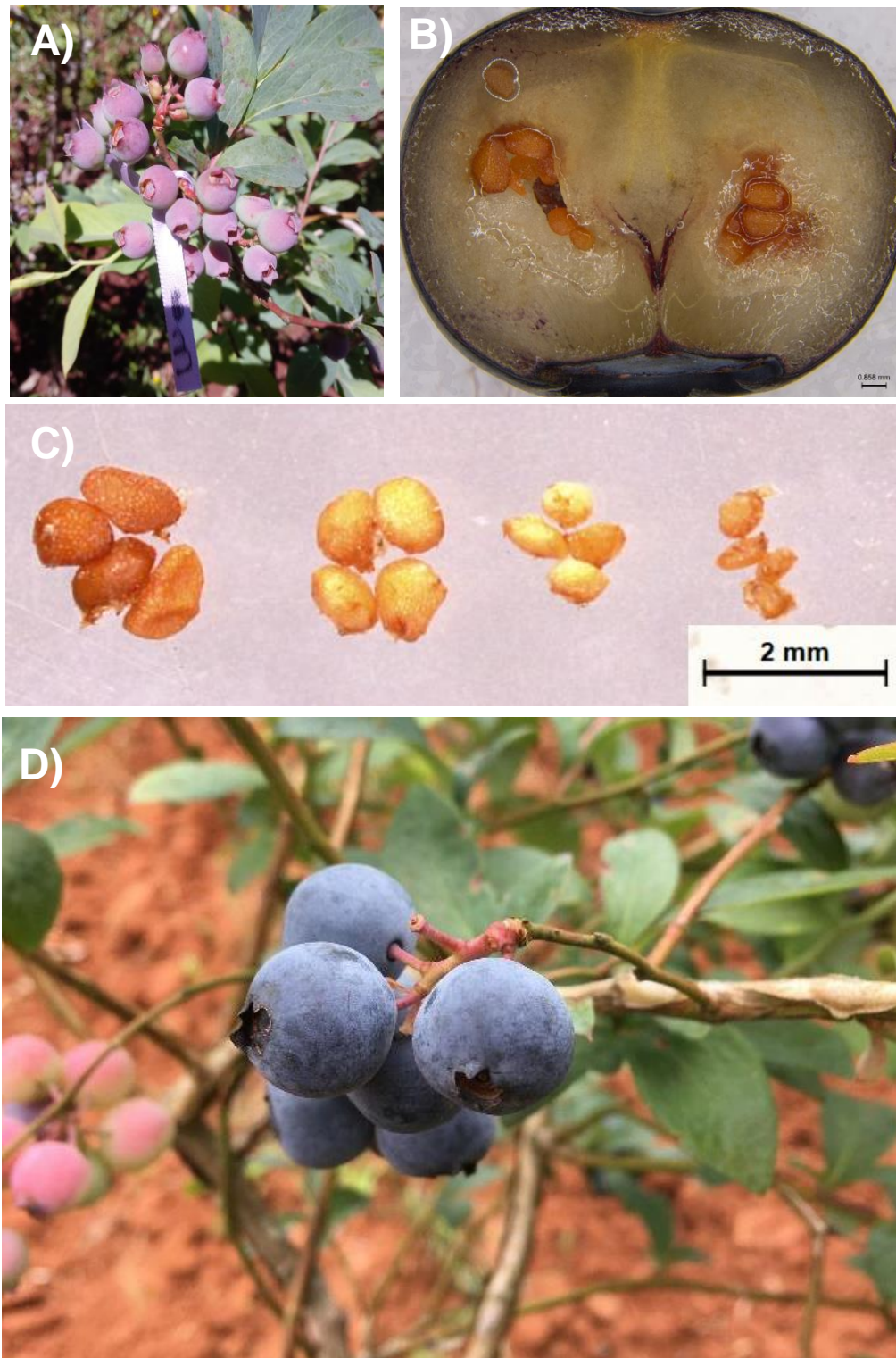


Figura 5: **A)** Frutos de mirtilo. **B)** Fruto seccionado para extração e contagem de sementes. **C)** Sementes de tamanho grande, médio, pequenas e inviáveis. **D)** Mirtilo em estágio maduro. (Fotos: Murillo Fernando de Souza-Jesus, Kelvin Hohl, Manoela Lencino Santanna e Patrícia Nunes-Silva)

Variáveis dos frutos

A comparação entre as variáveis peso, altura, largura e número de sementes dos frutos foram feitas através de ANOVA multifatorial e teste de Tukey para múltipla comparação de médias em duas análises diferentes, ordenadas por tipo de variável:

- a) Peso x altura x largura
- b) Sementes grandes x sementes médias x sementes pequenas

Taxa de persistência dos frutos após maturação

A taxa de persistência dos frutos (frutificação efetiva) foi verificada comparando o número de frutos registrados na amostragem inicial de frutificação com os frutos coletados ao final do ciclo, após cerca de dois meses de maturação. Isso permitiu determinar a taxa de frutos abortados durante o processo de maturação e sua relação com os tratamentos. A significância entre o número de frutos formados e coletados após este período, por tratamento/cultivar, foi verificada com teste de Mann-Whitney-Wilcoxon.

A normalidade desses valores foi verificada com teste de Shapiro-Wilk para amostras independentes em cada um dos quatro tratamentos de polinização. Os dados foram analisados com o software RStudio versão 1.2.5033.

Resultados

Taxas de frutificação

Em 'Bluebelle', as taxas de frutificação demonstraram as maiores médias para os tratamentos "polinização livre" e "polinização livre com vibração" (Figura 6) de toda a amostragem. Ambos apresentaram médias semelhantes nesta cultivar, de 62% e 60,2% respectivamente. "Autopolinização com vibração" obteve média de 47,5%. A média do tratamento de "autopolinização" foi a menor, com 15,43% para esta cultivar. Houve diferença entre as médias das taxas de frutificação nos distintos tratamentos de polinização ($p < 0,05$), que se mostraram significativas quando o tratamento "autopolinização" foi comparado com os demais (Figura 6). A comparação das médias entre os tratamentos "polinização livre", "polinização livre com vibração" e "autopolinização com vibração" apresentou diferenças significativas apenas no primeiro caso (Figura 6).

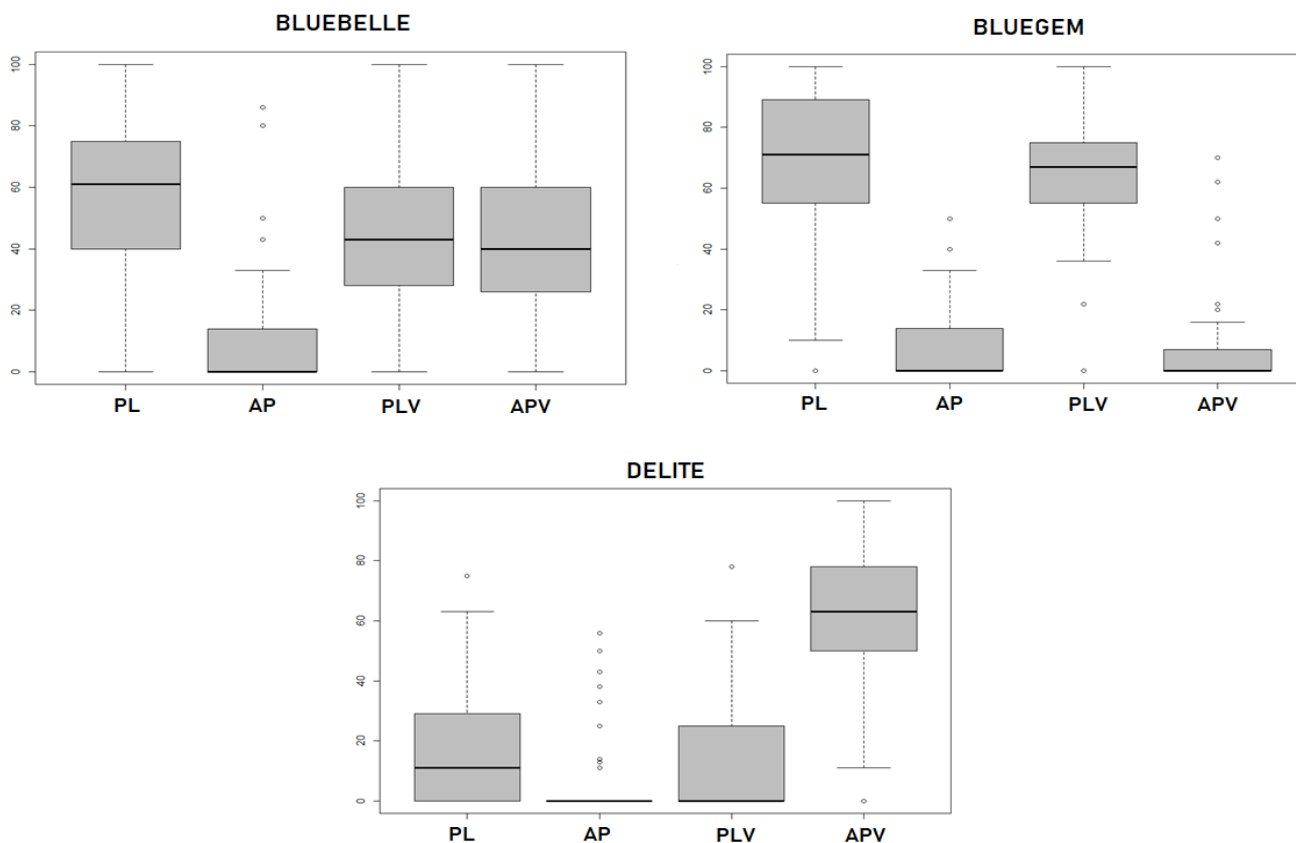


Figura 6: Box-plots das taxas de frutificação por inflorescência amostrada para os tratamentos de polinização em plantas de mirtilo das cultivares estudadas. A linha preta representa a mediana.

Nas plantas de mirtilo ‘Bluegem’ as médias das taxas de frutificação para o tratamento “polinização livre” e “polinização livre com vibração” foram de 68,8% e 73,3% respectivamente. Enquanto as médias para os tratamentos de “autopolinização” e “autopolinização com vibração” foram de 7,31% e 6,96% respectivamente (Figura 6) para esta cultivar. O teste se mostrou significativo ($p < 0,05$), indicando diferença entre os tratamentos, a qual ocorreu quando comparadas as médias de todos os tratamentos, com exceção da comparação entre as médias dos tratamentos “polinização livre” x “polinização livre com vibração” e “autopolinização x autopolinização com vibração” ($p > 0,05$) (Figura 6).

As plantas de mirtilo ‘Delite’ tiveram as médias das taxas de frutificação mais baixas e mais distintas dentre todas as cultivares, com 17,22% para “polinização livre”, 5,88% para “autopolinização”, 14,24% para “polinização livre com vibração” e de 62,3% para “autopolinização com vibração” (Figura 6). Houve diferença significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$), a qual se expressou em todas as médias comparadas, com exceção de “polinização livre” x “polinização livre com vibração” ($p > 0,05$) (Figura 6).

Variáveis dos Frutos

Nas plantas de mirtilo cultivar 'Bluebelle' avaliadas, o teste de Mann-Whitney-Wilcoxon não demonstrou diferença quando comparados os frutos quanto ao peso, altura, largura (Tabela 1) e número total de sementes em todos os tratamentos de polinização (Tabela 2). Importante ressaltar que o tratamento "autopolinização" não obteve frutos para a análise (Tabela 3).

Houve variação significativa entre os tratamentos de polinização em plantas de mirtilo da cultivar 'Bluegem', quando comparadas as variáveis peso, altura e largura. Essa diferença foi expressiva na comparação "polinização livre" x "polinização livre com vibração" (Tabela 1). A comparação entre os diferentes tamanhos de sementes também foi significativa quando comparados estes mesmos dois tratamentos (Tabela 2). Não houve frutos viáveis para avaliação resultantes dos tratamentos "autopolinização" e "autopolinização com vibração".

A cultivar 'Delite' foi a única onde não foi possível a obtenção de frutos com o tratamento "autopolinização com vibração", porém foi o único a apresentar frutos para o tratamento "autopolinização" (três amostras) (Tabela 3). Quando comparado o número de sementes de diferentes tamanhos para esta cultivar, não foi evidenciada diferença entre os tamanhos para nenhum tratamento (Tabela 2).

Taxa de persistência dos frutos após maturação

A taxa de persistência dos frutos mostrou valores relativamente semelhantes para os tratamentos entre as diferentes cultivares, permanecendo entre 20-25% para "polinização livre" e 15-25% para "polinização livre com vibração" (Figura 7). "Delite" apresentou a diferença mais evidente, com 17% de frutos maduros coletados em "autopolinização", comparados com 0% de "Bluebelle" e "Bluegem". "Delite" também apresentou taxas nulas para "autopolinização com vibração" em relação aos 5% de "Bluebelle" e "Bluegem". Houve diferença significativa ($p < 0,05$) em relação à quantidade de frutos gerados e coletados em todas as cultivares.

Tabela 1: Valores de P e F obtidos no teste de Tukey para múltipla comparação de médias entre as variáveis de Peso x Altura x Largura dos frutos resultantes dos quatro tratamentos de polinização para as cultivares 'Bluebelle', 'Bluegem' e 'Delite'.

Cultivar	Tratamentos Comparados	Valor de P	Valor de F
Bluebelle	<i>polinização_livre-autopolinização_vibr.</i>	0.7603	0.593
	<i>polinização_livre_vibr.-autopolinização_vibr.</i>	0.9462	0.593
	<i>polinização_livre_vibr.-polinização_livre</i>	0.6117	0.593
Bluegem	<i>polinização_livre-autopolinização_vibr.</i>	0.7045	4.368
	<i>polinização_livre_vibr.-polinização_livre</i>	0.0123	4.368
Delite	<i>polinização_livre-autopolinização</i>	0.0365	4.681
	<i>polinização_livre_vibr.-autopolinização</i>	0.3594	4.681
	<i>polinização_livre_vibr.-polinização_livre</i>	0.0957	4.681

Tabela 2: Valores de P e F obtidos no teste de Tukey para múltipla comparação de médias no número total de sementes dos frutos encontradas nos quatro tratamentos de polinização em plantas de mirtilo das cultivares 'Bluebelle', 'Bluegem' e 'Delite'.

Cultivar	Tratamentos Comparados	Valor de P	Valor de F
Bluebelle	<i>polinização_livre-autopolinização_vibr.</i>	0.7842	1.034
	<i>polinização_livre_vibr.-autopolinização_vibr.</i>	0.5046	1.034
	<i>polinização_livre_vibr.-polinização_livre</i>	0.4994	1.034
Bluegem	<i>polinização_livre_vibr.-polinização_livre</i>	<0.0001	13
Delite	<i>polinização_livre-autopolinização</i>	0.3904	0.936
	<i>polinização_livre_vibr.-autopolinização</i>	0.3931	0.936
	<i>polinização_livre_vibr.-polinização_livre</i>	0.9962	0.936

Tabela 3: Peso, altura, largura e número de sementes de frutos de mirtilo de três cultivares, respectivamente a quatro tratamentos de polinização.

Cultivar	Tratamento	Peso Médio(g)	Altura Média(mm)	Largura Média(mm)	Média Total de Sementes	Número de Frutos avaliados
Bluebelle	<i>polinização livre</i>	1,09	9,02	12,06	32,55	60
	<i>polinização livre com vibração</i>	1,06	9,08	11,44	28,22	50
	<i>autopolinização com vibração</i>	0,94	8,34	11,83	38,8	5
Bluegem	<i>polinização livre</i>	0,98	9,83	11,35	31,15	87
	<i>polinização livre com vibração</i>	0,88	9,17	10,38	14,85	48
Delite	<i>polinização livre</i>	1,22	10,05	12,30	18	25
	<i>polinização livre com vibração</i>	1,02	9,50	11,51	17,73	15
	<i>autopolinização</i>	0,95	8,55	10,61	26	3

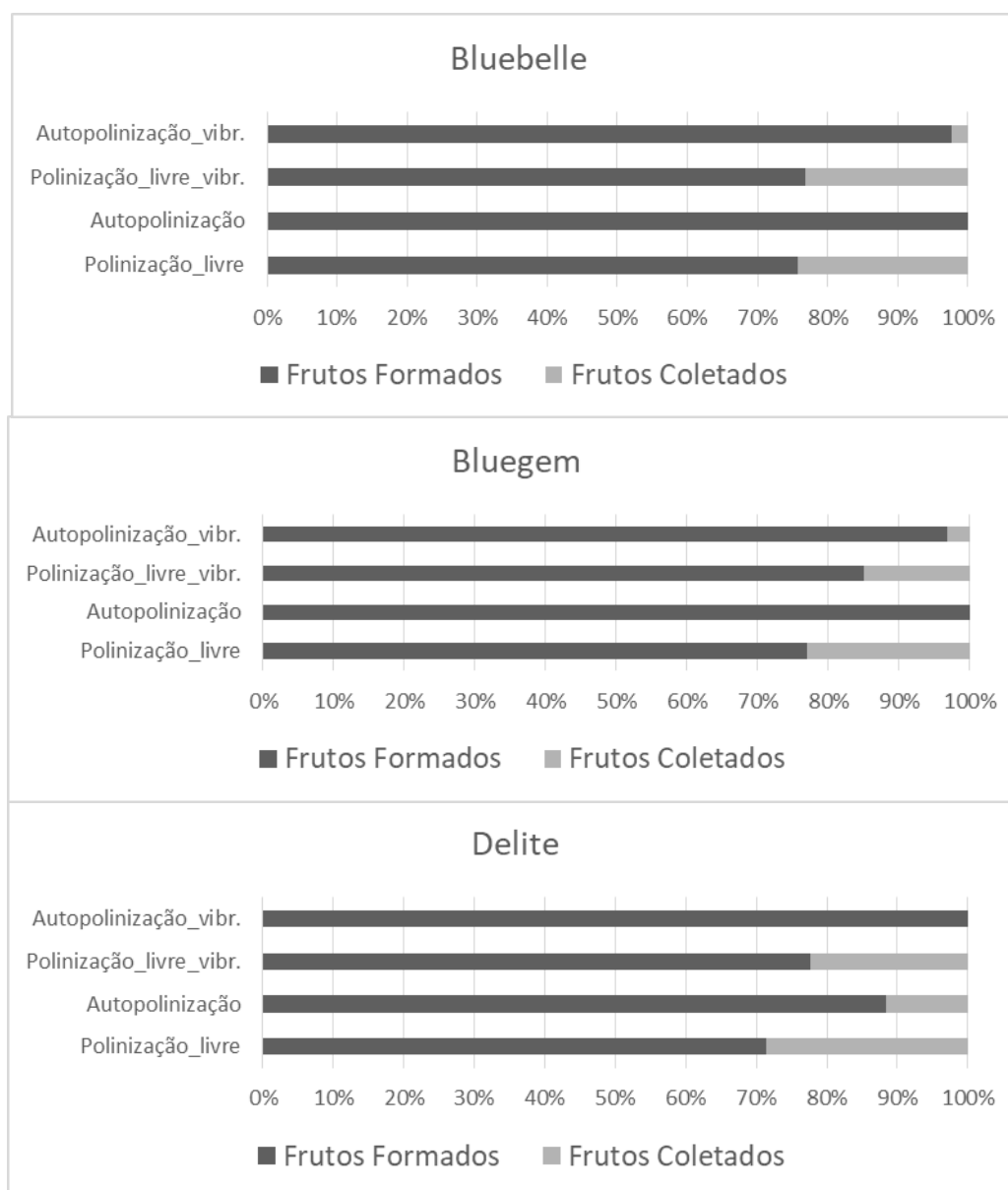


Figura 7: Taxas de persistência de frutos maduros de mirtilo das cultivares ‘Bluebelle’, ‘Bluegem’ e ‘Delite’ em comparação com a frutificação inicial, em quatro tratamentos de polinização.

Discussão

A influência de polinizadores pôde ser evidenciada nas flores de mirtilo das cultivares ‘Bluebelle’, ‘Bluegem’ e ‘Delite’ com o expressivo aumento das taxas de frutificação nos tratamentos de polinização livre em relação aos tratamentos de autopolinização. A única exceção foi a cultivar ‘Delite’, para a qual o tratamento de “autopolinização com vibração” apresentou maior produtividade em relação aos outros tratamentos nesta mesma cultivar.

A autopolinização demonstrou-se efetiva nas cultivares 'Bluebelle' e 'Delite' apenas quando as flores foram vibradas, em conformidade com diversos trabalhos que ressaltam a importância deste comportamento em diferentes linhagens de mirtilo (Usui et al., 2005; Brevis et al. 2006; Rodriguez-Saona et al., 2011; Cutler et al., 2012; Hoffman et al., 2018). O fato de haver maior produtividade em cultivares autocompatíveis com agitação mecânica foi observado, por exemplo, por Hagerup (1954) em mirtilo-europeu (*Vaccinium myrtillus* L.), mirtilo-vermelho (*V. vitis-idaea* L.) e oxicoco (*V. oxycoccos* L.), em consonância com Noormets & Olson (2005) para mirtilo-canadense (*V. myrtilloides* M.). Ambos os trabalhos concluíram que a agitação do vento promove a autopolinização nestas espécies, através da agitação das flores. Importante ressaltar que isso não representa uma polinização anemófila, visto que os grãos de pólen não se transportam pelo vento, mas apenas são auxiliados pela ação deste fator ambiental segundo a definição de Fægri & van der Pijl (1979).

A vibração foi efetiva para a polinização em 'Bluebelle' e 'Delite'. Em 'Bluebelle' seu efeito tamanho ao ponto do tratamento "autopolinização com vibração" manter taxas de frutificação próximas às médias obtidas nos tratamentos de polinização livre, embora não tenha sido evidenciado um acréscimo para as taxas de frutificação no tratamento de "polinização livre com vibração" em relação aos demais para nenhuma cultivar. A visita de agentes polinizadores nas flores parece ter promovido frutificação satisfatória, colocando-a em taxas ótimas. Logo, é possível que a polinização livre não tenha resultado em acréscimo de produção com a vibração pelo fato de que a presença de polinizadores já tenha promovido a polinização adequada para frutificação.

Strik & Vance (2019) observaram que pólen em excesso, principalmente oriundo de polinização cruzada, não aumentou a produtividade dos frutos em diferentes cultivares de mirtilo "Highbush". A ação da vibração, porém, como observado em 'Bluebelle', manteve um valor elevado das taxas de frutificação tanto em "autopolinização com vibração" como em "polinização livre com vibração", e apenas em "autopolinização com vibração" em 'Delite'.

A cultivar 'Delite', apresentou um padrão distinto, onde "autopolinização com vibração" superou as demais taxas de frutificação dos outros tratamentos, apesar do tratamento de "autopolinização" apresentar médias ainda inferiores em relação aos tratamentos de polinização livre. Sugere-se a possibilidade desta cultivar apresentar maior autocompatibilidade, de modo que a autopolinização tem seu potencial obtido apenas com a presença de vibração. É possível da mesma forma, que de tal cultivar não estar adaptada às condições de plantio do local. Deficiências de nutrientes disponíveis às flores podem, por exemplo, limitar a produtividade dos frutos, como observado por Chen e colaboradores (1998) em mirtilo "Lowbush".

Raseira (2004) já discutiu a dependência de polinizadores em 'Bluegem', no qual a distância genética, inclusive de que o pólen oriundo de outras

cultivares, pode gerar frutos de maior qualidade. No presente estudo 'Bluegem' exibiu elevada dependência de polinização cruzada demonstrada pelas baixas taxas de frutificação nos tratamentos de "autopolinização" e "autopolinização com vibração", em comparação aos tratamentos de polinização livre. O segundo caso, apresentando médias ligeiramente menores que o primeiro, reforça a ideia de autoincompatibilidade desta cultivar, já que como discutido anteriormente a agitação promovida pela vibração possivelmente expressa um grau de autopolinização.

Os tratamentos de polinização livre para 'Bluegem' apresentaram taxas de frutificação superiores aos outros tratamentos, com médias de 68,8% para "polinização livre" e 73,4% para "polinização livre com vibração". Visto que as cultivares estavam dispostas próximas no mesmo pomar, pode ser visto como uma vantagem para 'Bluegem' o fato de receber pólen oriundo das outras cultivares, logo que a mesma tem melhor desenvolvimento dos frutos com uma maior distância genética. A polinização cruzada ocorre em diferentes cultivares de mirtilo e sua influência no desenvolvimento dos frutos depende tanto da planta receptora de pólen quanto da planta mãe (Johnson, & Sundberg, 1997; MacKenzie, 1997; Usui et. al, 2005; Ehlenfeldt & Vorsa, 2007; Ehlenfeldt, 2012; Huang et. al, 2016).

As variáveis de tamanho e peso dos frutos e número de sementes, por outro lado, não evidenciaram influência do tipo de tratamento de polinização, mantendo médias constantes segundo a amostragem dos frutos maduros. Esse fator contradiz a maior parte dos trabalhos onde o tipo de polinização foi de expressiva influência no tamanho e peso dos frutos e na proporção do número de sementes obtidos (Vander Kloet, 1984; Javorek et al., 2002; Usui et al., 2005; Dedej & Delaplane, 2009; Taber & Olmstead, 2016). Strik & Vance (2019), por sua vez em concordância, observaram que o número de sementes está mais relacionado pelo número de óvulos presentes na flor e o percentual de produtividade do que pela polinização em si.

Importante ressaltar que as diferenças nas variáveis de peso e tamanho obtidas neste trabalho servem unicamente para demonstrar influência do tratamento no tamanho das mesmas, conforme ausência de padrões de qualidade para o fruto no Brasil. Estes variam severamente de acordo com a região de cultivo, com um tamanho médio em copos ("cups") requerido pelos Estados Unidos (USDA, 1997), por exemplo. Na produção canadense, utiliza-se apenas a variável de peso para determinar possíveis alterações defeituosas no fruto (CFIA, 2022), enquanto na União Européia tamanho e peso não são estabelecidos dos padrões de qualidade do produto final (UNECE, 2018).

As taxas de persistência dos frutos até a maturação mostraram por sua vez diferenças significativas entre os tratamentos. Um fato a se considerar é a taxa de persistência proporcionalmente diferente entre os tratamentos, independentemente do número de frutos gerados, evidenciando relação deste fator com o tratamento de polinização, e não com o número de frutos formados nas inflorescências, assim descartando a possibilidade de sub-amostragem dos

mesmos devido a erro amostral. A autopolinização em mirtilo-alpino (*Vaccinium uliginosum* L.) resultou em frutificação precoce como visto por Hagerup (1954), levando por sua vez a uma maturação precoce do mesmo. Já no presente estudo, o tratamento de “autopolinização” não resultou em frutos persistentes após dois meses de maturação nas cultivares ‘Bluebelle’ e ‘Bluegem’ e quantidades mínimas em ‘Delite’. Apesar deste resultado, destaca-se o registro de taxas significativas de vingamento de frutos, e perda posterior, pré-matura dos mesmos, indicando o possível aborto.

O mesmo pode se aplicar a “autopolinização com vibração” em ‘Delite’, a qual não resultou em frutos maduros, mesmo tendo sido o tratamento de polinização com maior número de frutos gerados para esta cultivar, correspondendo a mais de 60% da amostragem total de frutos gerados. Tais discrepâncias podem ter originado uma sub-amostragem das variáveis de peso e número de sementes dos frutos, justificando a falta de correlação entre estes dados com os diferentes tipos de polinização vistos neste trabalho. Esse fato pode estar associado à conclusão de Drummond (2020), o qual relacionou o aumento da queda de frutos com a diminuição do número de sementes em *Vaccinium angustifolium*. No estudo mencionado a queda de frutos registrada ao longo de quatro anos variou de 23,3% a 49,4% em frutos com menor número de sementes viáveis. Ehlenfeldt & Martin Junior (2010), da mesma forma, observaram maturação precoce em mirtilo “Highbush” relacionada com o menor tamanho e número de sementes do fruto.

A persistência dos frutos está diretamente ligada com o produto final destinado à distribuição, onde uma baixa persistência condiz com um fruto que é perdido antes de chegar ao consumidor final, seja durante o transporte como dentro de um período de validade menor decorrente de aborto do fruto. Assim os resultados aqui gerados, onde diferenças nos tratamentos de polinização em relação à persistência do mesmo implicam não somente em um fruto com perda sua qualidade útil, como influenciam na obtenção de outras variáveis levando a possíveis discrepâncias amostrais de acordo com o método utilizado, como uma distância maior no período de amostragem dos frutos maduros em relação aos frutos gerados.

Conclusão

As três cultivares de mirtilo estudadas neste trabalho apresentaram influência da polinização entomófila na frutificação das cultivares de mirtilo aqui estudadas, tendo sido registrada em ‘Bluegem’ maior influência que as demais. ‘Delite’ e ‘Bluebelle’ se mostraram cultivares autocompatíveis, com forte influência da vibração em sua frutificação. Não houve relação da polinização com variáveis de peso, tamanho e proporção de sementes, mas foi constatada possível relação da mesma com o vingamento dos frutos.

Referências Bibliográficas

- Benjamin, F. E.; Winfree, R. (2014). Lack of Pollinators Limits Fruit Production in Commercial Blueberry *Vaccinium corymbosum*. *Environmental Entomology* 43 (6): 1574–83. <https://doi.org/10.1603/en13314>
- Brevis, P. A.; NeSmith, D. S.; Wetzstein, H. Y.; Hausman, D. B. (2006). Production and Viability of Pollen and Pollen-ovule Ratios in four Rabbiteye Blueberry Cultivars. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 131(2), 181–184. <https://doi.org/10.21273/jashs.131.2.181>
- Campbell, J. W.; Kimmel, C. B.; Bammer, M.; Stanley-Stahr, C.; Daniels, J. C.; Ellis, J. D. (2018). Managed and Wild Bee Flower Visitors and Their Potential Contribution to Pollination Services of Low-Chill Highbush Blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.; Ericales: Ericaceae). *Journal of Economic Entomology* 111 (5): 2011–16. <https://doi.org/10.1093/jee/toy215>
- CCGE. (2017). Importância dos Polinizadores na Produção de Alimentos e na Segurança Alimentar Global. Brasília: CCGE.
- CFIA. (2022). Blueberries. Safe Food for Canadian Regulations, Ottawa. Atualizado 24 abr 2011. Disponível em: <http://www.inspection.gc.ca/food/archived-food-guidance/fresh-fruits-and-vegetables/quality-inspection/fruit-inspection-manuals/blueberries/eng/1303676709184/1303676776766> Acesso em 1º jul 2022.
- Chen, Y.; Smagula, J. M.; Litten, W.; Dunham, S. (1998). Effect of Boron and Calcium Foliar Sprays on Pollen Germination and Development, Fruit Set, Seed Development, and Berry Yield and Quality in Lowbush Blueberry (*Vaccinium angustifolium* Ait.). *Journal of the American Society for Horticultural Science* 123 (4), 524–531. <https://doi.org/10.21273/JASHS.123.4.524>
- Cutler, G. C.; Reeh, K. W.; Sproule, J. M.; Ramanaidu, K. (2012). Berry Unexpected: nocturnal pollination of lowbush blueberry. *Canadian Journal of Plant Science*, 92(4), 707–711. <https://doi.org/10.4141/CJPS2012-026/>
- da Silveira, T. M. T.; Raseira, M. C. B.; Nava, D. E.; Couto, M. (2010). Influência do Dano da Abelha-irapuá em Flores de Mirtilheiro sobre a Frutificação Efetiva e as Frutas Produzidas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 32(1), 303–307. <https://doi.org/10.1590/s0100-29452010005000034>
- De Luca, P. A.; Buchmann, S.; Galen, C.; Mason, A. C.; Vallejo-Marín, M. (2019). Does Body Size Predict the Buzz-pollination Frequencies Used by Bees? *Ecology and Evolution*, 9(8), 4875–4887. <https://doi.org/10.1002/ece3.5092>
- Dedej, S.; Delaplane, K. S. (2009). Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Pollination of Rabbiteye Blueberry *Vaccinium ashei* var. 'Climax' is Pollinator Density-Dependent. *Journal of Economic Entomology*, 96(4), 1215–1220. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-96.4.1215>
- Delaplane, K. S.; Mayer, D. F. (2001). Crop Pollination by Bees. New York: CABI Publishing.
- Drummond, F. (2012). Commercial Bumble Bee Pollination of Lowbush Blueberry. *International Journal of Fruit Science* 12 (1–3): 54–64. <https://doi.org/10.1080/15538362.2011.619120>
- Drummond, F. A. (2020). Wild Blueberry Fruit Drop: a consequence of seed set? *Agronomy*, 10(7), 1–14. <https://doi.org/10.3390/agronomy10070939>
- Ehlenfeldt, M. K. (2012). Breeding for Parthenocarpic Fruit Development in Blueberry. *International Journal of Fruit Science* 12 (1–3): 261–268. <https://doi.org/10.1080/15538362.2011.623082>
- Ehlenfeldt, M. K.; Vorsa, N. (2007). Inheritance Patterns of Parthenocarpic Fruit Development in Highbush Blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). *HortScience*, 42(5), 1127–1130.

- Ehlenfeldt, M. K.; Martin Junior, R. B. (2010). Seed Set, Berry Weight, and Yield Interactions in the Highbush Blueberry Cultivars (*Vaccinium corymbosum* L.) 'Bluecrop' and 'Duke'. *Journal of the American Pomological Society* 64, 162-172.
- Emater (2007). Levantamento da Fruticultura Comercial do Rio Grande do Sul 2005/2006. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, Pecuária e Agronegócio.
- Fægri, K.; van der Pijl, L. (1979). The Principles of Pollination Ecology. 3 ed. Oxford: Pergamon Press.
- Hagerup, O. (1954). Autogamy in some Drooping Bicornes Flowers. *Botanist Tidsskrift* 51: 103–116.
- Hoffman, G. D.; Lande, C.; Rao, S. (2018). A novel pollen transfer mechanism by honey bee foragers on highbush blueberry (Ericales: Ericaceae). *Environmental Entomology*, 47(6), 1465–1470. <https://doi.org/10.1093/ee/nvy162/>
- Huang, Y.H.; Lang, G. A.; Johnson, C. E.; Sundberg, M. D. (1997). Influences of Cross- and Self-Pollination on Peroxidase Activities, Isozymes, and Histological Localization during 'Sharpblue' Blueberry Fruit Development. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 122(5): 616-624. <https://doi.org/10.21273/jashs.122.5.616>.
- IBGE. (2019). Biomas e Sistema Costeiro-Marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250 000. Rio de Janeiro: Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais
- King, M. J.; Buchmann, S. L. (2003). Floral Sonication by Bees: Mesosomal Vibration by *Bombus* and *Xylocopa*, but not *Apis* (Hymenoptera: Apidae), Ejects Pollen from Poricidal Anthers. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 76(2), 295–305. <https://doi.org/10.2307/25086116>
- Javorek, S. K.; Mackenzie, K. E.; Vander Kloet, S. P. (2002). Comparative Pollination Effectiveness Among Bees (Hymenoptera: Apoidea) on Lowbush Blueberry (Ericaceae: *Vaccinium angustifolium*). *Annals of the Entomological Society of America* 95 (3): 345–351. [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2002\)095\[0345:cpeabh\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2002)095[0345:cpeabh]2.0.co;2)
- Lyrene, P.M.; Ballington, J.R. (2006). Varieties and their characteristics. In: Childers, N.F.; Lyrene, P.M. (2006) Blueberries for growers, gardeners, promoters. Gainesville: Horticultural Publications. p. 26-37
- MacKenzie, K. (1997). Pollination Requirements of Three Highbush Blueberry Cultivars. *Journal of American Society of Horticultural Science*, 122(6), 891-896.
- MMA. (1996). Agricultural Biological Diversity: a proposal of the Brazilian government to the subsidiary body on scientific, technical and technological advice (SBSTTA). Brasília: Convention on Biological Diversity.
- MMA. (1999). Report on the Recommendations of the Workshop on the Conservation and Sustainable Use of Pollinators in Agriculture with Emphasis on Bees. Brasília: International Pollinators Initiative.
- MMA. (2006). Pollinating Bees: the conservation link between agriculture and Nature. 2 ed., Brasília: Secretariat for Biodiversity and Forests.
- Noormets, M.; Olson, A. R. (2005). Bud-Autogamy in the Velvet-Leaf Blueberry, *Vaccinium myrtilloides* Michx. *Canadian Journal of Plant Science* 86 (1): 245–250. <https://doi.org/10.4141/p04-118>
- Oliveira, P. E.; Maruyama, P. K. (2014). Sistemas Reprodutivos. In: Rech, A. R.; Agostini, K.; Oliveira, P. E.; Machado, I. C. (orgs.). Biologia da Polinização. Rio de Janeiro: Projeto Cultural. Cap. 3, p. 71-92

- Pereira, M. J. (2008). Reproductive Biology of *Vaccinium cylindraceum* (Ericaceae), an Endemic Species of the Azores Archipelago. *Botany* 86 (4): 359–366. <https://doi.org/10.1139/b07-136>
- Raseira, M. C. B. (2004). Classificação botânica, descrição da planta, melhoramento genético e cultivares. In: Raseira, M. C. B.; Antunes, L. E. C. (2004). A Cultura do Mirtilo. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. p. 15-28
- Raseira, M. C. B.; Antunes, L. E. C. (2004). O Cultivo do Mirtilo. Pelotas: Embrapa Clima Temperado.
- REBBIP. (2019). Relatório Temático sobre Polinização e Produção de Alimentos no Brasil. São Carlos: Editora Cubo. Disponível em: <https://www.bpb.es.net.br/produto/polinizacao-producao-de-alimentos/>
- Rodriguez-Saona, C.; Parra, L.; Quiroz, A.; Isaacs, R. (2011). Variation in Highbush Blueberry Floral Volatile Profiles as a Function of Pollination Status, Cultivar, Time of Day and Flower Part: implications for flower visitation by bees. *Annals of Botany*, 107(8), 1377–1390. <https://doi.org/10.1093/aob/mcr077>
- Rosi-Denadai, C. A.; Araújo, P. C. S.; Campos, L. A. O.; Cosme Jr., L.; Guedes, R. N. C. (2018). Buzz-pollination in Neotropical bees: genus-dependent frequencies and lack of optimal frequency for pollen release. *Insect Science* 27(1), 1–10. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12602>
- Sezerino, A. A.; Orth, A. I.; Petri, J. L.; Martin, M. S.; Gabardo, G. C.; Fenili, C. L.; Esperança, C. F. (2017). Polinização do mirtilo no Oeste de SC. *Revista Da Jornada Da Pós-Graduação e Pesquisa - Congrega*, 14(14), 1–14.
- Silveira, F. A.; Melo, G. A. R.; Almeida, E. A. B. (2002). Abelhas Brasileiras: Sistemática e identificação. Belo Horizonte: Fundação Araucária.
- Stournaras, K. E.; Schaefer, H. M. (2017). Does Flower and Fruit Conspicuousness Affect Plant Fitness? Contrast, Color Coupling and the Interplay of Pollination and Seed Dispersal in Two *Vaccinium* Species. *Evolutionary Ecology* 31 (2), 229–247. <https://doi.org/10.1007/s10682-016-9864-1>.
- Strik, B. C.; Vance, A. J. (2019). Highbush Blueberry Cultivars Differ in the Relationship between Seed Number and Berry Weight during the Harvest Season. *HortScience* 54(10), 1728-1736. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI14198-19>
- Switzer, C. M.; Combes, S. A. (2017). Bumblebee Sonication Behavior Changes with Plant Species and Environmental Conditions. *Apidologie*, 48(2), 223–233. <https://doi.org/10.1007/s13592-016-0467-1>
- Taber, S. K.; Olmstead, J. W. (2016). Impact of Cross- and Self-pollination on Fruit Set, Fruit Size, Seed Number, and Harvest Timing Among 13 Southern Highbush Blueberry Cultivars. *HortTechnology*, 26(2), 213–219. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.26.2.213>
- UNECE (2018). UNECE Standard FFV-57 Concerning the Market and Commercial Quality Control of Berry Fruits (2017 edition). *Working Party on Agricultural Quality Standards*. New York. Geneva. Issue: 8 jun 2018
- USDA. (1997). United States Standards for Grades of Blueberries, Washington D.C. 20 mar 1995, reimpresso jan 1997.
- Usui, M.; Kevan, P. G.; Obbard, M. (2005). Pollination and Breeding System of Lowbush Blueberries, *Vaccinium angustifolium* Ait. and *V. myrtilloides* Michx. (Ericaceae), in the Boreal Forest. *Canadian Field-Naturalist*, 119(1), 48–57. <https://doi.org/10.22621/cfn.v119i1.80>
- Vallejo-Marín, M. (2019), Buzz Pollination: studying bee vibrations on flowers. *New Phytologist*, 224: 1068-1074. <https://doi.org/10.1111/nph.15666>

Vander Kloet, S. P. (1984). Effects of Pollen Donors on Seed Production , Seed Weight , Germination and Seedling Vigor in *Vaccinium corymbosum*. *The American Midland Naturalist*, 112(2), 392–396.

Witter, S.; Nunes-Silva, P.; Blochtein, B.; Lisboa, B. B.; Imperatriz-Fonseca, V. L. (2014). *As Abelhas e a Agricultura*. Porto Alegre: EdiPUCRS

Capítulo II: Visitantes Florais e Manejo de Abelhas Sem Ferrão (APIDAE: Meliponini) em três Cultivares de Mirtilo ‘Rabbiteye’ (*Vaccinium virgatum* A.)

Murillo Fernando de Souza-Jesus¹, Patrícia Nunes-Silva², Manoela Lencino Santanna² e Betina Blochtein¹

1. Laboratório de Entomologia, Museu de Ciências e Tecnologia, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Av. Ipiranga 6681, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil

Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução da Biodiversidade, Escola de Ciências da Saúde e da Vida, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

2. Programa de Pós-Graduação em Biologia, Escola Politécnica, Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Av. Unisinos, 950 - Cristo Rei, São Leopoldo - RS, Brasil.

Resumo

O cultivo do mirtilo tem se intensificado em território brasileiro ao longo dos últimos anos, apesar da carência de dados sobre a cultura no país. Um dos principais grupos cultivados no país compreende o ‘Rabbiteye’ (*Vaccinium virgatum* A.) com distribuição original proveniente dos Estados Unidos. O grupo engloba diversas variedades selecionadas ao longo dos anos, incluindo ‘Bluebelle’, ‘Bluegem’ e ‘Delite’. A polinização do mirtilo tem sido historicamente realizada com a combinação de polinizadores silvestres e polinizadores manejados em campo, porém, no Brasil pouco se sabe sobre a fauna de visitantes florais silvestres da cultura. Espécies nativas do Brasil são potenciais candidatas à polinização da cultura através do manejo de colmeias, a exemplo de *Melipona quadrifasciata* Lepeletier, 1836 e *Melipona torrida* (Friese, 1916). Este estudo teve como objetivo 1) identificar os visitantes florais de mirtilo; 2) avaliar a densidade dos potenciais polinizadores nas flores do pomar e 3) quantificar a coleta de pólen de mirtilo por *M. quadrifasciata* e *M. torrida* manejadas em colmeias. O estudo foi realizado em um pomar estabelecido com plantas de mirtilo das cultivares ‘Bluebelle’, ‘Bluegem’ e ‘Delite’, no município de Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil. Para avaliação dos visitantes silvestres, tanto identificação como densidade dos mesmos, foram quantificadas as visitas por planta através de transectos nas linhas de cultivo dos pomares, junto com a contagem de flores abertas para o cálculo da densidade de visitas em três diferentes períodos do dia. Para avaliar a proporção de pólen de mirtilo coletado pelas abelhas sem ferrão *M. quadrifasciata* e *M. torrida* de colmeias manejadas, o pólen das corbículas das forrageiras foi amostrado e contabilizado em laboratório. Os resultados mostraram correlação positiva do número de flores abertas com o número de visitas ($r=38\%$). Houveram diferenças entre as cultivares, com a cultivar ‘Bluebelle’ apresentando as menores densidades de visitantes florais (0,007 visita/flor). Dentre os visitantes florais foram observados insetos das ordens Hymenoptera, Diptera, Lepidoptera, Hemiptera e Coleoptera, além de aves da família Trochillidae. A dominância de visitas foi das abelhas *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 (73,7%) e *Trigona spinipes* (Fabricius, 1793) (17,4%), sendo que os demais grupos compunham 8,8% do total de visitas. Quanto às abelhas sem ferrão introduzidas na área, *M. quadrifasciata* e *M. torrida*, as forrageiras carregavam pólen de mirtilo em baixa proporção (0.25% do total de grãos).

Palavras-chave: polinizadores silvestres; densidade de visitas; polinização agrícola; manejo de polinizadores; diversidade de polinizadores

Abstract

The cultivation of blueberry has intensified in a national context over the last years and there the data about it is still deficient in the country. One of the most cultivated groups in the country is the 'Rabbiteye' (*Vaccinium virgatum* A.), originally from the United States. This group englobes many cultivars raised in years of selection, including 'Bluebelle', 'Bluegem' and 'Delite'. The proper pollination of blueberry was historically achieved with the union of wild and managed pollinators in the crop fields, however, data about wild pollinators attracted to blueberry flowers is still scarce in Brazil. Two native Brazilian species are fierce candidates to managed hive pollination of the crop: *Melipona quadrifasciata* Lepeletier, 1836 and *Melipona torrida* (Friese, 1916). The objective of this work is to 1) survey the presence of wild floral visitors of blueberry; 2) report visitation density of the potencial flower pollinator in the field and to 3) quantify the blueberry pollen collection by *M. quadrifasciata* and *M. torrida* managed in artificial hives. This study was made in a blueberry orchard in the municipality of Guaíba, Rio Grande do Sul, Brazil with plants from the cultivars 'Bluebelle', 'Bluegem' and 'Delite'. To survey the wild visitors, both identification and density, visitations per plant were quantified through transects in the crop lines of the orchards, accounting open flowers to calculate the density of visits in three times of day. To survey the pollen proportion collected by stingless bees *M. quadrifasciata* and *M. torrida* from the artificial hives, the pollen was collected directly from foragers corbiculae for pollen identification and accounting in laboratory. The results presented a positive correlation between open flowers and visitation ($r = 38\%$). There was differences between the cultivars visitor densities, with 'Bluebelle' cultivar presenting the lower visitor densities (0,007 visitation/flower). Among the floral visitants, Hymenoptera, Diptera, Lepidoptera, Hemiptera, and Coleoptera classes were observed, besides birds from the family Trochilidae. The dominant visitations were from the bees *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 (73,7%), and *Trigona spinipes* (Fabricius, 1793) (17,4%), being the remaining taxa comprised 8,8% of total visitations. 'Delite' cultivar presented the highest visitation densities for less-dominant taxa, with 0,003 visitations for open flower. In the managed stingless bees, *M. quadrifasciata* and *M. torrida*, foragers were carrying blueberry pollen, however in low proportion (0,25% of total grains).

Key words: wild pollinators; visitor density; crop pollination; pollinator management; pollinator diversity

Introdução

Mirtileiro é o nome em português dado às espécies pertencentes ao gênero *Vaccinium* L. (família Ericaceae), as quais possuem distribuição original proveniente do Hemisfério Norte, sendo cultivadas principalmente nos Estados Unidos, Canadá e países europeus (Raseira & Antunes, 2004). No Brasil a cultura foi introduzida no início da década de 1980, surgindo pela primeira vez nas estatísticas de produção agrícola no “Levantamento da Fruticultura Comercial do Rio Grande do Sul (2005/2006) (Emater, 2007).

Atualmente dois grupos predominam no cultivo nacional, *Vaccinium corymbosum* L. (grupo Highbush) e *Vaccinium virgatum* A. (grupo Rabbiteye). O grupo ‘Rabbiteye’ de mirtilo, corresponde a um tipo hexaplóide, que atinge alturas de 2 a 4 m, produz frutos ácidos, firmes e de longa conservação, possui maior tolerância a variação de pH do solo e a altas temperaturas (Raseira, 2004). Sua distribuição original compreende o norte da Flórida até o sul do Alabama e Geórgia, nos Estados Unidos. Diversas cultivares originaram-se desse grupo, incluindo ‘Bluebelle’, ‘Bluegem’ e ‘Delite’ (Raseira, 2004).

A forma de polinização do mirtilo é variável devido à diversidade de variedades da planta e ampla distribuição do seu cultivo atualmente (Delaplane & Mayer, 2000). Tal variação ocorre tanto em termos de compatibilidade polínica como de necessidade e diversidade de agentes polinizadores potenciais, o que requer conhecimento dos visitantes florais presentes no seu local de cultivo e potencial dos mesmos para polinização da planta.

Na América do Norte, por exemplo, a produção intensiva de mirtilo requer a introdução de colmeias de *Apis mellifera* ou *Bombus* spp., dado que nos vastos pomares a polinização por insetos silvestres é insuficiente (Isaacs & Kirk, 2010; Drummond, 2012; Benjamin & Winfree, 2014), sendo que as abelhas nativas desta região, incluindo especialistas como a abelha-do-mirtilo (*Habropoda laboriosa* Fabricius, 1804), possuem maior eficiência em pomares de menor tamanho (Isaacs & Kirk, 2010). As espécies de *Bombus* manejadas demonstram eficiência na polinização da cultura devido ao seu tamanho e capacidade de vibração (Javorek *et al.*, 2002; Drummond, 2012), enquanto *A. mellifera* possui eficiência relativa à variedade, sendo satisfatória para algumas como ‘Highbush’ (Benjamin & Winfree, 2014) e ‘Southern Highbush’ (Campbell *et al.* 2018) e com necessidade de complementação para outras como ‘Lowbush’ (Javorek *et al.*, 2002; Drummond, 2012).

Dedej & Delaplane (2003) observaram que a efetividade da polinização de *A. mellifera* está positivamente relacionada com a densidade da espécie na área de cultivo, enquanto Isaacs & Kirk (2010) relacionam a eficiência positiva de *A. mellifera* com o aumento do tamanho do pomar e do grau de intensividade das práticas agrícolas.

No contexto nacional, as abelhas sem ferrão se mostram como uma alternativa de potenciais polinizadores manejados para a cultura. Estas são encontradas nas zonas tropicais do Mundo e amplamente distribuídas pelo país (Michener, 2007; Silveira et al., 2002), sendo reconhecidas como agentes polinizadores em potencial para numerosas culturas hortifrutícolas no Brasil (de Castro et al., 2006). Diversas espécies de abelhas sem ferrão (Meliponini) são manejadas em colmeias e não oferecem riscos a humanos devido à ausência de ferrão funcional.

Melipona quadrifasciata, popularmente conhecida como mandaçaia, é uma abelha sem ferrão robusta (operária com 8,6mm), com distribuição original ampla no Brasil, nas regiões Sul, Sudeste, Centro-oeste e Nordeste (Silveira et al., 2002). No Rio Grande do Sul a espécie possui registro de ocorrência natural na Serra do Nordeste (Witter & Blochtein, 2009). *Melipona torrida* conhecida popularmente como manduri (7,1 mm para operárias) possui registro natural no Brasil nas regiões Sul, Sudeste, Centro-oeste (Camargo & Pedro, 2013). No Rio Grande do Sul tem registro de ocorrência natural na Serra do Nordeste, no Alto e Médio Vale do Uruguai e no Litoral (Witter & Blochtein, 2009). *M. quadrifasciata* e *M. torrida* encontram-se na Lista de Espécies Ameaçadas de Extinção para o Rio Grande do Sul (2014) como Em Perigo (EN) e Vulnerável (VU), respectivamente. Entretanto, o manejo intensivo de colmeias de meliponicultores têm aumentado consideravelmente as suas populações.

As abelhas sem ferrão do gênero *Melipona* se mostram como potenciais polinizadores de *Vaccinium* L., devido a possibilidade de manejo (meliponicultura), uso como polinizadores alternativos a culturas e capacidade de polinização por vibração (Michener, 2007), comportamento que facilita a polinização em variedades de mirtilo (Javorek et al., 2002; da Silveira et al., 2011; Drummond, 2012; Sezerino et al, 2017; Araujo, 2018).

O conhecimento sobre os potenciais polinizadores de mirtilo silvestres no Brasil ainda carece de investigações, visto que há poucos estudos disponíveis sobre o tema em território nacional. Da Silveira e colaboradores (2011), por exemplo, observaram abelhas Bombinae, Anthophorinae, Meliponini e vespas *Polybia* sp. e *Brachygastra lecheguana* (Latreille, 1824) como visitantes florais silvestres. Neste estudo, as mamangabas *Bombus morio* (Swederus, 1787) e *Bombus atratus* Franklin, 1913 destacam-se pela maior taxa de pólen de mirtilo (*V. virgatum* A.) (55,5%) aderido ao corpo em contraste com *A. mellifera* (14.3%).

Um estudo com meliponíneos em Piracicaba/SP, introduziu colônias de cinco espécies de abelhas em área de cultivo de *Vaccinium corymbosum* var. Southern Highbush (Araujo, 2018). Três dessas espécies foram observadas nas flores de mirtilo: *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1811), *Plebeia droryana* (Holmberg, 1903) e *Frieseomelitta varia* (Lepelletier, 1836). Todas elas foram observadas tocando ambas as partes reprodutivas da flor, sugerindo eficiência na polinização.

Sezerino e colaboradores (2017) investigaram a polinização de mirtilo da cultivar 'Misty' (*Vaccinium virgatum* A.), no oeste de Santa Catarina, onde observaram *A. mellifera* e *Plebeia* spp. como os visitantes mais abundantes, representando respectivamente 88,93% e 6,48% do total de insetos amostrados.

O trabalho mais recente encontrado na literatura envolvendo visitantes florais de mirtilo foi publicado por Tietz & Mouga (2022). Aqui os autores amostraram ativamente os visitantes florais (abelhas) das cultivares 'Bluegem', 'Florida' e 'Climax' de mirtilo 'Rabbiteye', dessa vez no nordeste de Santa Catarina. Neste trabalho em particular a abelha sem ferrão *Trigona spinipes* aparece como a abelha mais abundante na amostragem, compreendendo mais de 50% do total de indivíduos, enquanto *A. mellifera* apareceu como segunda mais abundante com cerca de 30% das visitas.

Ademais, variáveis relacionadas como o período do dia e a disponibilidade de recursos oferecidos pela flor, em conjunto com a atividade de forrageio do visitante floral são determinantes no recrutamento dos mesmos pela planta (Danka & Beaman, 2007). A dessincronização de tais características pode trazer número de visitas insatisfatório de polinizadores efetivos do que o necessário para a planta.

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar quais são os visitantes florais presentes em pomar de mirtilo das cultivares 'Bluebelle', 'Bluegem' e 'Delite' e verificar o potencial de duas espécies de abelhas sem ferrão nativas (*M. torrida* e *M. quadrifasciata*) na polinização destas cultivares. Como objetivos específicos foi avaliada a densidade de visitas dos visitantes silvestres nas flores, a correlação do número de flores com o número de visitantes, a proporção entre os grupos dominantes e os demais e a quantificação do pólen de mirtilo presente nas forrageiras das abelhas *Melipona* spp. manejadas em relação ao de outras espécies de plantas.

Material e Métodos

Área de Estudo

O estudo foi realizado em uma propriedade rural (30°07'50.1"S 51°25'33.3"W) no Município de Guaíba, localizado na Região Metropolitana de Porto Alegre (RS), no bioma Pampa em zona de transição com a Mata Atlântica (IBGE, 2019). A principal atividade no local é a fruticultura extensiva, com plantio de espécies nativas e exóticas e presença de mata em regeneração. Mais de 100 plantas de mirtilo 'Rabbiteye' (*Vaccinium virgatum* A.) são cultivadas na propriedade, dispostas em sequência em um pomar e alinhadas paralelamente de acordo com a cultivar, com um espaçamento de cerca de 1m por planta e 1,5m entre as linhas de cultivo, em uma área de cerca de 415m² (Figuras 1). As plantas foram introduzidas no ano de 2011 segundo o produtor. Para o presente estudo, foram selecionadas linhas de cultivo do pomar, contemplando as cultivares 'Bluegem', 'Bluebelle' e 'Delite' (Figura 2).



Figura 1: Localização do Município de Guaíba no Rio Grande do Sul, Brasil e propriedade com destaque para o pomar de mirtilo. (Modificado de Google, 2020).

Amostragem

Durante a floração das cultivares Bluebelle, Bluegem e Delite, no período de agosto, setembro e outubro de 2019, foram delimitadas linhas de amostragem de 20 m para cada cultivar dentro das linhas de cultivo do pomar (Figura 2). Duas linhas de amostragem foram delimitadas para cada cultivar, contendo 8-12 plantas cada. Foram instaladas quatro colmeias de *M. quadrifasciata* e quatro de *M. torrida* no mês de outubro (Figura 4), distribuídas nas bordas do pomar com 3m metros de distância umas das outras (Figura 2). As colmeias provinham de meliponicultores regionais, permanecendo em campo pelo período de 7 dias para adaptação, antes de iniciada a amostragem.

Quantificação de Flores no Pomar

Essa amostragem foi realizada selecionando cinco plantas de cada cultivar, quantificando o número de ramos (*shoots*), inflorescências e flores. As flores foram classificadas em quatro estágios de maturação (Figura 3):

- a) Botões;
- b) Flores abertas;
- c) Flores abertas, danificadas por visitante pilhador;
- d) Flores senescentes.

A contagem de flores descrita antecedeu cada avaliação de visitas, estimando-se assim o número de flores abertas disponíveis aos visitantes florais e possibilitando estabelecer uma relação com o número de visitas. Foi realizada ainda a contagem total de ramos, inflorescências e flores de três plantas por cultivar, para cálculo de tal estimativa.

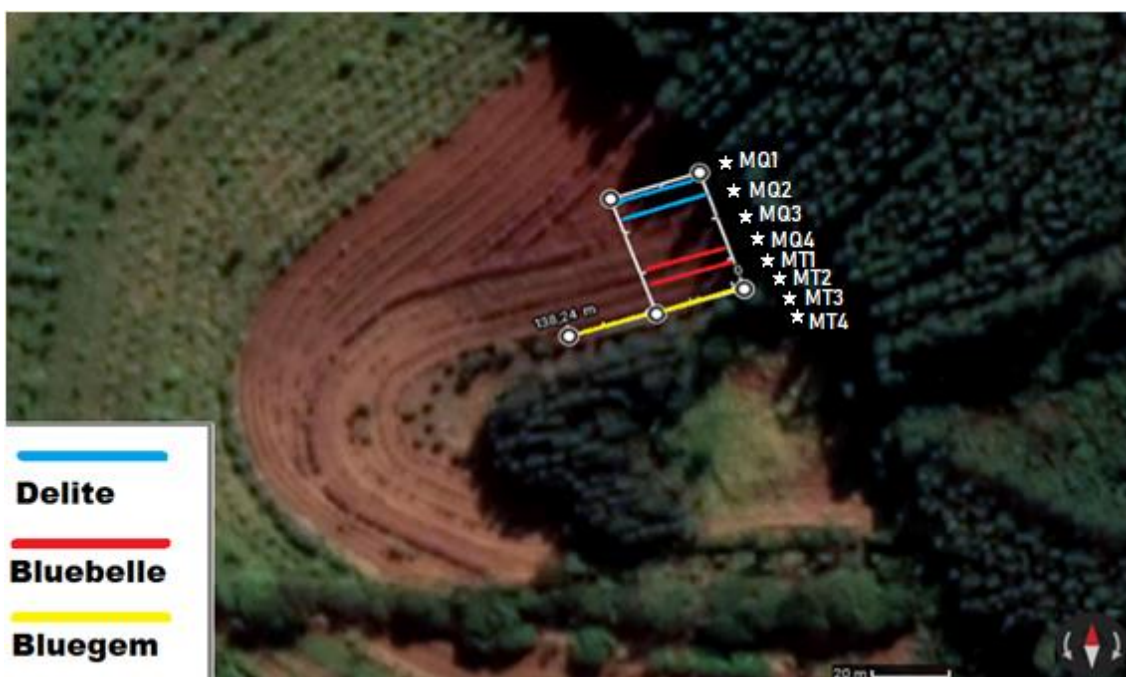


Figura 2: Representação do pomar de mirtilo estudado, com destaque para a delimitação das linhas de amostragem. As cores das linhas representam as cultivares, sendo: vermelha=Bluebelle; amarela=bluegem e azul=Delite. Em cor branca, as estrelas correspondem à disposição das colmeias, as letras indicam as espécies (MT=*M. torrida*, Mq=*M. quadrifasciata*) e os números representam as quatro colmeias/espécie. (Modificado de Google, 2019).



Figura 3: Flores de mirtilo em diferentes estágios. a) flor aberta, perfurada por visitante pilhador; b) flor aberta; c) botão floral; e d) flor senescente. (Fotos: Murillo Fernando de Souza-Jesus e Patrícia Nunes-Silva)

Número de visitas

A amostragem do número de visitas ocorreu em três intervalos, selecionados considerando-se a atividade dos visitantes florais no mirtilo:

- a) 11:00-12:00;
- b) 13:00-14:00;
- c) 15:00-16:00.

Utilizou-se o método de transecto, onde a linha amostral de 20m foi percorrida, tendo como unidade amostral os indivíduos das plantas. O tempo de amostragem foi tomado para cada planta. A amostragem consistiu na contagem de visitas observadas em um tempo cronometrado de 1min, os organismos foram registrados como morfoespécies e identificados até o menor nível taxonômico possível. Ambas as linhas amostrais de cada transecto foram amostradas para cada cultivar, em cada um dos três intervalos de horário estabelecidos.

A amostragem foi realizada com a presença de dois observadores, os quais se alternavam entre as linhas de cultivo. Este esforço foi realizado durante o período de floração das cultivares, em setembro para 'Bluebelle' e 'Bluegem' (02/09, 03/09, 05/09, 09/09 e 13/09 de 2019) e entre setembro e outubro para 'Delite' (26/09, 07/10, 08/10, 10/10 e 11/10 de 2019). Em acréscimo, foi realizada a coleta de visitantes florais durante um período de dois dias, a fim de se obter um banco de espécimes para auxílio da identificação dos visitantes florais. Os insetos foram capturados com rede entomológica e preparados com acetato de etila. Posteriormente no Laboratório de Entomologia da PUCRS os espécimes foram montados a seco e identificados no menor grupo taxonômico possível, e finalmente incorporados na Coleção de Abelhas do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS (ver material em anexo).

Coleta de pólen de mirtilo por abelhas sem ferrão manejadas

As colmeias de *M. quadrifasciata* (04) e *M. torrida* (04) dispostas no pomar foram avaliadas quanto a coleta de pólen de mirtilo pelas operárias durante o período de floração. Para isso, durante o período de 5 min, cada colmeia foi fechada e as forrageiras que retornavam eram capturadas e o pólen carregado nas corbículas era coletado com o auxílio de pinça. Nos cinco dias de amostragem realizada (15/09, 19/09, 26/09, 08/10, 10/10 e 11/10 de 2019) este procedimento foi repetido em quatro horários nos intervalos entre às 9:00-10:00, 11:00-12:00, 13:00-14:00 e 15:00-16:00.

O pólen foi armazenado em tubos Eppendorf com álcool 70, separado por forrageira, e as amostras foram codificadas de acordo com as respectivas espécies, número das colmeias, data e horário de amostragem. Em laboratório, as amostras do pólen coletado foram usadas para a preparação de lâminas semipermanentes, com solução de gelatina glicerinada e fucsina para a

coloração dos grãos. Sob microscópio ótico com aumento de 400x foi possível o reconhecimento do pólen de mirtilo em relação ao de outras espécies. Aleatoriamente foram selecionadas 3 amostras, correspondentes a 3 operárias de cada intervalo/colmeia com 1.200 grãos de pólen contados, distinguindo-se o número de grãos de pólen de mirtilo das demais espécies.



Figura 4: Colmeia de *Melipona torrida* instalada e mantida no entorno do pomar durante o período de floração de mirtilo. (Foto: Murillo Fernando de Souza-Jesus)

Análise Estatística

A estimativa do número de flores abertas por dia de amostragem foi obtida através da multiplicação do número médio de flores abertas de 10 ramos de cinco (05) plantas (as quais eram quantificadas antes de cada dia de amostragem) pelo número médio de ramos de três plantas (quantificado uma vez para toda a amostragem) na razão de 10:

$$\underline{x_{Fl}} = \frac{\underline{x_{Fld}} * \underline{x_{ST}}}{10}$$

onde,

x_{Fl} = média total de flores abertas por planta

\underline{x}_{Flid} = média de flores abertas por dia de amostragem

\underline{x}_{ST} = média total de *ramos* da planta

A densidade de visitas dos visitantes florais nas flores abertas foi analisada em nível de cultivar, dia e horário de amostragem, com o teste Mann-Whitney-Wilcoxon para dados não paramétricos. O teste de correlação de Spearman foi utilizado para definir associação entre as variáveis 'Número de visitas' e 'Número de flores disponíveis' para dia e horário de amostragem.

Interações na densidade dos grupos mais frequentes foram observadas entre os grupos dominantes entre si e os grupos menos frequentes somados. O teste Mann-Whitney-Wilcoxon para dados não paramétricos foi utilizado para a comparação da densidade entre os mesmos, em termos de cultivar e horário de atividade.

A utilização de pólen de mirtilo por forrageiras de abelhas sem ferrão foi analisada com teste de Mann-Whitney-Wilcoxon para dados não paramétricos a nível de colmeia, horário e espécie de acordo com a quantidade de pólen de mirtilo presente na amostra em relação ao de outras plantas.

A normalidade desses valores foi verificada com teste de Shapiro-Wilk para amostras independentes. Os dados foram analisados com o uso do software RStudio versão 1.2.5033.

Resultados

Densidade de Visitantes

A estimativa de flores disponíveis ao forrageio dos visitantes florais variou com as cultivares e as datas de amostragem (Figura 5). 'Bluebelle' foi a que apresentou os valores com menor variação, atingindo o pico de 420 flores abertas estimadas no primeiro dia de amostragem (02/09) e a menor taxa estimada de 345 no segundo dia de amostragem (03/09). 'Bluegem' apresentou variações consideravelmente maiores, com pico de 1.528 flores abertas estimadas no dia 13/09 e mínimo de 81 no dia 03/09. 'Delite' apresentou máxima de 1.046 flores abertas estimadas no dia 26/09 e mínima de 191 no dia 08/10 (Figura 5).

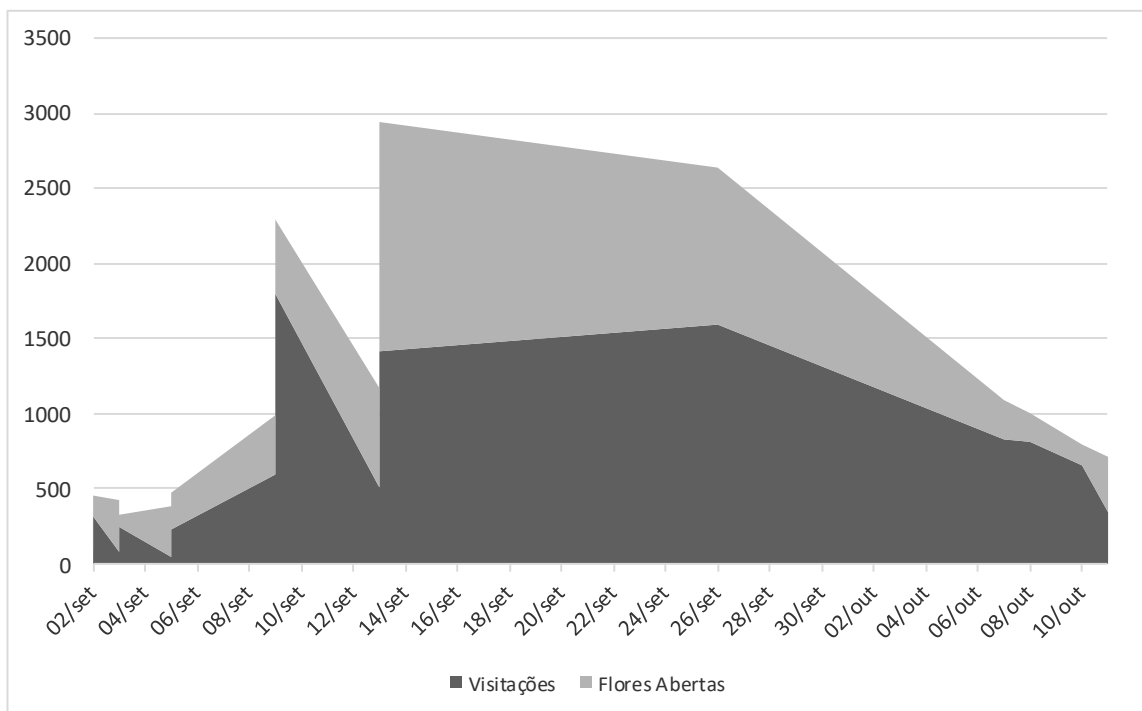


Figura 5: Número de visitas de potenciais polinizadores e flores abertas estimadas por dia de amostragem para todas as cultivares e horários somados.

O coeficiente de correlação de Spearman indicou associação positiva entre as variáveis “número de visitas/horário” x “flores abertas estimadas/planta” ($r = 38\%$) (Figura 6). A densidade de visitas por média estimada de flores abertas na amostragem geral mostrou diferenças significativas ($p < 0,05$) quando comparadas as médias entre os dias de amostragem e entre as cultivares, mas não demonstrou diferenças significativas quando comparados os três diferentes horários de amostragem ($p > 0,05$) (Figura 7). As maiores taxas de densidade foram apresentadas pela cultivar ‘Delite’.

Houveram diferenças significativas no comparativo ocorrido entre todas as cultivares entre si. Bluebelle apresentou densidade média de 0,007 visitação por flor aberta da planta, comparados aos 0,02 e 0,03 de taxas de densidade para ‘Bluegem’ e ‘Delite’, respectivamente.

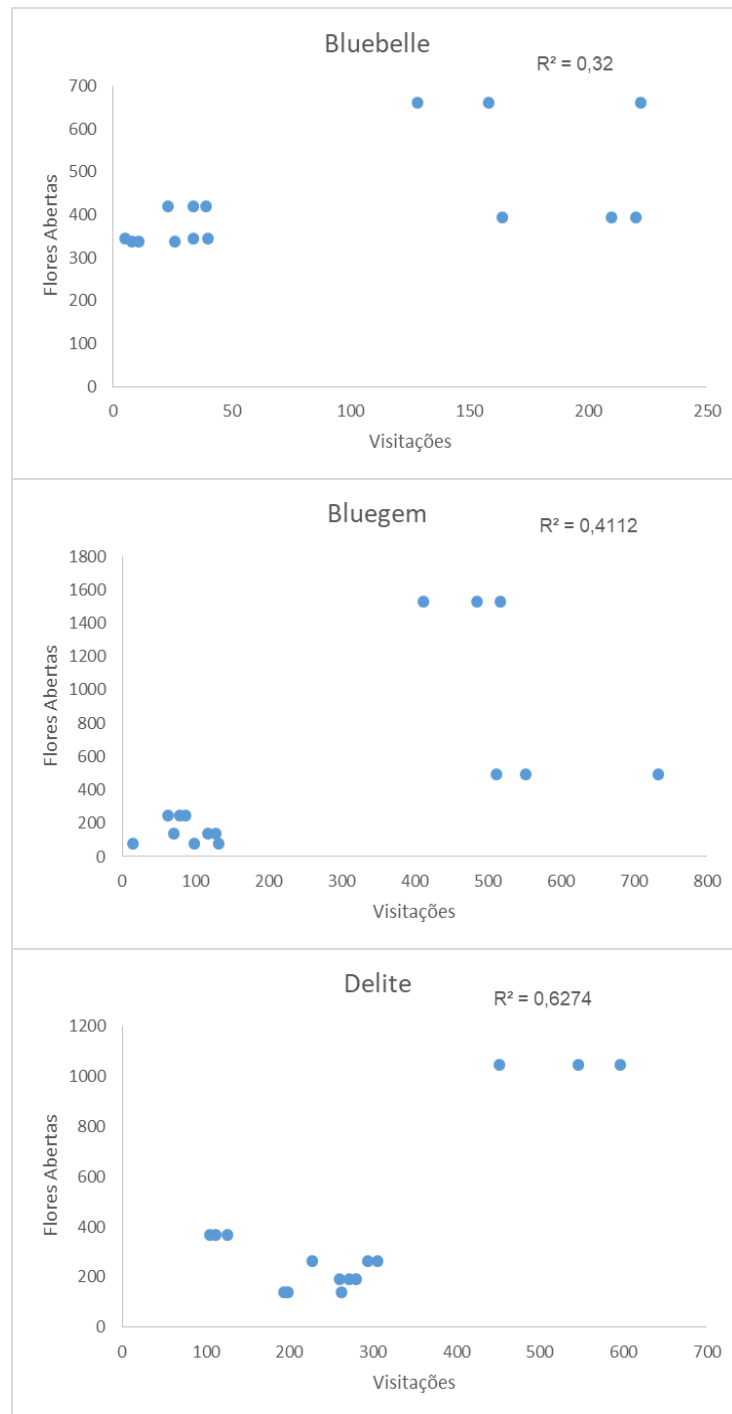


Figura 6: Correlação do número de visitas totais por número total de flores abertas por planta para cada uma das três cultivares estudadas em todos os horários somados. Eixo x= número de visitas totais; Eixo y= número total de flores abertas por planta de mirtilo.

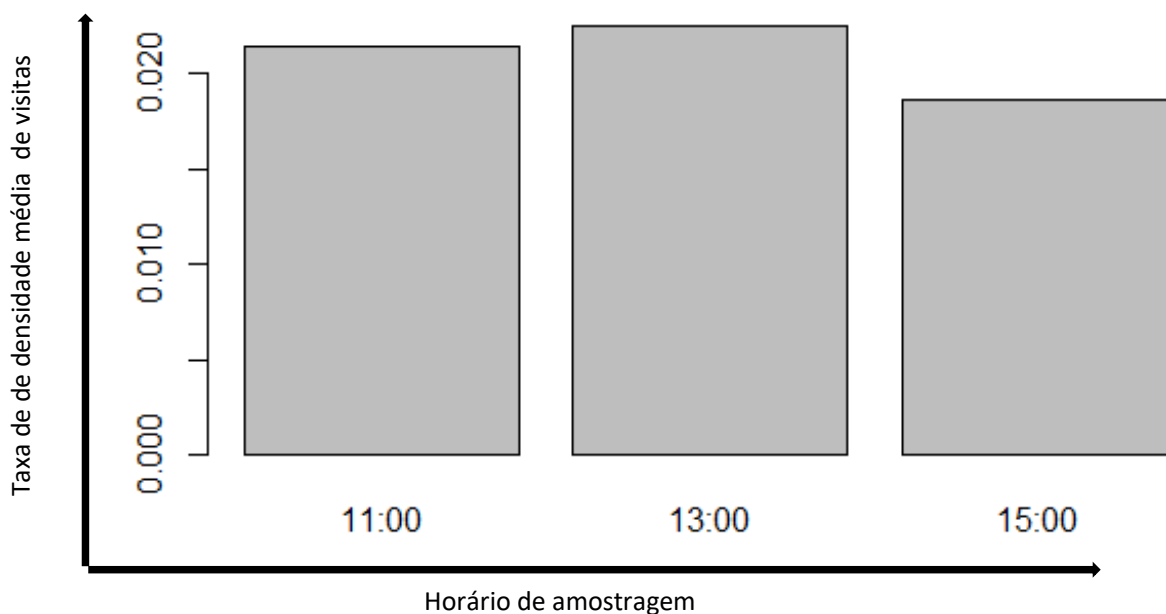


Figura 7: Taxa de densidade média do total de visitantes florais de mirtilo em três diferentes horários de amostragem para todas as cultivares amostradas.

Visitantes florais observados no pomar de mirtilo

Um total de 16 táxons de insetos foram observados em flores de mirtilo no pomar estudado, com de 9.554 visitas registradas durante todo o período de amostragem. *Apis mellifera* foi dominante quanto ao número de visitas, representando 73,7% dos registros, enquanto a abelha sem ferrão *Trigona spinipes* compreendeu 17,4% das visitas (Figura 8, 9 e Tabela 1). Em contrapartida os 14 demais táxons atingiram patamar inferior a 9% do total de visitas. Destes houve uma representação mais expressiva de vespas da família Vespidae, como *Brachygastra* sp., além de Diptera e Formicidae (Figura 9). Destaca-se ainda neste grupo a presença das abelhas sem ferrão *M. quadrifasciata* (0,21%) e *M. torrida* (0,29%) oriundas da introdução das colmeias neste estudo.

Entre as taxas de densidade médias totais, houve diferenças significativas ($p < 0.05$) quando comparadas as taxas de *A. mellifera* em 'Bluebelle', o qual apresentou taxas mais baixas que as outras duas cultivares para esta espécie (Figura 10a).

Tabela 1: Visitação de potenciais polinizadores em flores de mirtilo, em 2019, em pomar localizado em Guaíba, RS.

Táxon	Número de visitas	% Total de Visitações
<i>Apis mellifera</i>	7.039	73,68
<i>Trigona spinipes</i>	1.666	17,44
<i>Melipona torrida</i>	28	0,29
<i>Melipona quadrifasciata</i>	20	0,21
<i>Xylocopa</i> sp.	11	0,12
<i>Bombus</i> sp.	8	0,08
Halictidae sp.	28	0,29
<i>Brachygastra</i> sp.	253	2,65
Vespidae sp.	170	1,78
Scollidae sp.	1	0,01
Formicidae	120	1,26
Diptera spp.	154	1,61
Lepidoptera spp.	47	0,49
Hemiptera spp.	5	0,05
Coleoptera spp.	3	0,03
Trochillidae sp.	1	0,01

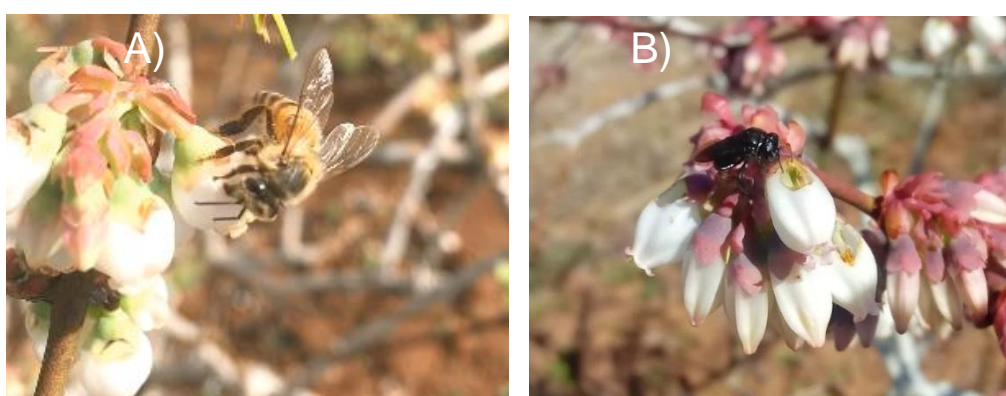


Figura 8: Os dois táxons de visitantes florais de mirtilo mais abundantes durante o período de amostragem em 2019, em Guaíba, RS. A) *Apis mellifera*; B) *Trigona spinipes*. (Fotos: Patrícia Nunes-Silva e Murillo Fernando de Souza-Jesus)

O mesmo teste em *T. spinipes*, demonstrou diferenças significativas para esta espécie na comparação entre todas as cultivares entre si (Figura 10b), apresentando a média mais expressiva em 'Delite' com 0,008 visitas por flores abertas da planta, e a menos expressiva em 'Bluebelle' com 0,0009 visitas por flores abertas da planta.

'Delite' expressou maiores taxas de densidade para os grupos com menor dominância, onde a densidade média nesta cultivar apresentou diferença significativa quando comparada com as outras duas (Figura 10c). Isso expressou uma densidade média de 0,003 visitas por flores abertas da planta em comparação com a densidade média de 0,0009 de 'Bluebelle' e 'Bluegem' somados. A diferença significativa ($p < 0,05$) entre as cultivares foi unânime nos grupos com menor dominância somados.

Na comparação entre os horários de amostragem houve diferença significativa nos grupos menos abundantes (Figura 11c), apresentando diferenças no horário das 15:00-16:00 ($p < 0,05$), no qual a densidade de visitas por número de flores abertas da planta mostrou taxas menores que os demais intervalos. No comparativo de horário de amostragem para *A. mellifera* e *T. spinipes* apenas 13:00x15:00 na primeira e 11:00x15:00 na segunda obtiveram diferença significativa ($p < 0,05$) (Figura 11a e b).

Coleta de Pólen de Mirtilo por Abelhas Sem Ferrão Manejadas

A proporção de pólen de mirtilo encontrada nas forrageiras (Figura 12) foi reduzida comparativamente ao pólen de outras espécies de plantas, não superando 20,7% dos grãos identificados (contagem de 1.200 grãos/forrageira), e resultando em uma média de 1,06 grão/ forrageira (~ 0,25% do total de grãos). Das 150 forrageiras de *Melipona torrida* (20,7% do total) amostradas 31 apresentaram grãos da planta-alvo em suas corbículas. Em apenas uma forrageira de *Melipona quadrifasciata* (11,9% do total de forrageiras) constatou-se grãos de pólen mirtilo. Não foram identificadas diferenças significativas ($p > 0,05$) na representação de pólen de mirtilo nas cargas de pólen avaliadas entre as colmeias, horários e as espécies de abelhas. Valores individuais para cada variável podem ser conferidos no Anexo 2 deste trabalho.



Figura 9: Táxons com menor representação como visitantes de flores de mirtilo, em 2019, em Guaíba, RS. A) Diptera; B) Scollidae; C) Hallictidae; D) Coleoptera; e E) Lepidoptera. (Fotos: Murillo Fernando de Souza-Jesus, Manoela Lencino Santanna e Patrícia Nunes-Silva).

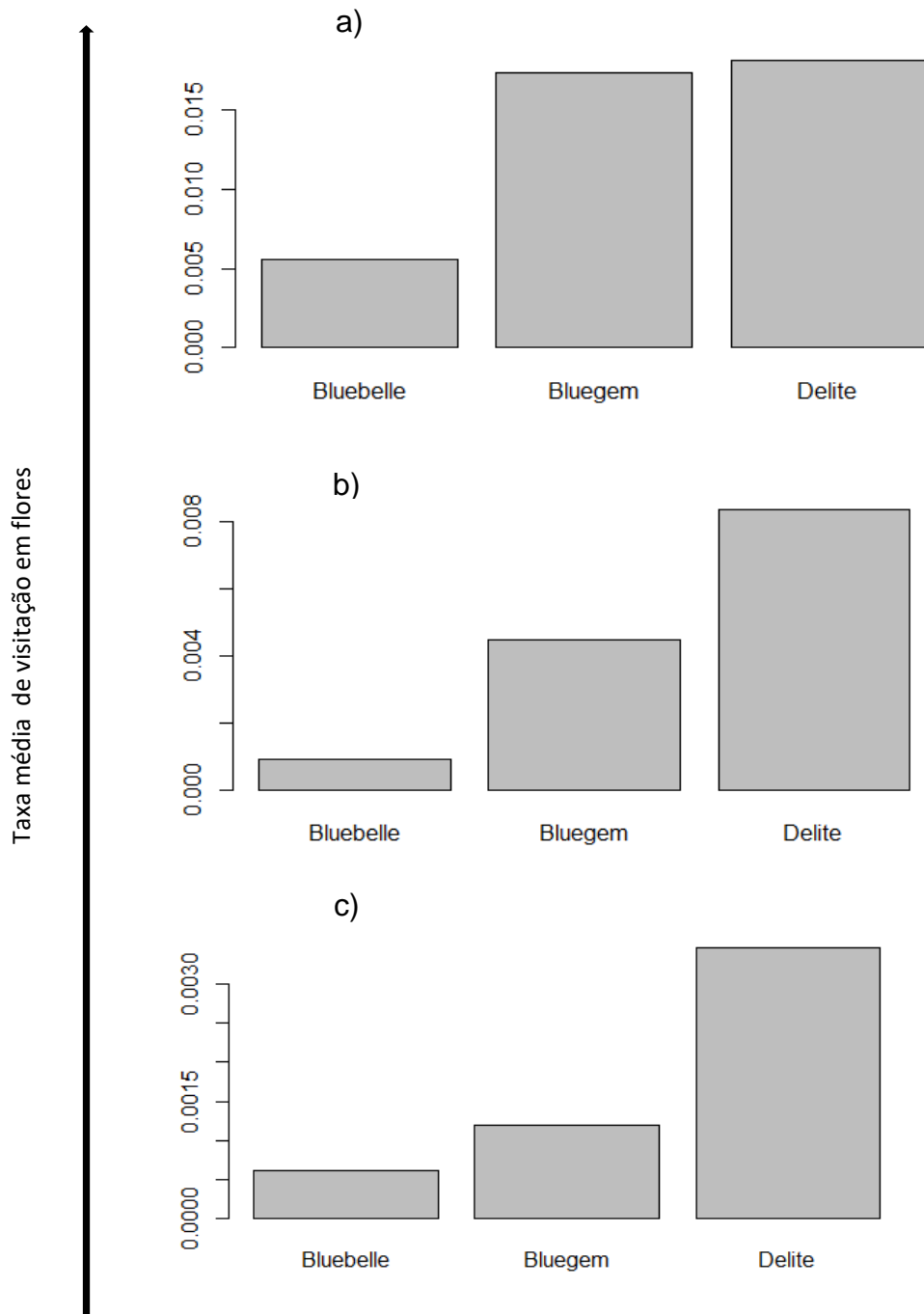


Figura 10: Densidade média de *Apis mellifera* (a), *Trigona spinipes* (b) e os demais grupos somados (c) no comparativo entre as cultivares 'Bluebelle', 'Bluegem' e 'Delite'.

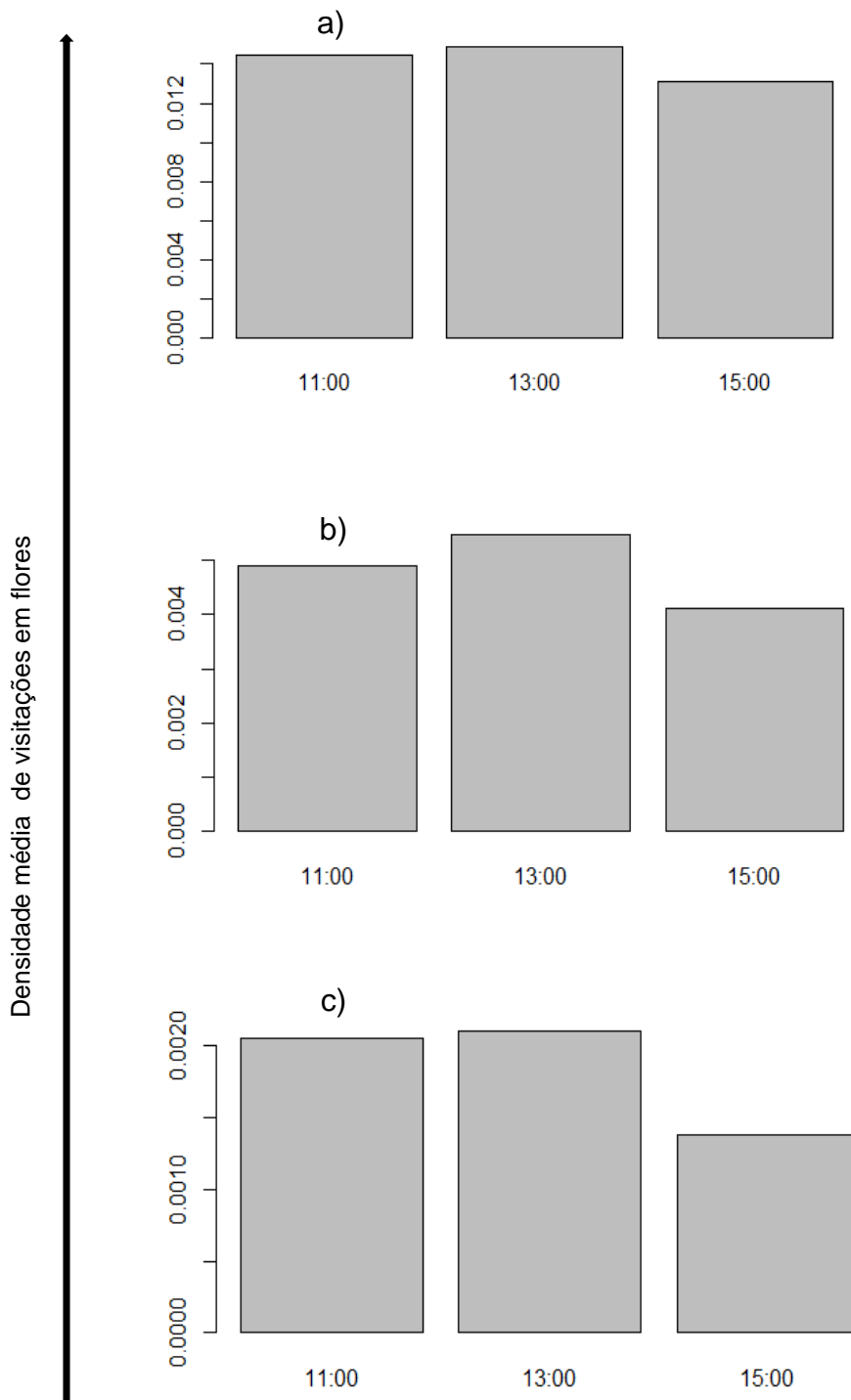


Figura 11: Taxas de densidade média de visitas em flores de mirtilo por *Apis mellifera* (a), *Trigona spinipes* (b) e outros táxons de animais (c) em três horários de amostragem.



Figura 12: Operária de *Melipona quadrifasciata* em flor de mirtilo, com pólen aparente na corbícula (à esquerda) e forrageiras de *Melipona torrida* agrupadas na entrada do ninho (à direita). (Fotos: Murillo Fernando de Souza-Jesus).

Discussão

A cultivar 'Bluebelle' foi a que apresentou a menor densidade de visitas, seguida de 'Bluegem' e então 'Delite'. A floração de 'Delite' ocorreu em um período mais tardio, quando as demais cultivares já haviam finalizado a floração, assim é possível que 'Delite' tenha recebido um incremento de visitantes devido à ausência de flores de 'Bluebelle' e 'Bluegem'. 'Delite' percebeu maior abundância de visitas à parte de *A. mellifera*, incluindo *T. spinipes*.

A diferença significativa na densidade de visitantes florais entre as três cultivares gera questionamentos. Esse fator é esperado para uma floração dessincronizada em relação às outras como foi o caso de 'Delite', porém em 'Bluebelle' e 'Bluegem' onde a floração foi sincrônica, junto com a floração de outras plantas presentes na área, considera-se a possibilidade de diferenças nos atrativos (aroma, cor) e recompensas florais, como a quantidade de pólen e néctar. Variações em substâncias voláteis que permitem maior ou menor atração por parte dos visitantes ligadas ao tipo de polinização foram encontradas, por exemplo, em mirtilo 'Highbush' (Rodríguez-Saona et al., 2011).

Da mesma forma, Drummond (2016) observou que certos visitantes florais, como *Bombus* spp., aumentam seu recrutamento em plantas de mirtilo quando as flores da mesma se encontram em maiores densidades. No presente estudo 'Bluegem' apresentou a maior estimativa média de flores abertas, com 498, enquanto 'Bluebelle' apresentou 432. A correlação positiva de flores abertas com número de visitas reforça essa possível explicação. Ademais, 'Bluebelle' é uma cultivar que necessita de 450-500 horas de frio ("chilling") para desenvolvimento adequado. A floração em período inadequado

desta cultivar pode acarretar dano nas flores por frio (Lyrene & Ballington, 2006) e conseqüentemente menor número de visitantes florais.

A presença de *A. mellifera* foi evidente e esperada para a cultura como visto em diversos trabalhos envolvendo o mirtilo no país (Cantuarias-Avilés et al., 2014), ou simplesmente pela dominância da espécie na maior parte das culturas pelo mundo (Garibaldi et al., 2021). Esta espécie manteve atividade durante todo o período de amostragem, mantendo taxas constantes em 'Bluegem' e 'Delite', porém reduzidas em 'Bluebelle'. Destaca-se que nesta última a redução de *A. mellifera* acompanhou as taxas de densidade reduzidas para os demais visitantes florais nesta cultivar.

A abelha sem ferrão *T. spinipes* mostrou forte interação com a planta do mirtilo, embora tal espécie possua comportamento pilhador ao forragear na flor, perfurando a corola para atingir os nectários. Estas perfurações também foram promovidas por vespas *Brachygastra* Perty, 1833 e posteriormente os orifícios são acessados por outras espécies de visitantes, inclusive por *A. mellifera*.

Apesar da dominância de *A. mellifera* e *T. spinipes*, as flores do mirtilo atraíram visitantes florais de outros táxons. Representantes de Lepidoptera, Diptera (incluindo Syrphidae) e diferentes espécies de vespas foram observados forrageando nas flores, assim como abelhas dos gêneros *Bombus* Latreille, 1802 e *Xylocopa* Latreille, 1802, e da família Halictidae. Aves da família Trochilidae foram observadas forrageando o néctar das flores. Formigas também foram observadas carregando fragmentos das flores de mirtilo, assim como hemípteros fitófagos (*Spartocera* sp.; *Leptoglossus* sp.).

Outros insetos foram observados utilizando a cultura de outras formas, como hemípteros da família Reduviidae que foram observados predando *A. mellifera* (Figura 13) e coleópteros que possivelmente utilizavam as flores como refúgio. Sezerino e colaboradores (2017) investigaram a polinização do cultivar 'Misty' (*Vaccinium corymbosum* L.), no oeste de Santa Catarina, onde registraram *A. mellifera* e *Plebeia* spp. como os visitantes mais abundantes, representando respectivamente 88,93% e 6,48% dos táxons amostrados. A abelha sem ferrão *Trigona spinipes* também foi registrada no mesmo trabalho, com o comportamento pilhador observado no presente estudo. Já no nordeste deste mesmo estado, Tietz & Mouga (2022), registraram *T. spinipes* como a abelha mais abundante, com mais indivíduos amostrados que *A. mellifera*. Assim este trabalho ajuda a confirmar *T. spinipes* como um dos visitantes florais mais frequentes no cultivo de mirtilo do Sul do Brasil, e sua importância como possível polinizador da cultura deve ser considerada.

Quanto aos horários de maior incidência de visitantes, houve diferença significativa mais marcante quando o horário das 15:00-16:00 foi comparado aos demais, onde foi verificada redução das densidades de grupos não dominantes. Da Silveira e colaboradores (2011), não observaram o período do dia como fator limitante na frequência de *A. mellifera* e *Bombus* spp. quando comparados os períodos da manhã e tarde em diferentes cultivares de mirtilo.

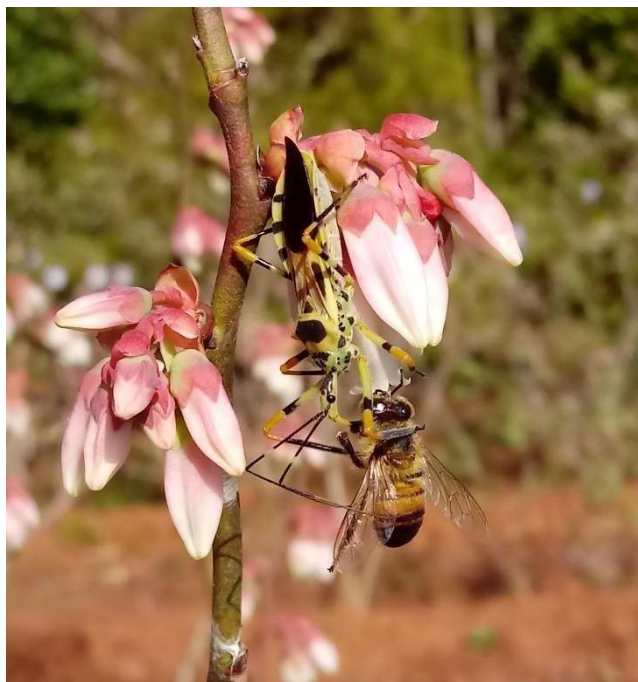


Figura 13: *Zellus armillatus* (Lepeletier & Serville, 1825) predando *Apis mellifera* em flor de mirtilo. (Foto: Murillo Fernando de Souza-Jesus)

Porém, Danka & Beaman (2007) compararam a atividade de voo de *A. mellifera* de linhagens alemãs e italianas em mirtilo 'Lowbush' (*Vaccinium angustifolium* A.) e verificaram que as forrageiras tendem a diminuir a atividade com o avanço do horário durante o dia. Diferentes estudos, por exemplo, tratam a temperatura como fator limitante para os polinizadores, em especial para *A. mellifera* (NeSmith et al., 1999; Tuell & Isaacs, 2010; Rogers et al., 2013; Fulton et al., 2015).

As abelhas do gênero *Melipona*, inseridas através colmeias racionais, apresentaram baixa carga de pólen de mirtilo. *M. quadrifasciata* foi registrada em 18 das 150 amostras realizadas, com apenas uma carregando pólen de mirtilo. *M. torrida*, por outro lado, apresentou 31 das 132 forrageiras amostradas carregando pólen de mirtilo, porém em baixa proporção (máximo de 0,25%), com média de grãos de pólen de 1,07 por forrageira. Poucas foram as forrageiras que coletaram menos de 1200 grãos de pólen de outras plantas, indicando que pólen de outras espécies de planta foram preferidos em relação ao pólen de mirtilo.

A competição com *A. mellifera* e *T. spinipes* por recursos alimentares nas flores de mirtilo pode ter influenciado negativamente a visitação das forrageiras das duas espécies de *Melipona* introduzidas nos cultivos. Durante o período de amostragem da cultivar 'Delite' apenas esta estava em plena floração, e apresentou as maiores densidades de visitantes florais, assim como maior abundância de grupos não dominantes que puderam da mesma forma terem competido com essas abelhas. A presença de flores de outras espécies também pode ter influenciado o forrageio das abelhas, o qual foi evidenciado

pela representação do pólen de diversas outras espécies nas amostras. Isso, porém, contradiz os dados encontrados por Venturini e colaboradores (2007) que encontraram maior abundância e atividade dos visitantes florais, pois quando expostos a flores de outras espécies, observaram efeito positivo nas flores de mirtilo 'Lowbush'.

Araujo (2018) trabalhou com a eficiência de cinco espécies de abelhas sem ferrão na polinização do mirtilo 'Highbush' (*Vaccinium corymbosum* L.), incluindo *M. quadrifasciata*. A espécie foi uma das duas a não apresentar nenhuma visita nas flores da planta. No presente estudo *M. quadrifasciata* e *M. torrida* não evidenciaram potencial como espécies para serem manejadas para a polinização de mirtilo. Entretanto, além da disponibilidade de florações simultâneas a do mirtilo, o próprio manejo das colônias de abelhas pode influenciar a visitação à cultura alvo. Portanto futuras investigações podem contribuir para a estruturação do conhecimento a este respeito.

Conclusão

Foram registradas visitas de diferentes grupos de visitantes florais, com dominância das abelhas *Apis mellifera* e *Trigona spinipes*, com 73,7% e 17,4% do total de visitas respectivamente, enquanto os demais grupos (Lepidoptera, Hemiptera, Coleoptera, Diptera, e diferentes espécies de Hymenoptera, incluindo abelhas, vespas e formigas e ainda um beija-flor) compuseram cerca de 9% das visitas no total. Os visitantes se mantiveram ativos nas flores durante todo o período da tarde, com uma redução no horário das 15:00-16:00. Houve diferenças na densidade de visitas entre as cultivares, com 'Bluebelle' mantendo as menores taxas (0,007 visitação por flores abertas da planta). As abelhas sem ferrão manejadas, apresentaram máximo de 20,7% de pólen de mirtilo em proporção ao de outras espécies de plantas.

Referências Bibliográficas

- Agostini, K.; Lopes, A. V.; Machado, I. C. (2014). Recursos Florais. In: Rech, A. R.; Agostini, K.; Oliveira, P. E.; Machado, I. C. (orgs.)(2014). *Biologia da Polinização*. Rio de Janeiro: Editora Projeto Cultural. cap. 6, p. 129-150
- Araujo, D. F. D. (2018). A Polinização de Mirtilo (*Vaccinium corymbosum* L. Var. Southern Highbush): uma cultura de clima temperado introduzida em ambiente tropical. Ribeirão Preto. 99f. Tese de Doutorado – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Programa de Pós-graduação em Entomologia.
- Benjamin, F. E.; Winfree, R. (2014). Lack of Pollinators Limits Fruit Production in Commercial Blueberry *Vaccinium corymbosum*. *Environmental Entomology* 43 (6): 1574–83. <https://doi.org/10.1603/en13314>
- Camargo, J. M. F.; Pedro, S. R. M. (2013). Meliponini Lepeletier, 1836. In Moure, J. S.; Urban, D.; Melo, G. A. R. (Orgs). Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region - online version. Available at <http://www.moure.cria.org.br/catalogue>. Acesso em 11 set 2020
- Campbell, J. W.; Kimmel, C. B.; Bammer, M.; Stanley-Stahr, C.; Daniels, J. C.; Ellis, J. D. (2018). Managed and Wild Bee Flower Visitors and Their Potential Contribution to Pollination Services of Low-Chill Highbush Blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.; Ericales: Ericaceae). *Journal of Economic Entomology* 111 (5): 2011–16. <https://doi.org/10.1093/jee/toy215>
- Cantuarías-Avilés, T.; Silva, S. R.; Medina, R. B.; Moraes, A. F. G.; Alberti, M. F. (2014). Cultivo do Mirtilo: atualizações e desempenho inicial de variedades de baixa exigência em frio no Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 36(1), 139–147. <https://doi.org/10.1590/0100-2945-453/13>
- da Silveira, T. M. T.; Raseira, M. C. B.; Nava, D. E.; Couto, M. (2011). Blueberry Pollination in Southern Brazil and Their Influence on Fruit Quality. *Revista Brasileira de Fruticultura* 33 (1): 081–088. <https://doi.org/10.1590/s0100-29452011005000041>.
- Dafini, A.; Kevan, P. G.; Husband, B. C. (eds.) (2005). *Practical Pollination Biology*. Cambridge: Enviroquest.
- Danka, R. G; Beaman, L. D. (2007). Flight Activity of USDA–ARS Russian Honey Bees (Hymenoptera: Apidae) During Pollination of Lowbush Blueberries in Maine, *Journal of Economic Entomology*, 100(2), 267–272, <https://doi.org/10.1093/jee/100.2.267>
- Dedej, S., & Delaplane, K. S. (2003). Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Pollination of Rabbiteye Blueberry *Vaccinium ashei* var. 'Climax' is Pollinator Density-Dependent. *Journal of Economic Entomology*, 96(4), 1215–1220. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-96.4.1215>
- Delaplane, K. S.; Mayer, D. F. (2000). *Crop Pollination by Bees*. New York: CABI Publishing.
- Drummond, F. (2012). Commercial Bumble Bee Pollination of Lowbush Blueberry. *International Journal of Fruit Science* 12 (1–3), 54–64. <https://doi.org/10.1080/15538362.2011.619120>.
- Drummond, F. A. (2016). Behavior of Bees Associated with the Wild Blueberry Agro-ecosystem in the USA. *International Journal of Entomology and Nematology*, 2(1), 027–041.
- Emater (2007). *Levantamento da Fruticultura Comercial do Rio Grande do Sul 2005/2006*. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, Pecuária e Agronegócio.
- Fulton, M.; Jesson, L. K.; Bobiwash, K.; Schoen, D. J. (2015). Mitigation of Pollen Limitation in the Lowbush Blueberry Agroecosystem: effect of augmenting natural pollinators. *Ecosphere*, 6(11), 1–19. <https://doi.org/10.1890/ES15-00148.1>
- FZB (2019). Avaliação do Estado de Conservação de Espécies Fauna - RS – 2014. Disponível em: https://secweb.procergs.com.br/livlof/?id_modulo=1&id_uf=23&ano=2012 . Acesso em 17 jul 2019.

Garibaldi, L. A.; Pérez-Méndez, N.; Cordeiro, G. D.; Hughes, A.; Orr, M.; Alves-dos-Santos, I.; Freitas, B. M.; Freitas de Oliveira, F.; LeBuhn, G.; Bartomeus, I.; Aizen, M. A.; Andrade, P. B.; Blochtein, B.; Boscolo, D. Drumond, P. M.; Gaglianone, M. C.; Gemmill-Herren, B.; Halinski, R.; Krug, C.; Maués, M. M.; Piedade Kiill, L. H.; Pinheiro, M.; Pires, C. S. S.; Viana, B. F.. 2021. Negative Impacts of Dominance on Bee Communities: does the influence of invasive honey bees differ from native bees? *Ecology* 102 (12): 1-8. <https://doi.org/10.5061/dryad.qfttdz0hm>

IBGE. (2019). Biomas e Sistema Costeiro-Marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250 000. Rio de Janeiro: Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais

Isaacs, R.; Kirk, A. K. (2010). Pollination Services Provided to Small and Large Highbush Blueberry Fields by Wild and Managed Bees. *Journal of Applied Ecology* 47 (4): 841–49. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01823.x>.

Javorek, S. K.; Mackenzie, K. E.; Vander Kloet, S. P. (2002). Comparative Pollination Effectiveness Among Bees (Hymenoptera: Apoidea) on Lowbush Blueberry (Ericaceae: *Vaccinium angustifolium*). *Annals of the Entomological Society of America* 95 (3): 345–351. [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2002\)095%5b0345:cpeabh%5d2.0.co;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2002)095%5b0345:cpeabh%5d2.0.co;2).

Lyrene, P.M.; Ballington, J.R. (2006). Varieties and their characteristics. In: Childers, N.F.; Lyrene, P.M. (2006) Blueberries for growers, gardeners, promoters. Gainesville: Horticultural Publications. p. 26-37

Michener, C. D. (2007). The Bees of the World. 2 ed., Baltimore: The John Hopkins University Press.

NeSmith, D. S.; Krewer, G.; Lindstrom, O. M. (1999). Fruit Set of Rabbiteye Blueberry (*Vaccinium ashei*) after Subfreezing Temperatures. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 124(4), 337–340. <https://doi.org/10.21273/jashs.124.4.337>

Potts, S. G.; Kevan, P.; Boone, J. W. (2005). Conservation in Pollination: collecting, surveying and monitoring. In: Dafini, A.; Kevan, P. G.; Husband, B. C. (eds.) (2005). Practical Pollination Biology. Cambridge: Enviroquest. cap. 7, p. 401-432

Raseira, M. C. B. (2004). Classificação botânica, descrição da planta, melhoramento genético e cultivares. In: Raseira, M. C. B.; Antunes, L. E. C. (2004). A Cultura do Mirtilo. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. p. 15-28

Raseira, M. C. B.; Antunes, L. E. C. (2004). O Cultivo do Mirtilo. Pelotas: Embrapa Clima Temperado.

Rogers, S. R.; Tarpay, D. R.; Burrack, H. J. (2013). Multiple Criteria for Evaluating Pollinator Performance in Highbush Blueberry (Ericales: Ericaceae) Agroecosystems, *Environmental Entomology* 42(6): 1201–1209, <https://doi.org/10.1603/EN12303>

Sezerino, A. A.; Orth, A. I.; Petri, J. L.; De Martin, M. S.; Gabardo, G. C.; Fenili, C. L.; Esperança, C. F. (2017). Polinização do Mirtilo no Oeste de SC. *Revista da Jornada da Pós-Graduação e Pesquisa - Congrega* 14 (14): 1–14.

Silveira, F. A.; Melo, G. A. R.; Almeida, E. A. B. (2002). Abelhas Brasileiras: Sistemática e identificação. Belo Horizonte: Fundação Araucária.

Rodriguez-Saona, C.; Parra, L.; Quiroz, A.; Isaacs, R. (2011). Variation in Highbush Blueberry Floral Volatile Profiles as a Function of Pollination Status, Cultivar, Time of Day and Flower Part: implications for flower visitation by bees. *Annals of Botany*, 107(8), 1377–1390. <https://doi.org/10.1093/aob/mcr077>

Straka, J.; Černá, K.; Macháčková, L.; Zemenová, M.; Keil, P. (2014). Life Span in the Wild: the role of activity and climate in natural populations of bees. *Functional Ecology*, 28, 1235-1244. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12261>

Tietz, A. L.; Mouga, D. M. D. S. (2022). Polinizadores apícolas (Hymenoptera, Apoidea) do mirtilo (*Vaccinium ashei* Read variedade Climax, Florida e Bluegem) no norte de Santa Catarina, Brasil. *Acta Biológica Catarinense*, 9(1), 97-119. <https://doi.org/10.21726/abc.v9i1.1706>

Totland, Ø.; Matthews, I. (1998). Determinants of Pollinator Activity and Flower Preference in the Early Spring Blooming *Crocus vernus*. *Acta Oecologica*, 19(2), 155-165. [https://doi.org/10.1016/S1146-609X\(98\)80019-2](https://doi.org/10.1016/S1146-609X(98)80019-2)

Tuell, J. K.; Isaacs, R. (2010). Weather During Bloom Affects Pollination and Yield of Highbush Blueberry. *Journal of Economic Entomology*, 103(3), 557-562. <https://doi.org/10.1603/ec09387>

Venturini, E. M.; Drummond, F. A.; Hoshide, A. K. Dibble, A. C.; Stack, L. B. (2017). Pollination Reservoirs in Lowbush Blueberry (Ericales: Ericaceae). *Journal of Economic Entomology*, 110(2), 333–346. <https://doi.org/10.1093/jee/tow285>

Witter, S.; Blochtein, B. (2009). Espécies de Abelhas sem Ferrão de Ocorrência no Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Versátil Artes Gráficas.

Witter, S.; Nunes-Silva, P.; Blochtein, B.; Lisboa, B. B.; Imperatriz-Fonseca, V. L. (2014). As Abelhas e a Agricultura. Porto Alegre: EdiPUCRS

Considerações Finais

A cultura do mirtilo na região aqui estudada, no Sul do Brasil, se beneficia com a visita de polinizadores silvestres. As três cultivares aqui estudadas, 'Bluebelle', 'Bluegem' e 'Delite' apresentaram dependência de agentes polinizadores animais, porém com diferenças entre as mesmas.

A autocompatibilidade se mostrou presente em duas delas, 'Bluebelle' e 'Delite', porém essa característica só demonstrou influência na produção de frutos com o efeito da vibração, testado com a simulação desse comportamento por certas espécies de abelhas. A polinização zoófila das flores de mirtilo se mostra necessária, mesmo nas cultivares autocompatíveis, onde abelhas capazes de realizar vibração foram representadas nos pomares por *Bombus* spp., *Xylocopa* spp. (Figura 14) e Halictidae. O efeito positivo dos polinizadores e da vibração foi expresso no número de frutos produzidos. A vibração não trouxe efeito significativo quando a inflorescência estava descoberta, provavelmente pela polinização ótima realizada pelos agentes animais presentes na área de estudo. Tais fatores evidenciam que a polinização por insetos, assim como o comportamento dos mesmos nas flores, aumentou as taxas de frutificação.

. Entretanto, não foi possível evidenciar a influência de polinização animal no tamanho e número de sementes dos frutos. Ainda são necessários estudos relativos à persistência dos frutos maduros em relação aos frutos formados gerados relacionada com a frutificação derivada de autopolinização ou de polinização cruzada. Mecanismos envolvidos neste processo e suas consequências devem ser alvo de novos estudos.

As cultivares de mirtilo 'Bluebelle', 'Bluegem' e 'Delite' apresentaram uma fauna relativamente diversa de visitantes florais, apresentando visitas dominadas pelas abelhas *Apis mellifera* e *Trigona spinipes*, com representações menos expressivas de Lepidoptera, Hemiptera, Coleoptera, Diptera, e diferentes espécies de Hymenoptera, incluindo abelhas, vespas e formigas e ainda um beija-flor. A área limitada do pomar e seu entorno com

culturas diversas e áreas em regeneração possivelmente oferecem condições suficientes para a polinização das plantas-alvo.



Figura 14: Mamangaba-carpintera (*Xylocopa* sp.) forrageando em flor de mirtilo (Foto: Murillo Fernando de Souza-Jesus)

Apesar da provável competição com outros agentes polinizadores envolvendo *A. mellifera*, assim como o comportamento pilhador de *T. spinipes*, os testes de polinização evidenciam plena polinização nas condições locais com estes visitantes florais. *T. spinipes* em especial se mostrou outra vez como um visitante nativo que tem especial preferência pela flor do mirtilo. Recomenda-se expressivamente maiores estudos sobre a atividade desta abelha na flor do mirtilo, com enfoque em sua efetividade como possível agente polinizador.

Houveram diferenças na densidade de visitas entre as cultivares, com 'Bluebelle' trazendo as menores taxas. Ademais, houve redução da densidade de visitas relativamente proporcional com o horário, evidenciado na amostragem das 15:00-16:00.

A promoção de polinizadores identificados na área, que realizam polinização por vibração, especificamente espécies de *Xylocopa*, *Bombus* e de

halictídeos, também deve ser considerada no planejamento de pomares de mirtilo. Os potenciais polinizadores manejados no presente estudo para complementação da polinização, *Melipona quadrifasciata* e *Melipona torrida*, não apresentaram preferência pelas plantas-alvo no pomar.

Entretanto, considera-se que determinadas condições locais, como a disponibilidade de florações simultâneas (densidade de flores, qualidade do néctar e pólen e facilidade de acesso e coleta destes recursos) podem ser determinantes para a escolha das fontes de alimentos das abelhas.

O mirtilo apresenta refúgio e recursos para uma diversidade considerável de animais, que embora nem sempre relacionados com a polinização da planta, podem oferecer serviços a manutenção do ecossistema local.

ANEXO 1: Lista de visitantes florais identificados em pomar de Mirtilo ‘Rabbiteye’ (*Vaccinium virgatum* A.)”, no período de agosto a outubro de 2019, no município de Guaíba, RS.

Ordem, Família	Espécie/Morfoespécie(s)
Hymenoptera, Apidae	<i>Apis mellifera</i>
	<i>Trigona spinipes</i>
	<i>Xylocopa</i> sp.1
	<i>Xylocopa</i> sp. 2
	<i>Bombus</i> sp.1
	<i>Bombus</i> sp. 2
Hymenoptera, Halictidae	Halictidae sp.1
	Halictidae sp.2
	Halictidae sp.3
Hymenoptera, Vespidae	<i>Brachygastra lecheguana</i>
	<i>Polistes</i> sp. 1
	<i>Polistes</i> sp. 2
	<i>Polistes cenerascens</i>
	<i>Polybia</i> sp. 1
	<i>Polybia</i> sp. 3
Hymenoptera, Scoliidae	<i>Campsomeris</i> sp.
Hymenoptera, Formicidae	Formicidae sp.1
	Formicidae sp.2
Hemiptera, Reduviidae	<i>Zelus armillatus</i>
	<i>Zelus</i> sp.1
	<i>Zelus</i> sp.2
Hemiptera, Coreidae	<i>Spartocera</i> sp.
	<i>Leptoglossus</i> sp.
Coleoptera, Cerambycidae	Cerambycidae sp.1
	Cerambycidae sp.2
Coleoptera, Coccinellidae	Coccinellidae sp.
Coleoptera, Lampyridae	Lampyridae sp.
Coleoptera, Scarabaeidae	Scarabaeidae sp.
Lepidoptera	11 spp.
Diptera	4 spp.
Diptera, Syrphidae	Syrphidae sp.1
	Syrphidae sp.2
	Syrphidae sp.3
Mantodea	1 spp.

ANEXO 2: Proporção de pólen de mirtilo coletado por campeiras de duas espécies de abelhas sem ferrão manejadas, durante o período de floração de agosto a outubro de 2019, em Guaíba, RS.

Data	Espécie	Colmeia	Horário	Forrageira	Pólen de Mirtilo	Pólen de outras spp.
15/set	<i>Melipona torrida</i>	MT1	11:00	F1	0	1.231
15/set	<i>Melipona torrida</i>	MT1	11:00	F2	0	1.222
15/set	<i>Melipona torrida</i>	MT1	13:00	F1	0	1.209
15/set	<i>Melipona torrida</i>	MT1	13:00	F2	0	1.258
15/set	<i>Melipona torrida</i>	MT1	13:00	F3	0	1.221
15/set	<i>Melipona torrida</i>	MT1	15:00	F1	0	1.221
15/set	<i>Melipona torrida</i>	MT1	15:00	F2	0	1.201
15/set	<i>Melipona torrida</i>	MT1	15:00	F3	0	1.208
15/set	<i>Melipona torrida</i>	MT2	11:00	F1	0	1.212
15/set	<i>Melipona torrida</i>	MT2	11:00	F2	0	1.237
15/set	<i>Melipona torrida</i>	MT3	11:00	F1	0	1.212
15/set	<i>Melipona torrida</i>	MT3	11:00	F2	0	1.230
15/set	<i>Melipona torrida</i>	MT3	11:00	F3	0	1.190
15/set	<i>Melipona torrida</i>	MT3	13:00	F1	0	1.242
15/set	<i>Melipona torrida</i>	MT3	13:00	F2	0	1.223
15/set	<i>Melipona torrida</i>	MT3	13:00	F3	0	1.217
15/set	<i>Melipona torrida</i>	MT3	15:00	F1	0	1.212
15/set	<i>Melipona torrida</i>	MT3	15:00	F2	0	1.211
15/set	<i>Melipona torrida</i>	MT3	15:00	F3	0	1.217
15/set	<i>Melipona torrida</i>	MT4	13:00	F1	0	1.220
15/set	<i>Melipona torrida</i>	MT4	13:00	F2	0	1.234
15/set	<i>Melipona torrida</i>	MT4	13:00	F3	0	1.207
15/set	<i>Melipona torrida</i>	MT4	15:00	F1	0	1.235
15/set	<i>Melipona torrida</i>	MT4	15:00	F2	0	1.173
15/set	<i>Melipona quadrifasciata</i>	MQ1	11:00	F1	0	1.236
15/set	<i>Melipona quadrifasciata</i>	MQ1	13:00	F1	0	1.201
15/set	<i>Melipona quadrifasciata</i>	MQ2	13:00	F1	0	1.210
15/set	<i>Melipona quadrifasciata</i>	MQ3	11:00	F1	0	1.220
19/set	<i>Melipona torrida</i>	MT1	11:00	F1	0	1.200
19/set	<i>Melipona torrida</i>	MT1	11:00	F2	0	1.209
19/set	<i>Melipona torrida</i>	MT1	11:00	F3	0	1.207
19/set	<i>Melipona torrida</i>	MT1	13:00	F1	0	1.213
19/set	<i>Melipona torrida</i>	MT1	13:00	F2	0	1.002
19/set	<i>Melipona torrida</i>	MT1	13:00	F3	0	1.210
19/set	<i>Melipona torrida</i>	MT1	15:00	F1	0	1.204
19/set	<i>Melipona torrida</i>	MT1	15:00	F2	0	1.054
19/set	<i>Melipona torrida</i>	MT1	15:00	F3	0	1.177
19/set	<i>Melipona torrida</i>	MT2	11:00	F1	0	1.004
19/set	<i>Melipona torrida</i>	MT2	13:00	F1	0	933
19/set	<i>Melipona torrida</i>	MT2	13:00	F2	0	1.204
19/set	<i>Melipona torrida</i>	MT3	11:00	F1	0	1.210

19/set	<i>Melipona torrida</i>	MT3	11:00	F2	0	1.215
19/set	<i>Melipona torrida</i>	MT3	11:00	F3	0	1.215
19/set	<i>Melipona torrida</i>	MT3	13:00	F1	0	1.000
19/set	<i>Melipona torrida</i>	MT3	13:00	F2	0	676
19/set	<i>Melipona torrida</i>	MT3	13:00	F3	0	740
19/set	<i>Melipona torrida</i>	MT3	15:00	F1	0	601
19/set	<i>Melipona torrida</i>	MT3	15:00	F2	0	1.211
19/set	<i>Melipona torrida</i>	MT3	15:00	F3	0	450
19/set	<i>Melipona torrida</i>	MT4	11:00	F1	0	1.218
19/set	<i>Melipona torrida</i>	MT4	11:00	F2	0	1.238
19/set	<i>Melipona torrida</i>	MT4	13:00	F1	0	1.144
19/set	<i>Melipona torrida</i>	MT4	13:00	F2	0	1.213
19/set	<i>Melipona torrida</i>	MT4	13:00	F3	0	936
19/set	<i>Melipona torrida</i>	MT4	15:00	F1	0	1.238
19/set	<i>Melipona torrida</i>	MT4	15:00	F2	0	1.165
19/set	<i>Melipona quadrifasciata</i>	MQ1	11:00	F1	0	1.224
19/set	<i>Melipona quadrifasciata</i>	MQ1	13:00	F1	0	1.217
19/set	<i>Melipona quadrifasciata</i>	MQ3	15:00	F1	0	1.208
26/set	<i>Melipona torrida</i>	MT1	11:00	F1	0	1.216
26/set	<i>Melipona torrida</i>	MT1	11:00	F2	0	1.211
26/set	<i>Melipona torrida</i>	MT1	11:00	F3	0	1.220
26/set	<i>Melipona torrida</i>	MT1	13:00	F1	0	1.198
26/set	<i>Melipona torrida</i>	MT1	13:00	F2	0	1.208
26/set	<i>Melipona torrida</i>	MT1	13:00	F3	0	1.047
26/set	<i>Melipona torrida</i>	MT1	15:00	F1	0	1.209
26/set	<i>Melipona torrida</i>	MT2	13:00	F1	0	995
26/set	<i>Melipona torrida</i>	MT3	13:00	F1	0	1.204
26/set	<i>Melipona torrida</i>	MT3	13:00	F2	0	1.209
26/set	<i>Melipona torrida</i>	MT3	13:00	F3	0	1.227
26/set	<i>Melipona torrida</i>	MT3	15:00	F1	0	1.209
26/set	<i>Melipona torrida</i>	MT3	15:00	F2	0	1.205
26/set	<i>Melipona torrida</i>	MT3	15:00	F3	0	1.211
26/set	<i>Melipona torrida</i>	MT4	11:00	F1	0	827
26/set	<i>Melipona torrida</i>	MT4	11:00	F2	0	1.210
26/set	<i>Melipona torrida</i>	MT4	11:00	F3	0	1.205
26/set	<i>Melipona torrida</i>	MT4	13:00	F1	0	1.210
26/set	<i>Melipona torrida</i>	MT4	15:00	F1	0	1.186
26/set	<i>Melipona torrida</i>	MT4	15:00	F1	0	1.233
26/set	<i>Melipona quadrifasciata</i>	MQ1	13:00	F1	0	1.215
26/set	<i>Melipona quadrifasciata</i>	MQ3	11:00	F1	0	1.212
26/set	<i>Melipona quadrifasciata</i>	MQ4	11:00	F1	0	1.208
26/set	<i>Melipona quadrifasciata</i>	MQ4	11:00	F2	0	1.223
08/out	<i>Melipona torrida</i>	MT1	11:00	F1	3	1.212
08/out	<i>Melipona torrida</i>	MT1	11:00	F2	3	1.218
08/out	<i>Melipona torrida</i>	MT1	13:00	F1	4	1.194
08/out	<i>Melipona torrida</i>	MT1	13:00	F2	0	1.219

08/out	<i>Melipona torrida</i>	MT1	13:00	F3	5	1.207
08/out	<i>Melipona torrida</i>	MT1	15:00	F1	0	1.059
08/out	<i>Melipona torrida</i>	MT1	15:00	F2	7	1.208
08/out	<i>Melipona torrida</i>	MT2	11:00	F1	1	1.035
08/out	<i>Melipona torrida</i>	MT2	11:00	F2	6	987
08/out	<i>Melipona torrida</i>	MT2	13:00	F1	12	1.204
08/out	<i>Melipona torrida</i>	MT2	15:00	F1	0	1.208
08/out	<i>Melipona torrida</i>	MT3	11:00	F1	7	1.226
08/out	<i>Melipona torrida</i>	MT3	11:00	F2	7	1.221
08/out	<i>Melipona torrida</i>	MT3	11:00	F3	2	1.225
08/out	<i>Melipona torrida</i>	MT3	13:00	F1	0	1.222
08/out	<i>Melipona torrida</i>	MT3	13:00	F2	1	1.239
08/out	<i>Melipona torrida</i>	MT3	13:00	F3	2	1.217
08/out	<i>Melipona torrida</i>	MT3	15:00	F1	0	1.232
08/out	<i>Melipona torrida</i>	MT3	15:00	F2	11	1.228
08/out	<i>Melipona torrida</i>	MT3	15:00	F3	2	1.212
08/out	<i>Melipona torrida</i>	MT4	11:00	F1	3	1.205
08/out	<i>Melipona torrida</i>	MT4	11:00	F2	0	1.220
08/out	<i>Melipona torrida</i>	MT4	13:00	F1	3	1.248
08/out	<i>Melipona torrida</i>	MT4	13:00	F2	1	1.201
08/out	<i>Melipona torrida</i>	MT4	15:00	F1	0	1.229
10/out	<i>Melipona torrida</i>	MT1	13:00	F1	0	1.243
10/out	<i>Melipona torrida</i>	MT1	13:00	F2	0	1.206
10/out	<i>Melipona torrida</i>	MT1	15:00	F1	0	1.256
10/out	<i>Melipona torrida</i>	MT1	15:00	F2	0	1.220
10/out	<i>Melipona torrida</i>	MT1	15:00	F3	0	1.224
10/out	<i>Melipona torrida</i>	MT2	11:00	F1	0	1.234
10/out	<i>Melipona torrida</i>	MT2	11:00	F2	0	1.230
10/out	<i>Melipona torrida</i>	MT2	13:00	F1	0	1.212
10/out	<i>Melipona torrida</i>	MT2	13:00	F2	0	1.224
10/out	<i>Melipona torrida</i>	MT3	15:00	F1	0	1.228
10/out	<i>Melipona torrida</i>	MT3	15:00	F2	0	534
10/out	<i>Melipona torrida</i>	MT4	11:00	F1	0	1.219
10/out	<i>Melipona quadrifasciata</i>	MQ2	15:00	F1	0	1.215
10/out	<i>Melipona quadrifasciata</i>	MQ2	15:00	F2	0	1.216
10/out	<i>Melipona quadrifasciata</i>	MQ4	13:00	F1	0	1.233
11/out	<i>Melipona torrida</i>	MT1	11:00	F1	0	1.311
11/out	<i>Melipona torrida</i>	MT1	11:00	F2	2	1.289
11/out	<i>Melipona torrida</i>	MT1	11:00	F3	5	1.142
11/out	<i>Melipona torrida</i>	MT1	13:00	F1	5	1.244
11/out	<i>Melipona torrida</i>	MT1	13:00	F2	2	1.275
11/out	<i>Melipona torrida</i>	MT1	13:00	F3	4	1.242
11/out	<i>Melipona torrida</i>	MT1	15:00	F1	0	1.224
11/out	<i>Melipona torrida</i>	MT1	15:00	F2	0	1.233
11/out	<i>Melipona torrida</i>	MT1	15:00	F3	28	280
11/out	<i>Melipona torrida</i>	MT2	13:00	F1	5	1.201

11/out	<i>Melipona torrida</i>	MT2	15:00	F1	4	1.196
11/out	<i>Melipona torrida</i>	MT3	11:00	F1	0	1.209
11/out	<i>Melipona torrida</i>	MT3	11:00	F2	1	1.221
11/out	<i>Melipona torrida</i>	MT3	11:00	F3	14	1.150
11/out	<i>Melipona torrida</i>	MT3	13:00	F1	0	553
11/out	<i>Melipona torrida</i>	MT3	13:00	F2	0	1.213
11/out	<i>Melipona torrida</i>	MT3	15:00	F1	1	1.211
11/out	<i>Melipona torrida</i>	MT3	15:00	F2	0	1.267
11/out	<i>Melipona torrida</i>	MT3	15:00	F3	4	1.199
11/out	<i>Melipona torrida</i>	MT4	11:00	F1	0	1.225
11/out	<i>Melipona torrida</i>	MT4	11:00	F2	0	1.256
11/out	<i>Melipona torrida</i>	MT4	11:00	F3	0	1.229
11/out	<i>Melipona torrida</i>	MT4	13:00	F1	0	1.244
11/out	<i>Melipona torrida</i>	MT4	15:00	F1	2	1.201
11/out	<i>Melipona torrida</i>	MT4	15:00	F2	0	1.238
11/out	<i>Melipona quadrifasciata</i>	MQ2	11:00	F1	2	1.243
11/out	<i>Melipona quadrifasciata</i>	MQ2	11:00	F2	0	1.256



Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
Pró-Reitoria de Graduação
Av. Ipiranga, 6681 - Prédio 1 - 3º. andar
Porto Alegre - RS - Brasil
Fone: (51) 3320-3500 - Fax: (51) 3339-1564
E-mail: prograd@pucrs.br
Site: www.pucrs.br