



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOSSISTEMAS

MARCOS ESTEVAN KRAEMER DE MOURA

**EFEITO DOS FATORES BIÓTICOS E ABIÓTICOS NO FORRAGEIO E
DESENVOLVIMENTO DE COLÔNIAS DE ABELHAS-SEM-FERRÃO
(HYMENOPTERA, APIDAE, MELIPONINI)**

FLORIANÓPOLIS

2021

Marcos Estevan Kraemer de Moura

**EFEITO DOS FATORES BIÓTICOS E ABIÓTICOS NO FORRAGEIO E
DESENVOLVIMENTO DE COLÔNIAS DE ABELHAS-SEM-FERRÃO
(HYMENOPTERA, APIDAE, MELIPONINI)**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Mestre em Agroecossistemas.

Orientador: Prof. Dr. Alex Sandro Poltronieri

Coorientador: Dra. Márcia Regina Fanta

Florianópolis

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Moura, Marcos Estevan Kraemer de
Efeito dos fatores bióticos e abióticos no forrageio e desenvolvimento de colônias de abelhas-sem-ferrão (Hymenoptera, Apidae, Meliponini) / Marcos Estevan Kraemer de Moura ; orientador, Alex Sandro Poltronieri, coorientadora, Márcia Regina Faixa , 2021.
90 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós Graduação em Agroecossistemas, Florianópolis, 2021.

Inclui referências.

1. Agroecossistemas. 2. Abelhas-sem-ferrão. 3. Desenvolvimento colonial. 4. Atividade de forrageio. I. Poltronieri, Alex Sandro. II. Faixa, Márcia Regina. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Agroecossistemas. IV. Título.

Marcos Estevan Kraemer de Moura

Efeito dos fatores bióticos e abióticos no forrageio e desenvolvimento de colônias de abelhas-sem-ferrão (Hymenoptera, Apidae, Meliponini)

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. Alex Sandro Poltronieri
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Felipe Andres Leon Contrera
Universidade Federal do Pará

Prof. (a). Dr. (a) Birgit Harter Marques
Universidade do Extremo Sul Catarinense

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestre em Agroecossistemas pelo Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas.

Prof. Dr. Arcangelo Loss
Coordenador do Programa

Prof. Dr. Alex Sandro Poltronieri
Orientador

Florianópolis, 30 de Setembro de 2021.

Dedico este trabalho aos meus amados pais, João e Marlene
A minha querida avó Venilda Mattje Kraemer (*in memorian*)
Ao meu querido avô Pedro Paulo Kraemer (*in memorian*)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, a Santo Antônio e São Francisco, por me colocarem na presença de pessoas incríveis, e por toda proteção concedida.

Agradeço a meus amados pais, Marlene e João, vocês me ensinaram a amar a vida, a natureza, a agricultura e as abelhas. Me possibilitaram estudar, me deram todo o apoio que precisei nesses anos, vocês me inspiram todos os dias, amo vocês. Agradeço a meu irmão Dimas, por me apoiar, e por ser inspirador e cuidar do pai e da mãe durante minha ausência em casa.

A meus avós, Venilda, Pedro Paulo e Valentim, que partiram durante meu processo de graduação e pós, mas que deixaram boas lembranças dentro de mim, obrigado por todo o amor que me deram!

A minha inspiradora avó Julieta, que através da sua profissão de professora me inspirou e me inspira todos os dias a seguir a carreira acadêmica!

A Franciele Paludo, minha querida namorada e companheira, que tive tanta sorte em conhece-la durante o mestrado, seu carinho e amor, me fizeram e fazem crescer todos os dias, você é um ser de luz e muito inspiradora, obrigado por todo o apoio que me destes, te amo. Agradeço, a meus sogros Gilisberto e Lucimara Paludo, por me acolherem no seu lar sempre que precisei.

A meu querido orientador Professor Alex, fui muito privilegiado em tê-lo como orientador, seus conselhos e puxões de orelha me tornaram um profissional e uma pessoa muito melhor. Obrigado por toda orientação e paciência!

A minha querida co-orientadora Doutora Márcia, uma das pessoas mais incríveis que já conheci na minha trajetória. Aprendi muito com seus conselhos, me tornei um profissional muito mais corajoso, e me apaixonei ainda mais pela ciência e pelas abelhas! Obrigado Doutora Márcia pela orientação e paciência!

A todos os professores que tive em minha carreira, em especial a Professor Pegoraro e Diomar, que me incentivaram a seguir carreira acadêmica.

A todos os amigos e amigas que fiz durante o mestrado, em especial a Giuliano Pereira de Barros, você é um ser muito inspirador e de muita força, que privilégio ser seu amigo! A Larissa Augusto, sua amizade tornou o processo do mestrado muito mais leve. Ao Erico, Karol, Fabiola, Leonardo, Helô, sentirei muitas saudades de todas as conversas e da presença de vocês!

Aos amigos da vida, que sempre me auxiliaram e me inspiraram João Guilherme, Tatiana Damasco, Francine, Ricardo.

Aos Eric's, Silva e Pereira, estudantes de iniciação científica que me auxiliaram na coleta de dados a campo e em laboratório, muito obrigado! Ao Diogo Ambrósio, Engenheiro Agrônomo, que realizou seu trabalho de conclusão de curso em paralelo as minhas atividades de campos, obrigado pela ajuda e pela companhia! Ao Dylan Thomas por ter me auxiliado no início das avaliações e colaborado com a instalação dos meliponários.

A todo o pessoal do Laboratório de Entomologia Agrícola, em especial a Jean Bressan Albarello por toda ajuda e prestatividade. Aos demais colegas do Labento, obrigado pelas conversas e pelos bons momentos compartilhados!

A minha banca de qualificação do projeto, professora Josefina Steiner e Cesar Assis Butignol por todos os conselhos e sugestões.

A Jamille Veiga por ter me auxiliado e ensinado sobre as análises estatísticas, obrigado por toda paciência. A Juliano Bertoldo, por também ter contribuído com as análises estatísticas.

Ao núcleo de Pesquisa e Extensão em Agroecologia da Fazenda Experimental da Ressacada, representado pela Professora Patrícia Bricarello, obrigado por terem cedido o espaço para instalação do meliponário. A equipe administrativa e técnica da Fazenda Ressacada.

Aos proprietários do Sítio FlorBela, Elaine e Sérgio, por terem cedido espaço para instalação do meliponário, assim como, por toda prestatividade e acolhimento sempre que precisei.

Agradeço a Universidade Federal de Santa Catarina, e ao Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, em especial a Fabiana Dassoler, por sempre colaborar quando precisei.

A Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa.

A equipe técnica e administrativa do Parque Cidade das Abelhas, onde foi instalado um dos meliponários.

Esse projeto de mestrado obteve financiamento através da Chamada CNPQ/MCTIC/IBAMA/Associação ABELHA Nº 32/2017 Projeto 400585/2018-9: Estrutura da Paisagem e Abelhas-sem-ferrão: Efeitos sobre a Coleta e Uso de Recursos Alimentares e a Dinâmica das Colônias e Indivíduos, sob coordenação do Prof. Dr. Felipe Andres Leon Contrera.

Meu muito obrigado a todos que contribuíram!

Viva à ciência!

*“Tão pequena... Singela, vens fazendo
grandes coisas. De flor em flor,
resistindo ao tempo, insistes em
promover a vida.
A vida de muitos, inclusive dos que
ignoram a tua história. Porém, eis tua
própria obra que demonstra a tua
grandeza.
Que tua reafirmação surpreenda a
consciência, principalmente daqueles
que pelo lucro negam a tua presença. E
que a esperança permaneça latente,
desejando a formação da nova semente.”*
(Manolo)

RESUMO

Abelhas-sem-ferrão são meliponíneos eussociais da Ordem Hymenoptera, apresentando características morfológicas e fisiológicas distintas entre as espécies e alto grau de adaptação e dependência do ambiente onde estão inseridas. Os habitats naturais que essas abelhas nidificação sofreram e sofrem alterações antrópicas, comprometendo sua sobrevivência. Diante do exposto o presente estudo teve como objetivo avaliar a influência dos fatores abióticos e as características de uso e cobertura do solo de diferentes áreas, no comportamento de voo, forrageio e desenvolvimento colonial de três espécies de abelhas-sem-ferrão *Plebeia droryana*, *Scaptotrigona bipunctata* e *Melipona quadrifasciata*. Foram selecionadas três áreas com diferentes usos e coberturas do solo, na Ilha de Santa Catarina, sendo que as áreas foram classificadas em: área predominantemente urbanizada; área com pastagens e cultivo agrícola; e área com alta densidade de cobertura vegetal natural. Em cada área foram instaladas quatro colônias de cada espécie. A análise da atividade de voo foi monitorada no período da manhã durante três dias por meliponário, entre dezembro de 2019 e janeiro de 2020. Em cada dia de observação foi contabilizado o número de operárias que entravam e saíam das colônias durante cinco minutos. A atividade de voo foi determinada a partir do número médio de abelhas que entravam e saíam das colônias. A atividade de forrageio foi realizada entre janeiro e maio de 2020, totalizando nove observações por colônia/espécie. As observações ocorreram no período da manhã (05:00 às 11:00), sendo dividido em três faixas horárias. Em cada faixa de horário, as colônias foram observadas por 5 min., contabilizando operárias que chegassem com pólen, néctar e resina. Para determinar a influência dos fatores abióticos na atividade de voo e forrageio, foram obtidos os dados de temperatura, luminosidade, velocidade do vento e umidade. A análise de desenvolvimento colonial foi realizada quinzenalmente entre novembro de 2019, e abril de 2020, sendo realizadas 10 avaliações por colônia/espécie. Em cada avaliação foram contabilizados e fotografados o número de potes de mel e pólen, potes vazios e em construção; e discos de cria e células construídas entre as semanas. Os dados de temperatura e umidade foram obtidos no início da avaliação de desenvolvimento colonial. A atividade de voo de *P. droryana* e *S. bipunctata* foi maior na área com menor atividade antrópica (área com alta densidade de cobertura vegetal natural). A área urbanizada apresentou maior temperatura e área com atividade agrícola maior velocidade do vento. A luminosidade teve uma correlação negativa moderada entre a atividade de voo de *P. droryana* e *S. bipunctata*. Fatores abióticos

apresentaram diferenças significativas entre as áreas, com maior temperatura e velocidade do vento em áreas mais antropizadas. *P. droryana* e *S. bipunctata* apresentaram maior coleta de resina, pólen e néctar na área com maior densidade vegetal. *M. quadrifasciata* não apresentou diferenças significativas na coleta de recursos entre as áreas. *Plebeia droryana* e *M. quadrifasciata* apresentaram correlações forte entre a distância entre olhos, tamanho das corbículas e o peso de pólen. O desenvolvimento colonial de *P. droryana*, *S. bipunctata* e *M. quadrifasciata* apresentou variações entre as áreas experimentais, com diferenças entre número de células de cria, discos de cria, potes de mel e pólen abertos e fechados, potes vazios e em construção. *P. droryana* apresentou menor número de parâmetros de desenvolvimento colonial na área com atividade agrícola. A distância intertegular e comprimento das corbículas de *S. bipunctata* e *M. quadrifasciata* apresentaram diferenças significativas dentre as áreas.

Palavras-chave: Abelhas-sem-ferrão; atividade de voo; atividade de forrageio; desenvolvimento colonial.

ABSTRACT

Stingless bees are eusocial meliponids of the Order Hymenoptera, with distinct morphological and physiological characteristics and have a high degree of adaptation and dependence on the environment in which they are inserted. In addition, they are important pollinators, contributing to the reproduction of 36% of the plants used in human food. The habitats that these bees nest naturally undergo anthropogenic changes, compromising their survival. Given the above, this study aimed to evaluate the influence of abiotic factors and the characteristics of land use and land cover in different areas, on the flight behavior, foraging and colonial development of *Plebeia droryana*, *Scaptotrigona bipunctata* and *Melipona quadrifasciata*. Three areas with different uses and land cover were selected on Santa Catarina Island. In each area, four colonies of each species were installed. The analysis of flight activity was monitored in the morning for three days by meliponário, between December 2019 and January 2020. Each day, the number of workers who entered and left the colonies during five minutes was counted. Flight activity was determined from the average number of bees entering and leaving the colonies. Foraging activity was carried out between January and May 2020, totaling nine observations per colony/species. The observations took place in the morning (5:00 am to 11:00 am), being divided into three-time bands. In each time band, the colonies were observed for 5 min., counting workers who arrived with pollen, nectar and resin. To determine the influence of abiotic factors on flight and foraging activity, data on temperature, luminosity, wind speed and humidity were obtained. The analysis of colonial development was carried out every two weeks between November 2019 and April 2020, with 10 assessments per colony/species. In each evaluation, the number of honey and pollen pots, empty and under construction pots were counted and photographed; and brood discs and cells built between weeks. Temperature and humidity data were obtained at the beginning of the evaluation. The flight activity of *S. bipunctata* showed significant differences between areas. Abiotic factors showed significant differences between areas. Luminance had the greatest influence on flight activity in the three species. The species *P. droryana* and *S. bipunctata* showed significant differences in foraging activity in resin and nectar collections. Abiotic factors had significant differences between areas. *Plebeia droryana* and *M. quadrifasciata* showed expressive correlations between morphometric characteristics and pollen weight. All species showed variations in the parameters of colonial development evaluated between areas. *Plebeia droryana* showed significant differences among the greatest number of parameters evaluated. *Melipona*

quadrifasciata and *S. bipunctata* showed significant differences in morphometric characteristics between areas. This is the first study that evaluated the effects of areas with different characteristics on colonial development, flight activity and foraging of *P. droryana*, *S. bipunctata* and *M. quadrifasciata* in southern Brazil. The results obtained can contribute to the establishment of a conservation plan for the stingless bee species and, consequently, prevent future extinctions in a scenario of environmental changes.

Keywords: Stingless bees; Foraging activity; Colonial development.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I - Influência de fatores abióticos na atividade de voo de abelhas-sem-ferrão (Hymenoptera: Meliponini) no sul do Brasil

Figura 1 – Composição da paisagem em três locais na Ilha de Santa Catarina.....	42
Figura 2. Número médio e desvio padrão da atividade de forrageio de <i>Plebeia droryana</i> , <i>Scaptotrigona bipunctata</i> e <i>Melipona quadrifasciata</i> em três áreas com diferentes coberturas de solo na Ilha de Santa Catarina. Médias e desvio padrão correspondem a cinco minutos de observação.....	43

CAPÍTULO II- Avaliação da atividade de forrageio de abelhas-sem ferrão com diferentes tamanhos em áreas com distintas características de uso e cobertura do solo

Figura 1 – Composição da paisagem em três locais na Ilha de Santa Catarina.....	57
Figura 2 - Representação de partes do corpo da abelha das quais foram tomadas as medidas para obtenção de dados morfométricos. A, B, C – <i>Scaptotrigona bipunctata</i> . D.O – distância entre os olhos; D.C. - distância total da cabeça; D.I. - distância intertegular; C.A. - comprimento da asa; L.C. - largura da asa; C.C. - comprimento da corbículas.....	59

CAPÍTULO III - Desenvolvimento colonial de abelhas-sem-ferrão (Hymenoptera: Meliponini) em áreas com diferentes condições ambientais

Figura 1 – Composição da paisagem em três locais na Ilha de Santa Catarina.....	74
Figura 2 – Descrição de parâmetros avaliados do desenvolvimento, exemplo registrado para colônia de <i>Melipona quadrifasciata</i>	76

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I - Influência de fatores abióticos na atividade de voo de abelhas-sem-ferrão (Hymenoptera: Meliponini) no sul do Brasil

Tabela 1 - Número médio de abelhas, seguidos pelo desvio padrão, de atividade de forrageio de *Plebeia droryana*, *Scaptotrigona bipunctata* e *Melipona quadrifasciata* em três faixas de horário na Ilha de Santa Catarina, Brasil.....44

Tabela 2 - Coeficientes de correlação de Pearson entre fatores abióticos e a atividade de forrageio de *Plebeia droryana*, *Scaptotrigona bipunctata* e *Melipona quadrifasciata* na Ilha de Santa Catarina, Brasil. Ilha de Santa Catarina, Brasil.....45

Tabela 3 - Médias dos dados abióticos luminosidade, velocidade do vento, temperatura e umidade, obtidos em três locais da Ilha de Santa Catarina Brasil, entre dezembro/ 2019 e janeiro/2020.....45

CAPÍTULO II- Avaliação da atividade de forrageio de abelhas-sem ferrão com diferentes tamanhos em áreas com distintas características de uso e cobertura do solo

Tabela 1 - Análise de contrastes da atividade de forrageio de materiais *Plebeia droryana*, *Scaptotrigona bipunctata* e *Melipona quadrifasciata*, em três locais com diferentes uso e cobertura da terra na Ilha de Santa Catarina, Florianópolis.....60

Tabela 2 - Médias dos dados abióticos luminosidade, temperatura, velocidade do vento e umidade, obtidos em três locais da Ilha de Santa Catarina Brasil, entre janeiro/ 2020 e maio/2020.....61

Tabela 3 - Valores da correlação de Speaman e Pearson entre peso do pólen e características morfométricas de operárias de *P. droryana*, *S. bipunctata* e *M. quadrifasciata* em três meliponários localizados na Ilha de Santa Catarina, Florianópolis.....62

- Tabela 1 – Estimativas, Limite de confiança Inferior (LCI) e inferior (LCS) dos parâmetros de desenvolvimento colonial (área de cria e reservar alimentar) de *Plebeia droryana*, avaliados em três áreas com características distintas na Ilha de Santa Catarina.....79
- Tabela 2 - Estimativas, Limite de confiança Inferior (LCI) e inferior (LCS) dos parâmetros de desenvolvimento colonial (área de cria e reserva alimentar) de *Scaptotrigona bipunctata*, avaliados em três áreas com características distintas na Ilha de Santa Catarina.....79
- Tabela 3 - Estimativas, Limite de confiança Inferior (LCI) e inferior (LCS) dos parâmetros de desenvolvimento colonial (área de cria e reserva alimentar) de *Melipona quadrifasciata*, avaliados em três áreas com características distintas na Ilha de Santa Catarina.....80
- Tabela 4 - Valores médios de características morfométricas de operárias e peso de pólen transportados por *Plebeia droryana*, *Scaptotrigona bipunctata* e *Melipona quadrifasciata*, em três locais com diferentes uso e cobertura da terra na Ilha de Santa Catarina, Florianópolis.....81

SUMÁRIO

1	Introdução	18
2	Revisão Bibliográfica	20
2.1	Abelhas-sem-ferrão	20
2.1.1	Importância das abelhas-sem-ferrão	23
2.1.2	<i>Plebeia droryana</i>	24
2.1.3	<i>Scaptotrigona bipunctata</i>	25
2.1.4	<i>Melipona quadrifasciata</i>	26
2.2	Fatores que influenciam os aspectos comportamentais das abelhas-sem-ferrão	27
3	Hipótese.	28
4	Objetivos.....	28
4.1	Objetivo Geral	28
4.2	Objetivos Específicos.....	28
5	Referências	29
6	Capítulo I - Influência de alguns fatores abióticos e antrópicos na atividade de voo de abelhas-sem-ferrão (Hymenoptera: Meliponini)	40
6.1	Resumo	40
6.2	Introdução	40
6.3	Material e métodos	42
6.3.1	Áreas Experimentais	42
6.3.2	Preparação de colônias meliponários e de abelhas.....	43
6.3.3	Bioensaio.....	44
6.3.4	Análise estatística	44
6.4	Resultados	44
6.5	Discussão	47
6.6	Referencias	51
7	Capítulo II- Avaliação da atividade de forrageio de abelhas-sem-ferrão de diferentes tamanhos em áreas com distintas características de uso e cobertura do solo.	57

7.1	Resumo	57
7.2	Introdução.....	57
7.3	Material e Métodos.....	59
7.3.1	Áreas experimentais.....	59
7.3.2	Formação do meliponário e preparo das colônias.....	60
7.3.3	Bioensaio.....	61
7.3.4	Análises estatísticas	62
7.4	Resultados	63
7.5	Discussão	66
7.6	Referências	69
8	Capítulo III - Desenvolvimento colonial de Abelhas-sem-ferrão em áreas com diferentes condições ambientais	76
8.1	Resumo	76
8.2	Introdução.....	77
8.3	Materiais e Métodos	78
8.3.1	Áreas experimentais.....	78
8.3.2	Formação do meliponário e preparo das colônias.....	79
8.3.3	Bioensaio.....	80
8.3.4	Análises estatísticas	82
8.4	Resultados	83
8.5	Discussão	88
8.6	Referências	91

1. Introdução

Os meliponíneos são himenópteros sociais conhecidos como abelhas-sem-ferrão que ocorrem essencialmente nas regiões dos trópicos e subtropicais do planeta (MICHENER, 2007). A maioria das espécies dessa Tribo ocorre na região neotropical, com aproximadamente 400 espécies descritas (MOURE; URBAN; MELO, 2007). No Brasil, ocorrem 244 espécies registradas e cerca de 89 que ainda não foram descritas (PEDRO, 2014), sendo que destas, 25 são de ocorrência natural no estado de Santa Catarina (STEINER et al., 2006). As espécies da Tribo Meliponini apresentam características comportamentais e morfológicas distintas entre si, como tamanho e cor dos indivíduos, local de nidificação, organização do ninho, raio de voo e preferências florais (ANTONINI et al., 2013; CAMARGO; PEDRO 1992).

O tamanho corporal das abelhas é uma característica importante para se compreender alguns comportamentos como início da atividade de forrageio e a distância máxima de voo (GRÜTER, 2020; GREENLEAF et al., 2007). As abelhas realizam voo com a finalidade de coletar néctar e pólen (recursos tróficos), coletar materiais para construção do ninho (barro e resina de árvores), e para fazerem a retirada de resíduos indesejáveis da colônia (MELO, 2020; SOUZA et al., 2017). A atividade de coleta de néctar e pólen, é essencial para sobrevivência abelhas adultas e em estágio larval, pois eles fornecem carboidratos, proteínas e vitaminas para (BRODSCHNEIDER; CRAILSHEIM, 2010). Em conjunto a isso, a coleta de resina, tem como função proteger o ninho de predadores e a proliferação de microrganismos patogênicos (LEONHARDT; BLÜTHGEN, 2009). Dessa forma o desenvolvimento e a sobrevivência das colônias dessas espécies dependem essencialmente na sua relação com o ecossistema (ALEIXO et al., 2017).

Por dependerem dos recursos presentes no ambiente, as abelhas são afetadas por interferências, que podem ser causadas ações antrópicas ou naturais (CARIVEAU; WINFREE, 2015). Dentre as ações antrópicas, destaca-se a expansão de centros urbanos e intensificação de práticas agrícolas baseadas em princípios da revolução verde (FAITA; CHAVES; NODARI, 2021). Essas interferências reduzem os recursos alimentares disponíveis (ROULSTON; GOODELL, 2011), aumentam as competições interespecíficas, promovem a perda de biodiversidade e efeitos sobre o microclima local (GARIBALDI et al., 2017). A diminuição e alteração de habitats está relacionada com morte de polinizadores, incluindo as abelhas-sem-ferrão (RADER et al., 2016; VANBERG et al., 2013).

Os efeitos das alterações nos habitats e consequente influência negativa sobre as abelhas pode afetar os mecanismos reprodutivos das plantas (NICHOLSON; EGAN, 2019). Isso ocorre pois, ao coletarem néctar e pólen das plantas, as abelhas realizam a polinização, estabelecendo relações específicas e de co-dependências de algumas plantas (KREMEM et al., 2007). Ao realizarem esse trabalho, as abelhas-sem-ferrão se tornam imprescindíveis no mecanismo de reprodução vegetal de plantas nativas e cultivadas, pois elevam a fertilidade dos vegetais que dependem da polinização cruzada (BUKOVINSZKY et al., 2017). A interação planta-polinizador é conhecida para 144 espécies de plantas, usadas direta ou indiretamente para o consumo humano, das quais 52 são polinizadas por abelhas sem ferrão (WOLOWSKI et al., 2019).

Devido a alteração da paisagem, algumas espécies podem ser mais resilientes quando comparadas a outras espécies (JAFFÉ et al., 2019). Um dos fatores que podem contribuir para isso é o tamanho corporal, onde abelhas maiores conseguem voar distâncias maiores e transportar maiores cargas polínicas (COLE et al., 2019). Já abelhas pequenas, voam curtas distâncias, conseguindo forragear pequenas áreas quando comparadas as abelhas maiores. As espécies *Melipona quadrifasciata*, *Plebeia droryana* e *Scaptotrigona bipunctata* (Hymenoptera, Apidae, Meliponini), encontradas naturalmente na Ilha de Santa Catarina (STEINER et al., 2006). Estas espécies apresentam tamanhos corporais distintos sendo *P. droryana* classificada como pequena (DI - 1.091mm); *S. bipunctata* como média (DI - 2.042mm) e *M. quadrifasciata* como grande (DI -3.101mm). Adicionalmente, essas espécies apresentam diferenças nas características organizacionais das colônias, como número de operárias, mecanismos de forrageamento e preferências florais (MICHENER, 2007), o que também é influenciado por fatores ambientais.

O conhecimento sobre a influência de mudanças nos habitats nos comportamentos naturais de desenvolvimento colonial e forrageamento de abelhas-sem-ferrão é fundamental para um manejo adequado. Esse conhecimento poderá retardar declínios populacionais de espécies de abelhas e a perda de funcionamento dos ecossistemas (OLIVER et al., 2015). Diante do exposto o presente estudo teve como objetivo avaliar a influência dos fatores abióticos e as características de uso e cobertura do solo de diferentes áreas, na atividade de voo, de forrageio e desenvolvimento colonial de *P. droryana*, *S. bipunctata* e *M. quadrifasciata*.

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Abelhas-sem-ferrão

As abelhas-sem-ferrão (Hymenoptera, Apidae, Meliponini) pertencem ao maior grupo de abelhas eussociais, possuindo 500 espécies descritas, e a estimativa de mais 100 sem identificação (MICHENER, 2013). Na região Neotropical ocorre o maior número de espécies, sendo descritas 391 (CAMARGO, 2013). No Brasil, estão registradas 244 e cerca de 89 que ainda não foram descritas (PEDRO, 2014). No continente americano, as abelhas-sem-ferrão são mais numerosas nas florestas tropicais, diminuindo em direção ao Sul do Brasil e ao Centro Norte do México (CAMARGO; PEDRO, 1992). A maior diversidade ocorre nas florestas tropicais, onde evolutivamente essas espécies encontraram condições ambientais favoráveis e recursos alimentares disponíveis para desenvolvimento das colônias (MELO, 2020).

Os meliponíneos são denominados abelhas-sem-ferrão pois, apresentam ferrão atrofiado ou vestigial (HRNCIR; JARAU; BARTH, 2016). Devido a esta característica, essas espécies desenvolveram estratégias de defesas que variam conforme o gênero da abelha, inimigos naturais e ecossistema (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002). Algumas espécies quando se sentem ameaçadas tampam a entrada do ninho com cera e resina, reabrindo apenas quando se sentem seguras (MICHENER, 2007). Outras, constroem ninhos com entradas estreitas que permitem a entrada de uma abelha de cada vez, além da entrada ser protegida por abelhas-guarda (BARBOSA; VIEIRA; PREZOTO, 2015). Adicionalmente, algumas abelhas apresentam comportamento mais defensivos quando ameaçadas, enrolando-se no cabelo ou nos pelos de vertebrados, liberando feromônios para atrair outras abelhas (JUNGNICKEL et al., 2004).

Os ninhos de abelhas-sem-ferrão são diversificados, entretanto, seguem um padrão que consiste em: área de cria no meio da colônia, e reservas alimentares no entorno (MICHENER, 2013). Essas abelhas utilizam cera e resinas vegetais puras ou misturadas (cerume) para a construção dos ninhos (MELO, 2020). Além disso, algumas espécies usam terra misturada com resina denominado de batume ou geopropolis (NOGUEIRA-NETO, 1997). As células de cria são esféricas, podendo ser organizadas de maneira individual ligados por “pilares”, ou ordenados em discos de cria empilhados ou em formato helicoidal (ROUBIK, 2006). Na maioria dos ninhos, a área de cria é protegida pelo invólucro (cera e resina), estrutura com várias camadas, com espaços ou não para a circulação das abelhas (MICHENER, 2013). Néctar e pólen são provisionados em estruturas conhecidas como potes, que ficam localizados nos cantos das colônias, ao redor da área de cria e na parte superior da colônia (ROUBIK, 2006).

As abelhas-sem-ferrão possuem um nível de organização social altamente evoluído, existindo a organização e sobreposição de castas, onde cada casta é responsável por uma atividade específica (GRÜTER, 2020). As castas são compostas por fêmeas (rainha e operárias) originadas a partir de ovos fecundados, e por machos (zangões) originados de ovos não fecundados (MICHENER, 2007). As operárias são responsáveis pela maioria dos trabalhos da colônia, sendo realizados em conformidade com as necessidades da colmeia ou pela idade da operaria (MICHENER, 2007). O número de operárias em abelhas-sem-ferrão pode variar de centenas a milhares nas colônias (GRÜTER, 2020). Nas suas fases iniciais de vida as operárias são responsáveis por alimentar as crias, realizar a limpeza do ninho e processar os alimentos estocados, suas funções finais consistem na proteção do ninho e forrageio (ROUBIK, 2006). Os machos têm a função de fecundar a rainha e eventualmente podem auxiliar na desidratação do néctar e confecção de cerume (MELO, 2020). Já a rainha é responsável pela postura e manutenção da organização social do ninho, sendo realizado através de feromônios produzidos pelas glândulas mandibulares (LEONHARDT, 2017).

As de abelhas-sem-ferrão apresentam distinções na maneira de formar novas princesas (rainhas não fecundadas), que consistem em duas formas: em realeiras (células maiores e com maior quantidade de alimento); ou formação de princesas a partir de diferenciação genética. (MELO, 2020). Na primeira forma, as realeiras são construídas nas extremidades dos discos de cria, com maior quantidade de alimento (HARTFELDER; ENGELS, 1992). Além disso, as operárias podem fazer células apenas com alimento no entorno da realeira, para que se possa aumentar as chances de produzir uma rainha substituta (FAUSTINO et al., 2002). Nesse primeiro método, a diferenciação da casta ocorre pela dieta alimentar, além disso uma restrição de certos componentes na alimentação das larvas pode interferir na produção de princesas (JARAU et al., 2010).

No segundo método de produzir rainhas, a diferenciação é genética, sendo que 25% das operárias filhas de uma rainha heterozigota dupla normal acasalada com um único zangão são rainhas em potencial (GRÜTER, 2020; KERR, 1950). Entretanto, em conjunto ao fator genético existe as condições da colônia, onde as operárias alimentariam as larvas de princesa com uma nova dieta alimentar, com objetivo de produzir operárias ao invés de rainhas (GRÜTER, 2020; KERR; NIELSEN, 1966; MACIEL-SILVA; KERR, 1991). Em ambos os métodos, quando fecundada, a princesa passa pelo processo de fisogastria, onde seus ovários e o abdômen se distendem, podendo ser chamada de poedeira ou fisogástrica (KERR, 1950). Nesta fase, seu perímetro abdominal fica desproporcional em relação ao corpo e asas, o que a impossibilita de

sair do ninho e realizar voo (LEIMAR et al., 2012). A idade da rainha depende de condições da colônia, podendo chegar a sete anos (CARVALHO-ZILZE; KERR, 2004). Geralmente as abelhas-sem-ferrão apresentam uma rainha por colônia, porém em algumas espécies foram encontradas mais de uma rainha ativa, como em *Melipona bicolor*, com até cinco rainhas ativas (REIS; CAMPOS; TAVARES, 2011).

A enxameação é o processo de formar uma nova colônia e ocorre próximo a colônia “mãe” (GRÜTER, 2020). Isso acontece, porque as operárias precisam primeiro localizar um local que seja adequado para nidificação, e após elas iniciam o transporte de mel, pólen, cera e resina da colônia mãe para construção de estruturas do novo ninho (MELO, 2020). Após um ou dois dias da organização da nova colônia, é que a princesa virgem sai para fazer o voo de acasalamento e retorna ao novo ninho, posteriormente, as operárias começam a construir células de cria, e a rainha inicia a oviposição (VOLLET-NETO, et al., 2018). É nesse momento que o tráfego entre a colônia mãe e filha é cessado, quando a nova colônia se torna independente (NOGUEIRA-NETO, 1997).

A sobrevivência das colônias está ligada na capacidade das operárias realizarem o forrageio (ALEIXO et al., 2017). O forrageio consiste em explorar áreas ao redor do ninho em busca de néctar, pólen e materiais de construção (resina e barro) (MELO, 2020). O pólen é fonte de proteínas, vitaminas e aminoácidos (BRODSCHNEIDER; CRAILSHEIM, 2010), sendo essencial para a rainha realizar a postura e aumentar a prole (RUEDENAUER; SPAETHE; LEONHARDT, 2016). O néctar é a fonte principal de carboidratos e matéria prima para elaboração do mel, que serve de alimento para abelhas adultas e larvas (BRODSCHNEIDER; CRAILSHEIM, 2010).

As abelhas-sem-ferrão são generalistas nas suas fontes de recursos alimentares, forrageando em diferentes habitats (PATEL et al., 2021). Entretanto, algumas espécies são especializadas em determinadas fontes, sendo restritas a determinados locais (GRÜTER, 2020). Para que pudessem melhor aproveitar as fontes de recursos alimentares, as abelhas desenvolveram mecanismos sofisticados de comunicação, emissão de sons que indicam a qualidade e distância da fonte alimentar, trilhas aéreas de odores e marcação local (NIEH, 2003; PRICE et al., 2021 no prelo), permitindo a localização da fonte de alimento (LEONHARDT, 2017). Esses mecanismos são processo chaves no desenvolvimento das colônias de abelhas-sem-ferrão. São eles que permitem as espécies designar um maior número de operárias para uma fonte de alimento de alta qualidade (RUEDENAUER; SPAETHE; LEONHARDT, 2016).

2.1.1 Importância das abelhas-sem-ferrão

O processo de evolução e especiação taxonômica das abelhas coincidiu com a evolução de plantas com flores (CAPPELLARI; SCHAEFER; DAVIS, 2013). Isso ocorreu devido ao fato de que as abelhas dependem dos recursos das flores (néctar e pólen), fazendo com que evoluíssem adaptações nas estruturas corporais para transportar pólen. (OLLERTOON; WINFREE; TARRANT, 2011). A principal adaptação para esse transporte, são as estruturas concavas nas pernas traseiras, chamadas de corbículas, essa evolução permitiu que as abelhas transportassem grandes quantidades de pólen e resina de forma eficiente (MICHENER 2007). A polinização permite a variabilidade genética de populações de plantas que sustentam a biodiversidade, alimentação humana e funções ecossistêmicas (COSTANZA et al., 2017). É importante ressaltar que as abelhas-sem-ferrão são responsáveis pela polinização de 52 espécies vegetais que são usadas direta e indiretamente na alimentação humana, sendo compostas por 144 espécies (WOLOWSKI et al., 2019). Adicionalmente, a qualidade de frutos e sementes provenientes de flores polinizadas possuem melhor formato, maior valor nutritivo, melhor palatabilidade e durabilidade nas prateleiras (CHAPLIN-KRAMER et al., 2014; GIANNINI et al., 2020).

Além de serem importantes polinizadoras, as abelhas-sem-ferrão fazem parte da história e da estrutura epistemológica de muitos povos tradicionais nas Américas, como os Maias no México e os Kayapó no Brasil (CORTOPASSI-LAURINO et al., 2006). Esses povos utilizavam os produtos como cera e a resina, para confecção de artefatos e pontas de flechas, o mel, o pólen e as larvas na alimentação (CAMARGO; POSEY, 1990). Além disso, os produtos elaborados pelas abelhas-sem-ferrão são diferenciados quanto a sua composição físico-química e características sensoriais próprias (HRNCIR; JARAU; BARTH, 2016). Essa composição está relacionada à origem botânica, ao habitat que circundam a colônia e às características fisiológicas das espécies de abelhas (PIRES et al., 2020). Devido a essa rica diversidade nos compostos dos produtos das abelhas-sem-ferrão, estudos já tem demonstrado seu potencial no uso medicinal como antibacteriano, antioxidante, anti-inflamatória, doenças oculares entre outras (NISHIO et al., 2016; RAO et al., 2016).

A atividade de criação de abelhas-sem-ferrão é denominada Meliponicultura e passou a ser difundida em áreas rurais e urbanas com maior intensidade no Brasil após a sua regulamentação com a Resolução n. 496, de 19 de agosto de 2020 (BRASIL, 2020). Em comunidades rurais, ela tem constituída uma fonte de renda adicional, com a venda dos produtos das abelhas e de colônias (CARVALHO; MARTINS; MOURÃO, 2014). Já em áreas urbanas,

essa atividade tem a finalidade de divulgar a importância das abelhas-sem-ferrão (MAIA et al., 2015). Adicionalmente, a criação de abelhas-sem-ferrão é considerada uma atividade pertinente ao desenvolvimento sustentável, já que colabora com os serviços ecossistêmicos, apresentando uma importância econômica, social e ecológica (CORTOPASSI-LAURINO et al., 2006)

2.1.2 *Plebeia droryana*

O gênero *Plebeia* foi descrito por Schwarz (1938) e constitui um grupo diversificado e amplamente distribuído na região neotropical, possuindo 36 espécies registradas (MICHENER, 2007). *Plebeia droryana* Friese (1900) tem uma ampla distribuição geográfica, sendo encontrada na Argentina, Bolívia, Paraguai, e no Brasil, é encontrada nas regiões sul, sudeste e alguns estados do Nordeste (CAMARGO; PEDRO 2013; PEDRO, 2014). As operárias são pequenas, possuindo tamanho intertegular médio 0,975 cm (ARAUJO et al., 2004) e asas com pelos escuros, cabeça e tórax pretos, abdômen e pernas de coloração amarela (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002). Seu nome popular mais usualmente utilizado é mirim, mirim droriana, jataí mosquito e abelha mosquito (NOGUEIRA-NETO, 1996).

Os ninhos são encontrados em diversos locais, como árvores, barrancos, frestas de paredes e ocos de árvores, os favos de cria são horizontais ou helicoidais (ROLDÃO-SBORDONI; NASCIMENTO; MATEUS, 2018). As colmeias dessa espécie podem atingir de 2.000 a 3.000 indivíduos, e não apresentam comportamento defensivo (NOGUEIRA-NETO, 1996). Apesar disso, essas espécies quando se sentem ameaçadas tampam a entrada das colônias com resina pegajosa (LEONHARDT, 2017). Para formação de novas rainhas, *P. droryana* produz realeiras em conformidade as condições internas e externas à colônia (VOLLET-NETO et al., 2018). Adicionalmente, essa espécie apresenta a característica da diapausa, que consiste em cessar a produção de novas operárias em períodos de pouco recursos alimentares (PICK; BLOCHETIN, 2003).

Plebeia droryana não se caracteriza por ser boa produtora de mel, produzindo entorno de 500 ml por ano (WITTER; BLOCHTEIN, 2009). Entretanto, é polinizadora de coco da-bahia (*Cocos nucifera* L.), abacaxi-do-cerrado (*Pouteria caimito* R.) e amora-preta (*Robus* sp. H. J.) (WOLOWSKI et al., 2019). Inclusive, é polinizadora do açai/palmito juçara (*Euterpe edulis* Mart.), que é uma importante planta de recurso trófico na Mata Atlântica (DORNELES et al., 2013). Além destas, *P. droryana* visita plantas das famílias Asteraceae, Rubiaceae e Myrtaceae, (IMPERATRIZ-FONSECA et al., 2012). Adicionalmente, o gênero *Plebeia* é objeto de estudo para evolução social da abelhas-sem-ferrão, pois, apresentam características

comportamentais primitivas, estando mais próximo do ancestral comum das abelhas (BENTHEM; IMPERATRIZ-FONSECA; VELTHUIS, 1995; CAMARGO; WITTMANN, 1989). A partir desse aspecto as espécies de *Plebeia*, fomentam estudos de como ocorreu a distribuição e a diferenciação de abelhas sem ferrão (RASMUSSEN; CAMERON, 2009).

2.1.3 *Scaptotrigona bipunctata*

O gênero *Scaptotrigona* descrito por Moure (1942) e constitui um grupo diversificado, abrangendo 22 espécies (MICHENER, 2013). Esse gênero se distribui amplamente pela região neotropical, desde o sul do Brasil até o México (SILVEIRA; MELO; ALMEIDA, 2002). No Brasil são encontradas nove espécies (PEDRO, 2014), sendo recentemente identificada *Scaptotrigona guimaraesensis*, encontrada na região centro-oeste brasileira (LAROCA; ALMEIDA, 2017). *S. bipunctata* Lepeletier (1836), é encontrada na Bolívia, Paraguai, Peru e Brasil, ocorrendo nas regiões Norte, Nordeste, Sudeste e Sul (CAMARGO; PEDRO 2013). As operárias apresentam entre cinco e sete milímetros de comprimento, o seu tórax e abdômen possui coloração preto fosco, suas asas e pernas são claras (MICHENER, 2007).

Scaptotrigona bipunctata é conhecida por apresentar comportamento defensivo quando ameaçadas. Centenas de operárias deixam a colônia para defender, enrolando-se no cabelo ou pelo inimigo, beliscam a pele, liberam feromônio que atraem outras abelhas da colônia para o ataque (JUNGNICKEL et al., 2004). É usualmente conhecida como abelha canudo ou tubuna, devido a entrada característica dessa espécie, que apresentam um canudo em forma de funil, construído com cerume escuro (NOGUEIRA-NETO, 1997). Os ninhos de *S. bipunctata* são populosos, variando entre 2000 a 50000 indivíduos (LINDAUER; KERR, 1960). Além disso, os ninhos são construídos em ocos de árvores, seus favos ou discos de cria são em formato helicoidal, e eventualmente podem ser encontrados em formatos horizontais (NOGUEIRA-NETO, 1970).

Scaptotrigona bipunctata se destaca por produzir de 4 a 5 litros de mel por ano, (IMPERATRIZ-FONSECA et al., 2012). Apesar de ser generalista na sua busca por recursos tróficos, não é caracterizada como polinizadora exclusiva de nenhuma planta. Adicionalmente, no bioma Mata atlântica já foi identificada visitando açai/palmito juçara (*Euterpe edulis*) e a pitanga (*Eugenia uniflora*) (WOLOWSKI et al., 2019).

2.1.4 *Melipona quadrifasciata*

O gênero *Melipona* foi descrito por ILLIGER (1809), e apresenta distribuição geográfica neotropical, ocorrendo da América do Sul até a América Central, abrangendo 40 espécies (MICHENER, 2013). *M. quadrifasciata* apresenta duas subespécies: *Melipona quadrifasciata quadrifasciata* e *Melipona quadrifasciata anthidioides*. *Melipona quadrifasciata quadrifasciata* é encontrada nas regiões mais frias do Rio Grande do Sul ao Sul de São Paulo e *M. quadrifasciata anthidioides* ocorre do nordeste de São Paulo ao longo do leste do Brasil até a Paraíba (BATALHA-FILHO et al., 2010). As principais diferenças entre as subespécies estão relacionadas a diferenças moleculares e as listras metassomais amarelas (BATALHA-FILHO et al., 2009). Neste estudo utilizamos *M. quadrifasciata*, que é encontrada na região Sul, Sudeste, Centro-Oeste e em alguns estados do Nordeste (PEDRO 2014). *Melipona quadrifasciata* é conhecida popularmente por mandaçaia, que em tupi-guarani significa “vigia bonito” (*mandá*: vigia) (*çai*: bonito). É uma abelha grande, com tamanho intertegular médio 2.940 cm (ARAUJO et al., 2004).

Na natureza, o ninho é construído em ocos de árvores e os favos de cria podem ser horizontais ou em forma helicoidal; a entrada tem ao seu redor, raias convergentes de barro, permitindo a passagem de apenas uma abelha por vez (Figura 1) (NOGUEIRA-NETO, 1996). As colônias são regularmente populosas, tendo aproximadamente 300 a 1500 abelhas (GRÜTER, 2020). Essa espécie não produz realeiras, sendo que a produção de rainhas é por determinação genética e alimentar (CARVALHO-ZILZE; KERR, 2004). A mandaçaia pode produzir de 1,5 L a 2,0 L de mel em épocas de boa florada (LAGE et al., 2012). Além disso, o mel dessa espécie é de sabor agradável e tem grande aceitação por consumidores no Brasil (ÁVILA et al., 2016). Esse é um dos aspectos que tornam a *M. quadrifasciata*, uma espécie de interesse econômico para a meliponicultura.

Além da sua característica como produtora de mel, *M. quadrifasciata* compõe o grupo de 14 espécies polinizadoras mais importantes na região neotropical (GIANNINI et al., 2020). Isso pode estar relacionado ao fato de que essa espécie possui hábito generalista e visita diversas espécies vegetais ao longo do ano (IBBPE, 2019). Dentre as famílias botânicas, Myrtaceae, Fabaceae, e Asteraceae possuem muitas espécies visitadas por *M. quadrifasciata* (ANTONINI et al., 2006). Além disso, essa espécie é polinizadora de café (*Coffea* sp.), tomate (*Solanum lycopersicum*), maçã (*Malus domestica*), goiaba (*Psidium guajava*) e urucum (*Bixa orellana*) (GIANNINI et al., 2020). Adicionalmente espécies do gênero *Melipona* possuem anteras-

poricidas, realizando vibrações corporais durante a visita a flores, tornando-as polinizadores de espécies de *Solanaceas* (GRÜTER, 2020).

2.2 Fatores que influenciam os aspectos comportamentais das abelhas-sem-ferrão

Os ecossistemas onde as abelhas evoluíram sofreram modificados por perturbações naturais (fogo, enchentes, erupções vulcânicas) e antrópicas (desmatamento, expansão de centros urbanos e práticas intensivas de agricultura) (METZGER, 2001). Essas perturbações causaram diferentes níveis de interferências dentro dos ecossistemas, alterando o clima e a disponibilidade de recursos tróficos para muitas espécies (ALHO, 2010). Desde o período de colonização europeia no Brasil, as práticas econômicas se intensificaram com a implantação de áreas agrícolas e formação de centros urbanos (RODRIGUES; VILLA; NERI, 2019). Junto a isso, as formações naturais de florestas foram sendo antropizadas e simplificadas, causando perda da biodiversidade (JAFFÉ et al., 2019).

Na segunda metade do século XX essas práticas se acentuaram, onde vários países latino-americanos engajaram-se na Revolução Verde. Essa revolução, possuía um ideário produtivo, com a meta de aumentar a produtividade agrícola, baseada no uso intensivo de insumos químicos e de variedades geneticamente modificadas (ALTIERI, 2004). Como consequência dessas atividades, muitas paisagens foram simplificadas e, conseqüentemente, ocorreu perda de biodiversidade (FAITA; CHAVES; NODARI, 2021). Esses acontecimentos afetam direta e indiretamente as abelhas sociais e solitárias, assim como toda fauna nos ecossistemas (KLEIN et al., 2017; KLINE; JOSHI, 2020). As abelhas são especialmente sensíveis aos distúrbios causados nos ecossistemas, pois é neles que encontram recursos tróficos e de nidificação (JAFFÉ et al., 2015). Além disso, devido à enxameação em curtas distâncias (KERR, 1987), as abelhas-sem-ferrão não conseguem manter o fluxo gênico em paisagens fragmentadas. Como consequência, as abelhas-sem-ferrão se tornam extremamente suscetíveis a erosão genética (ALLENDORF; HOHENLOHE; LUIKART, 2010). É importante ressaltar que a deriva genética está ligada a extinções de muitas espécies e o mesmo pode acontecer com as abelhas (JAFFÉ et al., 2019).

Fatores abióticos presentes nos ecossistemas podem ser modificados pelas ações antrópicas, como: temperatura, velocidade do vento, umidade do ar, pressão barométrica, luminosidade e chuvas (KLEIN et al., 2017). Esses fatores são determinantes para a atividade de forrageio e, conseqüentemente, o desenvolvimento da colônia (HRNCIR et al., 2019). Dentre os fatores, podemos destacar a temperatura, sendo um fator que exerce forte influência nas

atividades de forrageamento (CORREIA et al., 2017). Isso ocorre, pois a temperatura age diretamente na energia usada para regular a temperatura corporal durante o voo (MAIA-SILVA et al., 2020). Sob altas temperaturas, as abelhas-sem-ferrão sofrem danos quanto a sua termorregulação e da colônia, podendo acarretar morte de crias e colapso fisiológico de operárias durante o voo (CORREIA et al., 2017). Adicionalmente em baixas temperaturas, as abelhas precisam gastar mais energia corporal com tremores musculares, para gerar calor e manter a temperatura interna da colônia (CONTRERA; NIEH; 2007).

Diante do exposto, as abelhas-sem-ferrão são extremamente sensíveis a perturbações nos ecossistemas, e poucos estudos têm demonstrado como essas alterações afetam o desenvolvimento e a atividade de forrageio dessas espécies.

3 Hipóteses.

A atividade de forrageio das abelhas-sem-ferrão apresenta diferenças devido a características da paisagem onde estão inseridas as colônias.

O desenvolvimento das colmeias de abelhas-sem-ferrão é influenciado por fatores abióticos, densidade da vegetação, que são características da paisagem onde estão inseridas.

4 Objetivos

4.1 Objetivo Geral

Analisar a atividade de forrageio e o desenvolvimento de colônias de três espécies de abelhas-sem-ferrão de diferentes tamanhos corporais em locais com diferentes usos e cobertura do solo, assim como, avaliar a influência dos fatores abióticos.

4.2 Objetivos Específicos

Verificar o horário de maior atividade de forrageio de cada espécie, relacionado com fatores abióticos.

Avaliar o efeito da paisagem sobre o desenvolvimento das colônias de *M. quadrifasciata*, *P. droryana* e *S. bipunctata*

Verificar a influência da paisagem sobre a atividade de forrageio de *M. quadrifasciata*, *P. droryana* e *S. bipunctata*.

5 Referências

- ALEIXO, K. P.; MENEZES, C.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; SILVA, C. I. Seasonal availability of floral resources and ambient temperature shape stingless bee foraging behavior (*Scaptotrigona* aff. *depilis*). **Apidologie**, v. 48, n. 1, p. 117–127, 2017.
- ALHO, C. J. R. Importância da biodiversidade para a saúde humana: uma perspectiva ecológica. **Estudos Avançados**, v. 26, n. 74, p. 151–166, 2012.
- ALLENDORF, F. W.; HOHENLOHE, P. A.; LUIKART, G. Genomics and the future of conservation genetics. **Nature Reviews Genetics**, v. 11, n. 10, p. 697–709, 2010.
- ALMEIDA, P. R. A economia internacional no século XX: um ensaio de síntese As grandes tendências da economia mundial no século XX. **Revista Brasileira de Política Internacional**, v. 44, n. 1, p. 112–136, 2001.
- ALTIERI, M. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. 5a ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004.
- ANTONINI, Y.; MARTINS, P. R.; AGUIAR, L. M.; LOYOLA, R. D. Richness, composition and trophic niche of stingless bee assemblages in urban forest remnants. **Urban Ecosystems**, v. 16, n. 3, p. 527–541, 2013.
- ARAÚJO, E. D.; COSTA, M.; CHAUD-NETTO, J.; FOWLER, H. G. Body size and flight distance in stingless bees (Hymenoptera: Meliponini): inference of flight range and possible ecological implications. **Brazilian Journal of Biology**, v. 64, n. 3, p. 563–568, 2004.
- ÁVILA, S.; HORNUNG, P. S.; TEIXEIRA, G. L.; BEUX, M. R.; RIBANI, R. H.; SCHÜHLI, G. S.; LAZZAROTTO, M. Mel de mandaçaia - *Melipona quadrifasciata* (Lepeletier): parâmetros físico-químicos e espectro polínico. **Embrapa Florestas Comunicado Técnico**, v. 378, n. 1, p. 1–6, 2016.
- BARBOSA, B. C.; VIEIRA, K. M.; PREZOTO, F. Interações agressivas em abelhas sem ferrão: *Melipona quadrifasciata* (Lepeletier) invadindo ninho de *Scaptotrigona bipunctata* (Lepeletier). **EntomoBrasilis**, v. 8, n. 2, p. 152–154, 2015.

BATALHA-FILHO, H.; MELO, G. A. R.; WALDSCHMIDT A. M.; CAMPOS, L. A. O.; FERNANDES-SALOMÃO, T. M. Geographic distribution and spatial differentiation in the color pattern of abdominal stripes of the Neotropical stingless bee *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera, Apidae). **Zoologia**, n. 26, p. 213- 219, 2009.

BATAHA-FIHO, H.; WALDSCHMIDT, A. M.; CAMPOS, L. O.; TAVARES, M. G.; FERNANDES-SALOMÃO, T. M. Phylogeography and historical demography of the neotropical stingless bee *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera, Apidae): incongruence between morphology and mitochondrial DNA. **Apidologie**, n. 41, p. 534-547, 2010

BRODSCHNEIDER, R.; CRAILSHEIM, K. Nutrition and health in honey bees. **Apidologie**, v. 41, n. 3, p. 278–294, 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 496, de 19 de agosto de 2020. Disciplina o uso e o manejo sustentáveis das abelhas-nativas-sem-ferrão em meliponicultura. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 19 de ago. de 2020.

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

CAMPBELL, A. J.; GOMES, R. L. C.; SILVA, K. C.; CONTRERA, F. A. L. Temporal variation in homing ability of the neotropical stingless bee *Scaptotrigona* aff. *postica* (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). **Apidologie**, v. 50, n. 5, p. 720–732, 2019.

CAMARGO, J. M. F. Historical Biogeography of the Meliponini (Hymenoptera, Apidae, Apinae) of the Neotropical Region. In: Vit, P., Pedro, S.R.M. & Roubik, D.W. (Eds.), **Pot-Honey: A legacy of stingless bees**. New York: Springer, 2013. p. 19–34.

CAMARGO, J. M. F.; PEDRO, S. R. M. Systematics, phylogeny and biogeography of the Meliponinae (Hymenoptera, Apidae): a mini-review. **Apidologie**, v.23, p. 509-522,

CAMARGO, J. M. F.; MOURE J. S. Meliponinae Neotropicais: Os Gêneros *Paratrigona* Schwarz, 1938 e *Aparatrigona* Moure, 1951 (Hymenoptera, Apidae). **Arquivos de Zoologia**, S. Paulo, 32: 33-109, 1994.

CAPPELLARI, S. C.; SCHAEFER, H.; DAVIS, C. C. Evolution: Pollen or Pollinators — Which Came First? **Current Biology**, v. 23, n. 8, p. R316–R318, abr. 2013.

CARIVEAU, D. P.; WINFREE, R. Causes of variation in wild bee responses to anthropogenic drivers. **Current Opinion in Insect Science**, v. 10, p. 104–109, 2015.

CARVALHO-ZILSE, G. A.; KERR, W. E. Substituição natural de rainhas fisogástricas e distância de voo dos machos em Tiuba (*Melipona compressipes fasciculata* Smith, 1854) e Uruçu (*Melipona scutellaris* Latreille, 1811) (Apidae, Meliponini). *Acta Amazonica*, v. 34, n. 4, p. 649–652, 2004.

CHAPLIN-KRAMER, R.; DOMBECK, E.; GERBER, J.; KNUTH, K. A.; MUELLER, N. D.; MUELLER, M.; ZIV, G.; KLEIN, A. M. Global malnutrition overlaps with pollinator-dependent micronutrient production. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 281, n. 1794, p. 20141799, 7 nov. 2014.

CONTRERA, F. A. L.; NIEH, J. C. The effect of ambient temperature on forager sound production and thoracic temperature in the stingless bee, *Melipona panamica*. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 61, n. 6, p. 887–897, 2007.

CORREIA, F. C. S.; PERUQUETTI, R. C.; SILVA, A. R.; GOMES, F. A. Distância de voo para forrageamento da abelha Uruçu Beirão (*Melipona eburnea* Friese, 1900). **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, v. 20, n. 3, p. 143–146, 23 nov. 2017.

CORTOPASSI-LAURINO, M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; ROUBIK, D. W.; DOLLIN, A.; HEARD, T.; AGUILAR, I.; VENTURIERI, G. C.; EARDLEY, C.; NOGUEIRA-NETO, P. Global meliponiculture: challenges and opportunities. **Apidologie**, v. 37, n. 2, p. 275–292, 22 mar. 2006.

COSTANZA, R.; GROOT, R.; BRAAT, L.; KUBISZEWSKI, I.; FIORAMONTI, L.; SUTTON, P.; FARBER, S.; GRASOO, M. Twenty years of ecosystem services: How far

have we come and how far do we still need to go? **Ecosystem Services**, v. 28, p. 1–16, dez. 2017.

CARVALHO, R. M. A.; MARTINS, C. F.; MOURÃO, J. DA S. Meliponiculture in Quilombola communities of Ipiranga and Gurugi, Paraíba state, Brazil: An ethnoecological approach. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v. 10, n. 1, 2014.

DORNELES, L. L.; ZILLIKENS, A.; STEINER, J.; PADILHA, M. T. S. Biologia da polinização de *Euterpe edulis Martius* (Arecaceae) e associação com abelhas sociais (Apidae: Apini) em sistema agroflorestal na Ilha de Santa Catarina. **Iheringia - Serie Botanica**, v. 68, n. 1, p. 47–57, 2013.

FAITA, M. R.; CHAVES, A.; NODARI, R. O. A expansão do agronegócio: impactos nefastos do desmatamento, agrotóxicos e transgênicos nas abelhas. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 57, p. 79–105, 2021.

FAUSTINO, C. D.; SILVA-MATOS, E. V.; MATEUS, S.; ZUCCHI, R. First record of emergency queen rearing in stingless bees (Hymenoptera, Apinae, Meliponini). **Insectes Sociaux**, v. 49, n. 2, p. 111–113, 2002.

GARIBALDI, L. A.; REQUIER, F.; ROLLIN, O.; ANDERSSON, G. K. S. Towards an integrated species and habitat management of crop pollination. **Current Opinion in Insect Science**, v. 21, n. 1, p. 105–114, 2017.

GIANNINI, T. C.; ALVES, D. A.; ALVES, R.; CORDEIRO, G. D.; CAMPBELL, A. J.; AWADE, M.; BENTO, J. M. S.; SARAIVA, A. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Unveiling the contribution of bee pollinators to Brazilian crops with implications for bee management. **Apidologie**, v. 51, n. 3, p. 406–421, 2020.

GREENLEAF, S. S.; WILLIAMS, N. M.; WINFREE, R.; KREMEN, C. Bee foraging ranges and their relationship to body size. **Oecologia**, v. 153, n. 3, p. 589–596, 2007.

GRÜTER, C. **Stingless Bees: Their Behaviour, Ecology and Evolution**. 1ª ed. Suíça: Springer International Publishing, p. 385, 2020.

HARTFELDER, K.; ENGELS, W. Allometric and multivariate analysis of sex and caste polymorphism in the neotropical stingless bee, *Scaptotrigona postica*. **Insectes Sociaux**, v. 39, n. 3, p. 251–266, 1992.

HIPÓLITO, J.; SOUSA, B. S. B.; BORGES, R. C.; BRITO, R. M.; JAFFÉ, R.; DIAS, S.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; GIANNINI, T. C. Valuing nature's contribution to people: The pollination services provided by two protected areas in Brazil. **Global Ecology and Conservation**, v. 20, 2019.

HRNCIR, M.; JARAU, S.; BARTH, F. G. Stingless bees (Meliponini): senses and behavior. **Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology**, v. 202, n. 9–10, p. 597–601, 2016.

PRICE, R.; SEGERS, F.; BERGER, A.; NASCIMENTO, F. S.; GRÜTER, C. An exploration of the relationship between recruitment communication and foraging in stingless bees. **Current Zoology**, p. 1–10, 12 maio 2021.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; CANHOS, D. A. L.; ALVES, D. A.; SARAIVA, A. M. **Polinizadores do Brasil: Contribuição e Perspectivas para a Biodiversidade, Uso Sustentável, Conservação e Serviços Ambientais**. 1 edição. São Paulo: Editora da universidade de São Paulo, 2012.

JAFFÉ, R.; POPE, N.; ACOSTA, A. L.; ALVES, D. A.; ARIAS, M. C.; RÚA, P.; FRANCISCO, F. O.; GIANNINI, T. C.; GONZÁLEZ-CHAVES, A.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; TAVARES, M. G.; JHA, S.; CARVALHEIROS, L. G. Beekeeping practices and geographic distance, not land use, drive gene flow across tropical bees. **Molecular Ecology**, v. 25, n. 21, p. 5345–5358, 2016.

JARAU, S.; VEEN, J. W.; TWELE, R.; REICHLE, C.; GONZALES, E. H.; AGUILA, I.; FRANCKE, W.; AYASSE, M. Workers Make the Queens in *Melipona* Bees: Identification of Geraniol as a Caste Determining Compound from Labial Glands of Nurse Bees. **Journal of Chemical Ecology**, v. 36, n. 6, p. 565–569, 2010.

JUNGNICKEL, H.; COSTA, A. J. S.; TENTSCHERT, J.; PATRICIO, E. F. L. R. A.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; DRIJFHOUT, F.; MORGAN, E. D. Chemical basis for

inter-colonial aggression in the stingless bee *Scaptotrigona bipunctata* (Hymenoptera: Apidae). **Journal of Insect Physiology**, v. 50, n. 8, p. 761–766, 2004.

KERR, W. E.; NIELSEN, R. A. Evidences that genetically determined *Melipona* queens can become workers. **Genetics**, v. 54, n. 3, p. 859–866, 1966.

KERR, W. E. Genetic determination of castes in the genus *Melipona*. **Genetics**, v.35, p. 143–152, March 1950.

KLEIN, S.; CABIROL, A.; DEVAUD, J-M.; BARRON, A. B.; LIHOREAU, M. Why Bees Are So Vulnerable to Environmental Stressors. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 32, n. 4, p. 268–278, abr. 2017.

KLINKE, O.; JOSHI, N. K. Mitigating the Effects of Habitat Loss on Solitary Bees in Agricultural Ecosystems. **Agriculture**, v. 10, n. 4, p. 115, 5 abr. 2020.

KREMEN, C.; WILLIAMS, N. M.; AIZEN, M. A.; GEMMILL-HERREN, B.; LEBUHN, G.; MINCKLEY, R.; PACKER, L.; POTTS, S. G.; ROULSTON, T.; STEFFAN-DEWENTER, I.; VÁZQUEZ, D. P.; WINFREE, R.; ADAMS, L.; CRONE, E. E.; GREENLEAF, S. S.; KEITT, T. H.; KLEIN, A-M.; REGETZ, J.; RICKETTS, T. H. Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: A conceptual framework for the effects of land-use change. **Ecology Letters**, v. 10, n. 4, p. 299–314, 2007.

LAGE, L. G. A.; COELHO, L. L.; RESENDE, H. C.; TAVARES, M. G.; CAMPOS, L. A. O.; FERNANDES-SALOMÃO, T. M. Honey physicochemical properties of three species of the Brazilian *Melipona*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 84, n. 3, p. 605–608, 2012.

LAROCCA, S.; ALMEIDA, M. *Scaptotrigona guimaraesensis*, uma nova espécie de abelha sem ferrão (Hym., Anthophila) do centro-oeste brasileiro. **Acta Biológica Paranaense**, v. 46, n. (1-2), p. 1–8, 2017.

LEIMAR, O.; HARTFELDER, K.; LAUBICHLER, M. D.; PAGE JR, R. E. Development and evolution of caste dimorphism in honeybees - a modeling approach. **Ecology and Evolution**, v. 2, n. 12, p. 3098–3109, 2012.

LEONHARDT, S. D. Chemical Ecology of Stingless Bees. **Journal of Chemical Ecology**, v. 43, n. 4, p. 385–402, 2017.

LEONHARDT, S. D.; BLÜTHGEN, N. A Sticky Affair: Resin Collection by Bornean Stingless Bees. **Biotropica**, v. 41, n. 6, p. 730–736, 2009.

LINDAUER, M.; KERR, E. W. Communication between the Workers of Stingless Bees. **Bee World**, v.41, n.3, p. 65-71, 1960.

MACIEL-SILVA, V. L.; KERR, W. E. Sex determination in bees. XXVII. Castes obtained from larvae fed homogenized food in *Melipona compressipes* (Hymenoptera, Apidae). **Apidologie**, v. 22, n. 1, p. 15–19, 1991.

MAIA, U. M.; JAFFÉ, R.; CARVALHO, A. T.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Meliponicultura no Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, v. 37, n. 4, p. 327–333, 2015.

MARCHI, P.; MELO, G. A. R. Revisão taxonômica das espécies brasileiras de abelhas do gênero *Lestrimelitta* Friese (Hymenoptera, Apidae, Meliponina). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 50, n. 1, p. 6–30, 2006.

MELO, G. A. R. Stingless Bees (Meliponini). **Encyclopedia of Social Insects**, p. 1–18, 2020.

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropica**, n.1, v.1, p. 9, 2001.

MICHENER, C. D. **The bees of the world**. 2^a ed. Baltimore: Johns Hopkins, p. 952, 2007.

MICHENER, C.D. The Meliponini. In: Vit, P., Pedro, S.R.M. & Roubik, D.W. (Eds.), **Pot-Honey: A legacy of stingless bees**. New York: Springer, 2013, p. 3–17.

MOURE J. S.; URBAN D.; MELO, G. A. R. **Catalogue of bees (Hymenoptera, Apoidea) in the neotropical region**. Curitiba: Sociedade Brasileira de Entomologia. (2007).

NICHOLSON, C. C.; EGAN, P. A. Natural hazard threats to pollinators and pollination. **Global Change Biology**, v. 26, n. 2, p. 380–391, 2019.

- NIEH, J. C.; CONTRERA, F. A. L.; RAMÍREZ, S.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Variation in the ability to communicate three-dimensional resource location by stingless bees from different habitats. **Animal Behaviour**, v. 66, n. 6, p. 1129–1139, 2003.
- NIEH, J. C. Recruitment communication in stingless bees (Hymenoptera, Apidae, Meliponini). **Apidologie**, v. 35, n. 2, p. 159–182, 2004.
- NISHIO, E. K.; RIBEIRO, J. M.; OLIVEIRA, A. G.; ANDRADE, C. G. T. J.; PRONI, E. A.; KOBAYASHI, R. K. T.; NAKAZATO, G. Antibacterial synergic effect of honey from two stingless bees: *Scaptotrigona bipunctata* Lepeletier, 1836, and *S. postica* Latreille, 1807. **Scientific Reports**, v. 6, n. 1, p. 21641, 2016.
- NOGUEIRA-NETO, P. **A Criação de Abelhas Indígenas sem Ferrão**. 2ª ed. São Paulo, SP: Chácaras e Quintais, p. 365, 1970.
- NOGUEIRA-NETO, P. **Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão**. São Paulo: Editora Nogueirapis, p. 446, 1997.
- OLIVER, T. H.; ISAAC, N. J. B.; AUGUST, T. A.; WOODCOCK, B. A.; ROY, D. B.; BULLOCK, J. M. Declining resilience of ecosystem functions under biodiversity loss. **Nature Communications**, v. 6, p. 1-8, 2015.
- OLLERTON, J.; WINFREE, R.; TARRANT, S. How many flowering plants are pollinated by animals? **Oikos**, v. 120, n. 3, p. 321–326, mar. 2011.
- PATEL, V.; PAULI, N.; BIGGS, E.; BARBOUR, L.; BORUFF, B. Why bees are critical for achieving sustainable development. **Ambio**, v. 50, p. 49-59, 2021.
- PICK, R. A.; BLOCHTEIN, B. Atividades de voo de *Plebeia saiqui* (Holmberg) (Hymenoptera, Apidae, Meliponini) durante o período de postura da rainha e em diapausa. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 19, n. 3, p. 827–839, 2002.
- PIRES, A. P.; SILVA, A. S. L.; MENDONÇA-NETO, J. S. N.; NEVES, N. M. P.; CANTO, V. C.; CHAVES, M. N. A.; MORAES, J. R. S. C.; APARECIDO, L. E. O. Análise sensorial de méis de duas espécies de abelhas sem ferrão de Santarém, Pará. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 72680–72693, 2020.

PEDRO, S. R. M. The stingless bee fauna in Brazil (Hymenoptera: Apidae). **Sociobiology**, v. 61, n. 4, p. 348–354, 2014.

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

RADER, R.; BARTOMEUS, I.; GARIBALDI, L. A.; GARRATT, M. P. D.; HOWLETT, B. G.; WINFREE, R.; CUNNINGHAM, S. A.; MAYFIELD, M. M.; ARTHUR, A. D.; ANDERSSON, G. K. S.; BOMMARCO, R.; BRITTAIN, C.; CARVALHEIRO, L. G.; CHACOFF, N. P.; ENTLING, M. H.; FOULLY, B.; FREITAS, B. M.; GEMMILL-HERREN, B.; GHAZOUL, J.; GRIFFIN, S. R.; GROSS, C. L.; HERBERTSSON, L.; HERZOG, F.; HIPÓLITO, J.; JAGGAR, S.; JAUKER, F.; KLEIN, A.-M.; KLEIJN, D.; KRISHNAN, S.; LEMOS, C. Q.; LINDSTRÖM, S. A. M.; MANDELIK, Y.; MONTEIRO, V. M.; NELSON, W.; NILSSON, L.; PATTEMORE, D. E.; PEREIRA, N. O.; PISANTY, G.; POTTS, S. G.; REEMER, M.; RUNDLÖF, M.; SHEFFIELD, C. S.; SCHEPER, J.; SCHÜEPP, C.; SMITH, H. G.; STANLEY, D. A.; STOUT, J. C.; SZENTGYÖRGYI, H.; TAKI, H.; VERGARA, C. H.; VIANA, B. F.; WOYCIECHOWSKI, M. Non-bee insects are important contributors to global crop pollination. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 113, n. 1, p. 146–151, 2016.

RAO, P. V.; KRISHNAN, K. T.; SALLEH, N.; GAN, S. H. Biological and therapeutic effects of honey produced by honey bees and stingless bees: a comparative review. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 26, n. 5, p. 657–664, 2016.

RASMUSSEN, C.; CAMERON, S. A. Global stingless bee phylogeny supports ancient divergence, vicariance, and long-distance dispersal. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 99, n. 1, p. 206–232, 18 dez. 2009.

REIS, E. P.; CAMPOS, L. A. O.; TAVARES, M. G. Prediction of social structure and genetic relatedness in colonies of the facultative polygynous stingless bee *Melipona bicolor* (Hymenoptera, Apidae). **Genetics and Molecular Biology**, v. 34, n. 2, p. 338–344, 2011.

RODRIGUES, A. C.; VILLA, P. M.; NERI, A. V. Fine-scale topography shape richness, community composition, stem, and biomass hyperdominant species in Brazilian Atlantic Forest. **Ecological Indicators**, v. 102, p. 208–217, 2019.

ROUBIK, D. W. Review article stingless bee nesting biology. **Apidologie**, v. 37, p. 124–143, 2006.

ROULSTON, T. H.; GOODELL, K. The role of resources and risks in regulating wild bee populations. **Annual Review of Entomology**, v. 56, p. 293–312, 2011.

RUEDENAUER, F. A.; SPAETHE, J.; LEONHARDT, S. D. Hungry for quality—individual bumblebees forage flexibly to collect high-quality pollen. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 70, n. 8, p. 1209–1217, 2016.

SILVEIRA, F. A.; MELO, G. A. R.; ALMEIDA, E. A. B. **Abelhas brasileiras: sistemática e identificação**. Belo Horizonte: Fundação Araucária, p. 253, 2002.

SILVA, G. R.; PEREIRA, F. M.; SOUZA, B. A.; LOPES, M. T. R.; CAMPELO, J. E. G.; DINIZ, F. M. Aspectos bioecológicos e genético-comportamentais envolvidos na conservação da abelha Jandaíra, *Melipona subnitida* Ducke (Apidae, Meliponini), e o uso de ferramentas moleculares nos estudos de diversidade. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.81, n.3, p. 299-308, 2014.

STEINER, J.; HARTE-MARQUES, B.; ZILLIKENS, A.; FEJA, E. P. Bees of Santa Catarina Island, Brazil - A first survey and checklist (Insecta: Apoidea). **Zootaxa**, n. 1220, p. 1–18, 2006.

VAN BENTHEM, F. D. J.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; VELTHUIS, H. H. W. Biology of the stingless bee *Plebeia remota* (Holmberg): observations and evolutionary implications. **Insectes Sociaux**, v. 42, n. 1, p. 71–87, 1995.

VANBERGEN, A. J. Threats to an ecosystem service: Pressures on pollinators. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 11, n. 5, p. 251–259, 2013.

VOLLET-NETO, A.; KOFFLER, S.; SANTOS, C. F.; MENEZES, C.; NUNES, F. M. F.; HARTFELDER, K.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; ALVES, D. A. Recent advances in reproductive biology of stingless bees. **Insectes Sociaux**, v. 65, n. 2, p. 201–212, 2018.

WITTMANN, D.; CAMARGO, J. M. F. Nest Architecture and Distribution of the Primitive Stingless Bee, *Mourella caerulea* (Hymenoptera Apidae, Meliponinae): Evidence for the Origin of *Plebeia* (s. lat.) on the Gondwana Continent. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 24, n. 4, p. 213–229, 1989.

WOLOWSKI, M.; AGOSTINI, K.; RECH, A. R.; VARASSIN, I. G.; MAUÉS, M.; FREITAS, L.; CARNEIRO, L. T.; BUENO, R. O.; CONSOLARO, H.; CARVALHEIRO, L.; SARAIVA, A. M; SILVA, C. I. **Relatório temático sobre polinização, polinizadores e produção de alimentos no Brasil**. São Paulo: Editora Cubo, 2019. <https://doi.org/10.4322/978-85-60064-83-0>.

6 Capítulo I - Influência de alguns fatores abióticos e antrópicos na atividade de voo de abelhas-sem-ferrão (Hymenoptera: Meliponini)

6.1 Resumo

As abelhas-sem-ferrão são essenciais para a polinização de espécies de plantas cultivadas e nativas. Atividades antrópicas em ecossistemas naturais desencadeiam mudanças nos componentes essenciais da sobrevivência das abelhas. Tais mudanças como variações no microclima, impactam a atividade de voo das abelhas. Neste trabalho, examinamos os efeitos de alguns fatores abióticos na atividade de voo de *Plebeia droryana*, *Scaptotrigona bipunctata* e *Melipona quadrifasciata*. Instalamos quatro colônias de cada espécie em três áreas com diferentes usos e cobertura do solo. A coleta de dados ocorreu durante três dias entre dezembro de 2019 e janeiro de 2020. Todas as observações foram pela manhã, divididas em três faixas horárias. Para cada área, registramos diariamente os fatores abióticos e medimos a atividade de voo das abelhas que entravam e saíam da colônia. *P. droryana* e *S. bipunctata* tiveram atividade de voo semelhante, sendo menor em áreas mais antropizadas. Apenas a atividade de voo de *S. bipunctata* apresentou diferenças significativas entre as faixas de horários avaliadas. Fatores abióticos apresentaram diferenças significativas entre as áreas. A luminosidade teve a maior influência sobre a atividade de voo de *P. droryana* e *S. bipunctata*. Nosso estudo indica que as abelhas-sem-ferrão apresentam um padrão de atividade de voo em função do local onde estão inseridas. No entanto, as características abióticas de um determinado ecossistema podem afetar a atividade de voo de cada espécie a partir do seu comportamento característico. Este é o primeiro estudo a avaliar os efeitos abióticos sobre a atividade de voo de *P. droryana*, *S. bipunctata* e *M. quadrifasciata* no sul do Brasil. Os resultados aqui obtidos podem contribuir para o estabelecimento de um planejamento de conservação para as espécies de abelhas-sem-ferrão e, conseqüentemente, prevenir futuras extinções em um cenário de mudanças ambientais.

6.2 Introdução

As interações planta-polinizador são conhecidas para 144 espécies de plantas (~75%) usadas direta ou indiretamente para consumo humano, das quais 52 são polinizadas por abelhas-sem-ferrão (WOLOWSKI et al., 2019). No Brasil, 244 espécies estão distribuídas em 29 gêneros (PEDRO, 2014), apresentando características distintas, como tamanho corporal e organização das colônias (MOURE et al., 2007). Dentre as abelhas-sem-ferrão encontradas no

Brasil, algumas são mais relevantes como polinizadores e/ou produtoras de mel, como *Plebeia droryana*, *Scaptotrigona bipunctata* e *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Meliponini) (JAFFÉ et al., 2016; GIANNINI et al., 2020). Essas espécies diferem pelo tamanho corporal, conforme indicado pela distância intertegular (DI), com *P. droryana* sendo pequena ($DI \leq 0,975$ cm), *S. bipunctata* de tamanho médio ($DI \leq 1,375$ cm) e *M. quadrifasciata* de tamanho grande ($DI \leq 2,940$ cm) (ARAÚJO et al., 2004). Essas diferenças no tamanho do corpo das abelhas, determinam como elas se relacionam com o ambiente (CHOLE et al., 2019).

Os ambientes onde as colônias de *S. bipunctata*, *P. droryana* e *M. quadrifasciata* nidificam varia de florestas preservadas a áreas urbanas (RADAESKI; BAUERMANN, 2021). Centros urbanos e áreas agrícolas se expandiram, transformando ecossistemas naturais em áreas antropizadas (JAFFÉ et al., 2019), impactando o clima local, regional e até global (CARVALHO; DEL LAMA, 2015). Essas mudanças impactam diretamente as abelhas-sem-ferrão, reduzindo e contaminando os recursos tróficos disponíveis e locais de nidificação (ARENA; SGOLASTRA, 2014; CARIVEAU; WINFREE, 2015).

A atividade de voo das abelhas e o desenvolvimento das colônias é impactada por fatores bióticos e abióticos (HILÁRIO et al., 2007). A temperatura, luminosidade, velocidade do vento e a umidade são fatores abióticos que são associados a determinação da atividade de forrageio (ANDRADE; MEDEIROS, 2019; TIETZ; MOUGA, 2019). De maneira geral, esses fatores exercem influência sobre o gasto energético durante o voo, a escolha do recurso a ser forrageado, assim como afetam a disponibilidade de recursos nas plantas (CORREIA et al., 2017; HRISTOV et al., 2020). Adicionalmente, as características morfológicas e fisiológicas das espécies de abelhas fazem com que elas apresentem comportamentos diferentes em resposta à influência desses fatores (NEOV et al., 2019). Além disso, essa influência pode afetar o ciclo circadiano, que regula os períodos de forragem das abelhas (BELLUSCI; MARQUES, 2001; GONÇALVES; MARQUES, 2012).

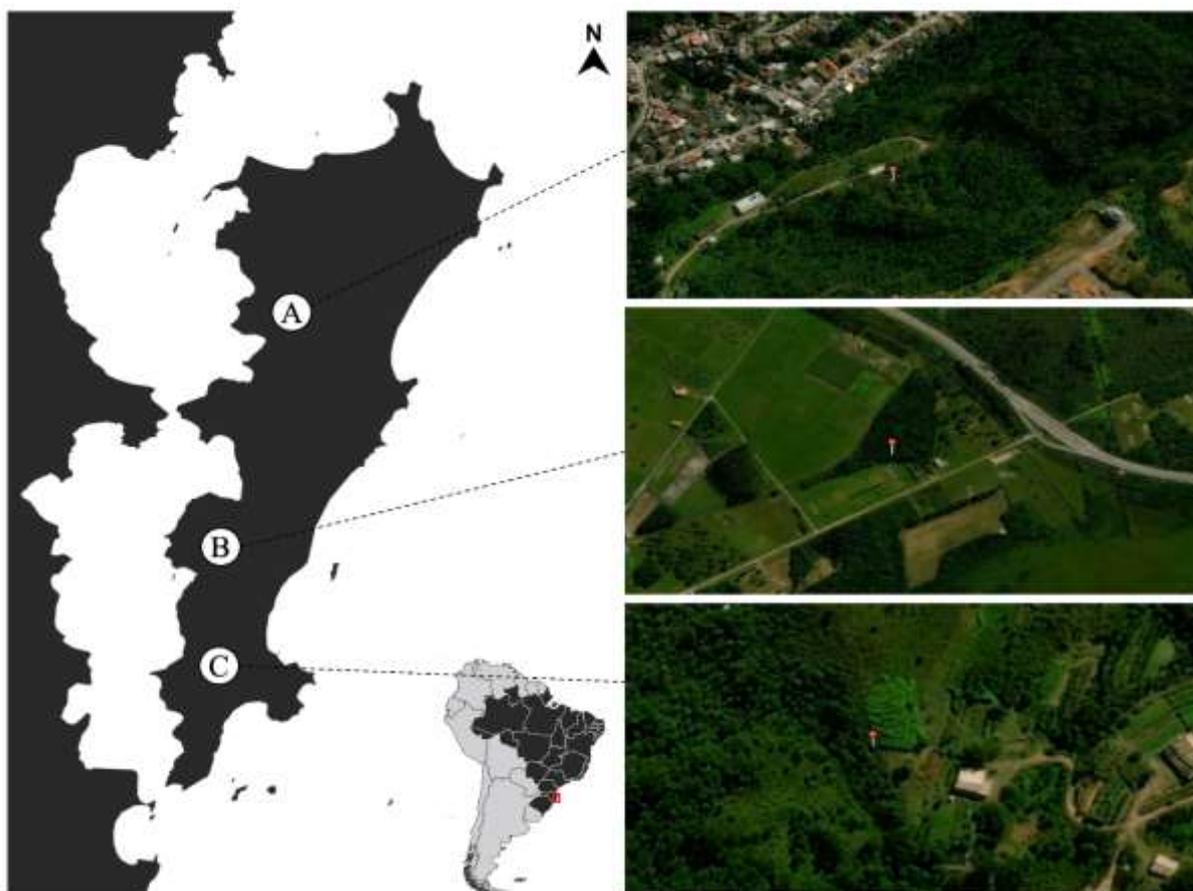
Poucos estudos relataram como diferentes paisagens podem influenciar o comportamento das abelhas-sem-ferrão (BOSCOLO, et al., 2017; JAFFÉ et al., 2019; COUTINHO et al., 2021). Neste capítulo, examinamos os efeitos de fatores abióticos na atividade de voo de *Plebeia droryana*, *Melipona quadrifasciata* e *Scaptotrigona bipunctata* em três áreas com distintas características de uso do solo.

6.3 Material e métodos

6.3.1 Áreas Experimentais

O presente estudo foi realizado na Ilha de Santa Catarina, Brasil, com meliponários instalados em três áreas, distantes pelo menos 10 km entre si (Fig. 1), desta forma não houve sobreposição na atividade de voo das abelhas. O clima é classificado como Cfa (Classificação climática de Köppen-Geiger), isto é, mesotérmico úmido, com verões quentes e chuvas distribuídas durante o ano e temperatura média anual 21,15 °C (PELL; FINLAYSON; McMAHAON, 2007). As áreas para instalação das colônias foram determinadas de acordo com o uso e cobertura do solo, sendo classificadas em: (A) áreas predominantemente urbanizadas (Parque Cidade das Abelhas - CDA - 27°32'13.2''S; 48°30'09.5''O); (B) área intermediária, com pastagens e cultivo agrícola (Fazenda Experimental da Ressacada - FER - 27°41'8.28''S; 8°32'32.40''O); (C) alta densidade de cobertura vegetal natural com pouca modificação da paisagem por ações antrópicas (Sitio FlorBela- SFB - 27°45'44.63''S e 48°32'33.99''O) (Fig.1). De acordo com os dados disponíveis na Plataforma do Projeto MapBiomas (2020), os locais apresentam as seguintes características de uso e cobertura do solo: CDA – floresta 56,9 %, agricultura 36,8 %, área não florestada 2,2 %, água 2,2 %, formação natural não florestal 1,8 %; FER - floresta 32,1 %, agricultura 56,8 %, área não florestada 9 %, água 1 %, formação natural não florestal 1 %; SFB- floresta 8.3 %, agricultura 63.9 %, pastagem 15.3 %; silvicultura 12.5 %. Nos locais onde estavam localizados os meliponários, há predomínio de florestas nativas, refúgios e várzeas, com presença de vegetação secundária e áreas de intensa atividade humana.

Figura 1 - Composição da paisagem em três locais na Ilha de Santa Catarina, correspondentes às áreas de estudos. Sendo: (A) Parque Cidade das Abelhas, como área predominantemente urbanizada/antropizada; (B) Fazenda Experimental da Ressacada, como área intermediária, apresentando áreas de pastagens e de cultivo agrícola; (C) Sítio Flor Bela, com cobertura natural vegetal alta e pouca modificação da paisagem por ações antrópicas.



Fonte: Google Earth, acesso em agosto em 2021.

6.3.2 Preparação de colônias meliponários e de abelhas

Em cada área experimental, foi instalado um meliponário formado por 12 colônias com quatro de cada espécie (*M. quadrifasciata*, *S. bipunctata* e *P. droryana*). As espécies foram selecionadas por apresentarem tamanhos corporais distintos, classificadas em: *P. droryana* sendo pequena (DI – 0,700 cm – 1,300); *S. bipunctata* sendo média (DI – 1,301 cm – 2,500mm); e *M. quadrifasciata* sendo grandes (DI \leq 2,501 cm) (ARAÚJO et al., 2004). A formação dos meliponários foi realizada pelo menos um mês antes do início das avaliações, para que as abelhas se ambientassem nas diferentes áreas. Adicionalmente, as colônias foram manejadas para estar com rainha, estoque de mel e pólen que preenchesse a área no entorno da área de cria,

quantidade de operárias que cobrissem a área de cria, baseadas em procedimentos de avaliação padronizados (LEÃO et al., 2016).

6.3.3 Bioensaio

A atividade de voo das abelhas foi monitorada no período da manhã durante três dias alternados entre dezembro de 2019 e janeiro de 2020, nesses meses ocorrem o período de maior floração da vegetação e conseqüente maior atividade de voo para a região de Florianópolis (referenciar). Ao final totalizando nove horas de observação para cada espécie. Em cada dia, o número de abelhas que entravam e saíam das colônias foi mensurado por cinco minutos por colônia (OLIVEIRA, 1973) em três faixas horárias (5h00 - 7h00, 7h00 - 9h00 e 9h00 - 11h00). A atividade de voo de cada espécie foi determinada pelo número médio de abelhas que saíam e chegavam em cada faixa de horário, nas diferentes áreas experimentais durante os dias de avaliação. Para determinar a influência dos fatores abióticos na atividade de voo, foram obtidos os dados de temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento e luminosidade para cada intervalo de tempo, usando um Termo-Higro-Anemômetro (Instrutherm THAR-300) e um Luxímetro digital (Instrutherm LDR- 225).

6.3.4 Análise estatística

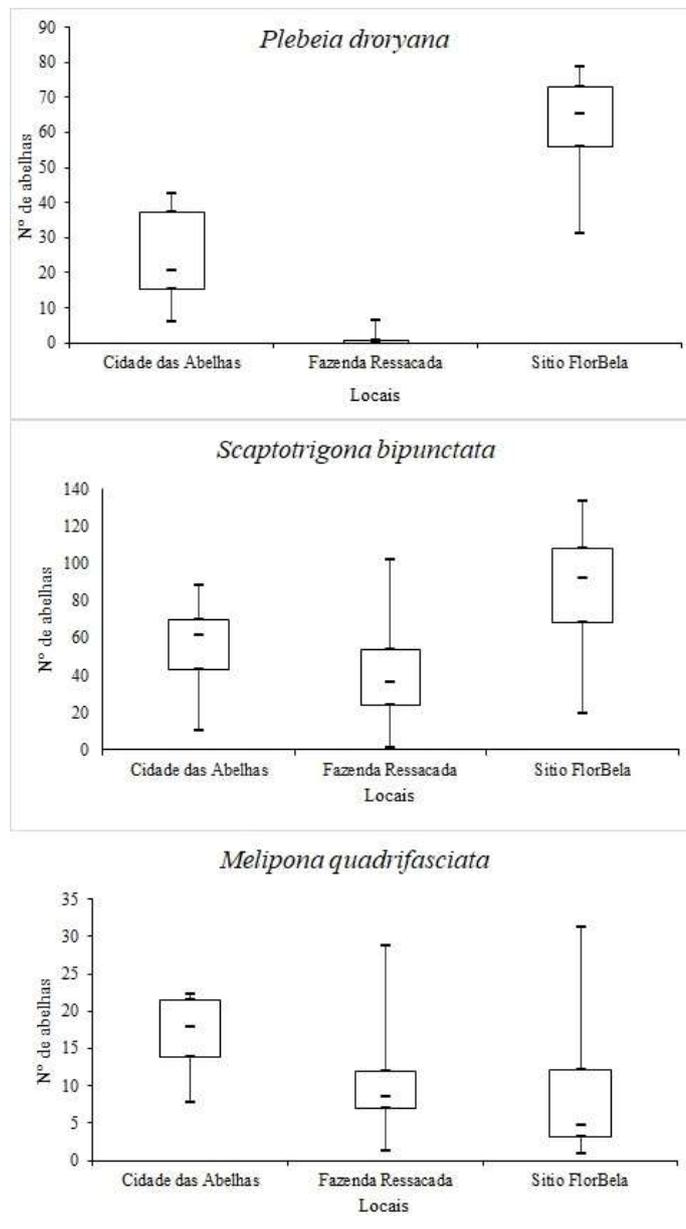
O número médio de abelhas que saíam e chegavam na colônia em cada faixa de horário foram submetidos a análise de variância (ANOVA), seguida do teste de separação de médias de Student-Newman-Keuls ($p < 0,05\%$). Esses dados também foram submetidos ao teste de correlação de Pearson ($p < 0,05\%$) para verificar a relação entre atividade de voo e os fatores abióticos e, sendo classificados em correlação insignificante (0 - 0,3), correlação fraca (0,31 - 0,5), correlação moderada (0,51-0,7), correlação forte (0,71 - 0,9) e correlação muito forte ($> 0,9$) (MUKAKA, 2012). Os dados de fatores abióticos foram submetidos a análise de variância (ANOVA), seguida do teste de separação de médias de Student-Newman-Keuls ($p < 0,05\%$) para verificar se havia diferença entre as áreas. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o software SAS UNIVERSITY EDITION (SAS Institute, 2014).

6.4 Resultados

A atividade de voo de *P. droryana*, *S. bipunctata* e *M. quadrifasciata* apresentou variações entre as áreas experimentais (Fig. 2). Com base no número médio (M) de indivíduos

saindo e entrando nas colônias, a atividade de voo de *P. droryana* foi de $23,94 \pm 12,97$ na CDA, sendo registrada a menor atividade na FER $1,36 \pm 2,47$ e a maior no SFB $61,85 \pm 15,63$. Para *S. bipunctata*, a atividade de voo não diferiu entre as áreas avaliadas (CDA $M=55.72 \pm 21.07$; FER $M=43.32 \pm 32.77$; SFB $M=86.64 \pm 32.48$), assim como *M. quadrifasciata* (CDA $M=17.18 \pm 5.10$; FER $M=10,67 \pm 7.86$; SFB $M= 9.89 \pm 10,90$).

Figura 2 - Número médio e desvio padrão da atividade de forrageio de *Plebeia droryana*, *Scaptotrigona bipunctata* e *Melipona quadrifasciata* em três áreas com diferentes coberturas de solo na Ilha de Santa Catarina. Médias correspondem a cinco minuto de observação durante três faixas horárias.



Não observamos diferenças significativas entre as espécies para a atividade de voo durante as três faixas de horário, exceto para *S. bipunctata* (Tabela 1) que, no período de avaliação entre 07:00 e 09:00 não teve diferença significativa das demais, mas apresentou aumento significativo na atividade de voo entre a primeira e a última faixa horária avaliada.

Tabela 1 - Número médio de abelhas que entravam e saíam de colônias, seguidos pelo desvio padrão, de *Plebeia droryana*, *Scaptotrigona bipunctata* e *Melipona quadrifasciata* em três faixas de horário na Ilha de Santa Catarina, Brasil.

Espécies	Período de avaliação		
	05:00 às 07:00	07:00 às 09:00	09:00 às 11:00
<i>P. droryana</i>	20.23±20.55 a	35.28±31.64 a	39.18±28.37 a
<i>S. bipunctata</i>	44.97±44.74 a	63.11±20.54 a b*	77.59±25.51 b
<i>M. quadrifasciata</i>	12.59±9.72 a	12.76±8.03 a	12.37±9.07 a

*Letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls ($p \leq 0.05$). Valores correspondentes a média de cinco minutos de observação.

A temperatura e a umidade relativa apresentaram correlações insignificantes para todas as espécies, enquanto a luminosidade e velocidade do vento apresentaram correlações moderadas (Tabela 2). A velocidade do vento apresentou correlação negativa moderada para *S. bipunctata*. A luminosidade apresentou uma correlação negativa moderada entre a atividade de voo de *P. droryana* e *S. bipunctata*.

Tabela 2 - Coeficientes de correlação de Pearson entre fatores abióticos e a atividade de forrageio de *Plebeia droryana*, *Scaptotrigona bipunctata* e *Melipona quadrifasciata* na Ilha de Santa Catarina, Brasil.

Espécies	Fatores abióticos			
	Temperatura (°C)	Velocidade do vento (m/s)	Luminosidade (Lux.)	Umidade relativa (%)
<i>P. droryana</i>	-0.06776	-0.36118	-0.58834	0.12972
<i>S. bipunctata</i>	0.22429	-0.56288	-0.52757	-0.19694
<i>M. quadrifasciata</i>	0.03938	-0.05707	0.07379	0.02821

Entre as três áreas experimentais, os fatores abióticos diferiram significativamente (Tabela 3). A CDA apresentou a maior temperatura (27,1 ° C) e a menor velocidade do vento (0,40 m / s) entre as áreas. FER teve a maior velocidade do vento (0,74 m / s) e luminosidade (204,3 lx) e a menor umidade (67,2%), e o SFB apresentou a menor luminosidade (55,7 lx) e temperatura (25,1 ° C) e a maior umidade (74,5 %).

Tabela 3 - Médias dos dados abióticos: luminosidade, velocidade do vento, temperatura e umidade, obtidos em três locais da Ilha de Santa Catarina Brasil, entre dezembro/ 2019 e janeiro/2020.

Local	Fatores abióticos							
	Luminosidade (lx)		Temperatura (C°)		Velocidade do Vento (m/s)		Umidade Relativa (%)	
	Média	Mínimo - Máximo	Média	Mínimo - Máximo	Média	Mínimo - Máximo	Média	Mínimo e Máximo
Cidade das Abelhas	78.4 b*	42.63 - 120,02	27.17 a*	24.38 - 29.75	0.4019 c*	0.30 - 0.57	70.61 b*	61.84 - 79.77
Fazenda da Ressacada	204.3 a*	36.23 - 360.29	26.76 b*	23.33 - 30.94	0.7481 a*	0.38 - 1.14	67.24 c*	54.13 - 77.66
Sítio Flor Bela	55.7 c*	157.78 - 3.49	25.1 c*	23.05 - 27.26	0.4963 b*	0.28 - 0.62	74.57 a*	68.63 - 79.62

*Letras na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keusl ($p < 0.05$)

6.5 Discussão

A atividade de voo de *P. droryana*, *S. bipunctata* e *M. quadrifasciata* apresentou variações significativas entre as áreas e os tempos avaliados. As áreas Sítio FlorBela e Cidade das Abelhas, apresentaram melhores condições para atividade de voo das espécies com tamanhos corporais menores, estando relacionado com maior cobertura vegetal das áreas. A cobertura vegetal proporciona uma maior diversidade de plantas que ofereçam recursos tróficos, além de proporcionar proteção contra rajadas e vento e controle de temperatura (KLEIN et al., 2017). As características fisiológicas e comportamentais das espécies de abelhas podem determinar a atividade de voo em resposta a fatores abióticos (CARIVEAU; WINFREE, 2015). Durante o voo, as abelhas são expostas a estressores térmicos necessitando regular a temperatura corporal (GRÜTER 2020). Abelhas do gênero *Melipona*, conseguem realizar essa regulação através de tremores musculares (CONTRERA; NIEH, 2007). No entanto, essa atividade resulta na geração de certos custos associados à termorregulação fisiológica (HEINRICH, 1993). Deste modo, a temperatura influencia diretamente na atividade de voo das abelhas (CASTRO et al., 2019) por serem organismos ectotérmicos (DANTAS, 2016). Adicionalmente, abelhas maiores conseguem manter a temperatura corporal mais controlada, pois possuem maior reserva energética comparadas a abelhas menores (CAMPOS et al., 2010).

Os fatores abióticos apresentaram diferenças significativas entre as áreas experimentais, essas diferenças podem ter ocorrido pela influência do uso e cobertura do solo de cada área. A remoção da vegetação natural é uma das características principais que alteram os fatores abióticos, pois remove barreiras físicas contra o vento, aumenta a incidência de luz solar sobre o solo, e consequentemente aumenta a temperatura (JAFFÉ et al., 2019). Essas

alterações no ambiente que as abelhas se deslocam durante o voo, podem promover um comportamento em função do local em que estão inseridas, afetando as espécies de diferentes formas. Nossos resultados revelam esta situação quando observamos as diferenças no comportamento da atividade de voo de *P. droryana* nas três áreas avaliadas (fig. 2). Isso também pode ser verificado ao observarmos a atividade de voo de *M. quadrifasciata*, que não apresentou diferenças dentre as áreas (fig. 2). Esse comportamento das duas espécies está relacionado ao tamanho corporal de ambas, refletindo em como o ambiente pode influenciar a atividade de voo.

Além das diferenças fisiológicas e comportamentais, as abelhas-sem-ferrão também apresentam variações morfológicas, como o tamanho do corpo, conforme discutido acima (ARAÚJO et al., 2004). *Plebeia droryana* são abelhas pequenas (ARAÚJO et al., 2004), e não são capazes de controlar os movimentos durante o voo com ventos acima de 5,5 m/s (BARBOSA et al., 2020; HILÁRIO et al., 2007). Este efeito pode ser visto pela menor atividade de voo de *P. droryana* na Fazenda Ressacada, caracterizada por apresentara menor cobertura vegetal (Fig. 2). Para *P. droryana*, a velocidade do vento e a luminosidade exerceram uma correlação negativa fraca e moderada, respectivamente, diferindo de *Plebeia* aff. *flavocincta*. Em condições tropicais, a atividade de *P. aff. flavocincta* externa à colônia é regulada pela disponibilidade de alimentos, não pelas condições climáticas (BARBOSA et al., 2020). Devido a sua paisagem fragmentada, proveniente do cultivo agrícola convencional e atividade pecuária, a FER apresentou a maior velocidade de vento dentre as áreas (Tabela 3). As paisagens fragmentadas têm por características a ausência ou pequeno número de barreiras físicas, que colaboram como barreiras naturais contra vento e oscilações da temperatura (BUKOVINSZKY et al., 2017). As características morfológicas de *P. droryana* e a maior velocidade do vento podem explicar sua menor atividade de voo na FER.

A espécie *S. bipunctata* apresentou um aumento na atividade de voo entre a primeira e a última hora avaliada (Tabela 1), indicando ser a espécie mais suscetível às variações de temperatura (Tabela 2). Conforme observado para *P. droryana*, *S. bipunctata* também apresentou baixa atividade de voo em FER, demonstrando que esta área pode não ter características favoráveis para abelhas com tamanhos corporais menores. A maior atividade de forrageamento de *S. bipunctata* pode ser explicada pelo tamanho de suas colônias, que variam de 2.000 a 50.000 abelhas, quando comparada a *P. droryana*, que pode atingir até 3.000 indivíduos e *M. quadrifasciata*, atingindo 300 a 1500 abelhas (GRÜTER, 2020).

A atividade de voo de *M. quadrifasciata* foi semelhante entre as áreas e faixas horárias avaliadas. Nossos resultados corroboram as observações de Andrade e Medeiros (2019) que avaliaram a atividade de forrageamento de *M. subnitida*. Esses autores demonstraram que abelhas do gênero *Melipona* apresentam maior atividade de forrageamento pela manhã, o que pode explicar a ausência de diferenças significativas na atividade de voo de *M. quadrifasciata*. Além disso, esta espécie apresentou correlação positiva com a luminosidade, diferindo das demais espécies (Tabela 2). É possível que as espécies de *Melipona* tenham maior sensibilidade visual, o que representa um padrão para o gênero, conforme observado em *M. marginata obscurior* (BORGES; BLOCHTEIN, 2005). Luminosidade e temperatura são determinantes para o início da atividade de forrageamento das abelhas, pois espécies pequenas não são capazes de iniciar sua atividade em temperaturas abaixo de 15 °C (HILÁRIO et al., 2000; HILÁRIO et al., 2007).

A temperatura, luminosidade e umidade relativa do ar foram menores nas primeiras horas do dia, período em que ocorreu a menor atividade de voo para *P. droryana* e *S. bipunctata*. O ritmo biológico circadiano das abelhas é baseado em uma escala de tempo de 24 horas (PRONI; MACIEIRA, 2004). Acelerações ou atrasos no ciclo circadiano podem desencadear perda de temporalidade na saída da colônia e afetar a memória temporal do forrageamento que será realizado pelas abelhas (GONÇALVES; MARQUES, 2012). Os fatores abióticos do SFB, área com maior cobertura vegetal, favoreceram a atividade de voo das três espécies avaliadas. Em condições naturais, as abelhas-sem-ferrão nidificam em florestas, e sua atividade de voo é determinada por fatores internos à colônia, quando as abelhas buscam recursos ou limpam os ninhos (CAMPOS et al., 2010). Nesse sentido, áreas com maior cobertura vegetal oferecem recursos tróficos em maior quantidade com menos alterações no microclima. Por outro lado, mudanças no ambiente podem interferir na dinâmica das colônias, afetando a captação de recursos e a sobrevivência das abelhas.

Assim, as diferenças significativas nos fatores abióticos entre CDA, FER e SFB devem ser consideradas ao interpretar os padrões de voo das abelhas-sem-ferrão. Vale ressaltar que constatamos a presença de atividades agrícolas com diferentes intensidades de manejo tanto na FER quanto no SFB. A CDA é parcialmente cercada por uma área urbanizada e pequenas porções de florestas secundárias. Assim, é provável que as diferentes características na paisagem de cada área também desencadeiem alterações nos fatores abióticos. Isso significa que devemos ver a atividade de voo através da ótica do espaço-temporal em que a resposta de uma abelha a cada ambiente é uma adaptação momentânea de uma área para outra, com algumas

adaptações mais bem-sucedidas do que outras, (BARBOSA et al., 2020; TIETZ; MOUGA, 2019), como visto neste trabalho.

A substituição da vegetação nativa, compromete o desenvolvimento de colônias de abelhas-sem-ferrão devido à redução dos locais de nidificação, disponibilidade de alimento e materiais para construção dos ninhos (JAFFÉ et al., 2019). A partir disso, as abelhas encontram maior dificuldade em realizar a atividade de forrageio, comprometendo o desenvolvimento e a nutrição geral da colônia (BRODSCHNEIDER et al., 2010). As três áreas experimentais estão localizadas na Mata Atlântica, um ecossistema ameaçado que foi reduzido a 20% de sua área original (RODRIGUES et al., 2019). Adicionalmente, dentro desse bioma existem áreas similares as que foram utilizadas neste estudo. Sendo assim, nossos resultados podem colaborar com uma melhor interpretação de como irão ocorrer variações na atividade das abelhas-sem-ferrão.

Este é o primeiro registro da atividade de voo de *P. droryana*, *S. bipunctata* e *M. quadrifasciata* na Mata Atlântica, no sul do Brasil. Nossos resultados evidenciaram fraca correlação dos fatores abióticos sobre o comportamento de voo das espécies, e diferenças significativas destes fatores entre os locais avaliados. Devido à forte interferência do ambiente sobre os elementos abióticos, os resultados aqui apresentados devem ser interpretados com cautela, pois as abelhas podem apresentar um comportamento em função do local onde estão inseridas, não refletindo o padrão para a espécie. É provável ainda que, em regiões subtropicais, a atividade de voo das abelhas-sem-ferrão seja influenciada pela disponibilidade de alimento. Compreender a dinâmica envolvida no comportamento de voo das abelhas ajuda a estabelecer estratégias de conservação para espécies de abelhas-sem -ferrão, evitando extinções em um cenário de mudança ambiental e escassez de recursos.

As abelhas com tamanhos corporais menores, aqui representadas por *P. droryana* e *S. bipunctata*, apresentaram atividade de voo semelhante, com menor atividade em áreas com maior atividade humana. Apenas a atividade de voo de *S. bipunctata* apresentou diferenças significativas entre as áreas. A intensidade da luz teve a maior influência na atividade de voo entre as espécies. A diferença significativa nos fatores abióticos entre as áreas demonstra como os diferentes usos e coberturas do solo alteram os componentes ambientais. Assim, os resultados aqui encontrados expressam o comportamento das espécies em função das áreas em que estão instaladas. Demonstrando que as mudanças ambientais alteram o comportamento natural das espécies de abelhas sem ferrão.

6.6 Referencias

- ANDRADE, W. C.; MEDEIROS, A. C. Aspectos da atividade de voo da abelha Jandaíra, *Melipona subnitida* Ducke no município de Sousa, Paraíba. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 13, n.1, p.01-06, jan. -mar, 2019.
- ARAÚJO, E. D.; COSTA, M.; CHAUD-NETTO, J.; FOWLER, H. G. Body size and flight distance in stingless bees (Hymenoptera: Meliponini): inference of flight range and possible ecological implications. **Brazilian Journal of Biology**, v. 64, n. 3, p. 563–568, 2004.
- ARENA, M.; SGOLASTRA, F. A meta-analysis comparing the sensitivity of bees to pesticides. **Ecotoxicology**, v. 23, p. 324–34, 2014. <https://doi.org/10.1007/s10646-014-1190-1>.
- BARBOSA, A. B. S.; MENESES, H. M.; ROSA, F. L.; FREITAS, B. M. Flight activity of the stingless bee *Plebeia* aff. *flavocincta* in tropical conditions as indicator of the general health of the colony. **Sociobiology**, v. 67, n. 4, p. 545-553, 2020.
- BELLUSCI, S.; MARQUES, M. D. Circadian Activity Rhythm of the Foragers of a Eusocial Bee (*Scaptotrigona* aff *depilis*, Hymenoptera, Apidae, Meliponinae) outside the Nest. **Biological Rhythm Research**, v. 32, n. 2, p. 114-124.
- BORGES, B. F. V; BLOCHTEIN, B. Atividades externas de *Melipona marginata obscurior* Moure (Hymenoptera, Apidae), em distintas épocas do ano, em São Francisco de Paula, Rio Grande Do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 22, p. 680–86, 2005. <https://doi.org/10.1590/s0101-81752005000300025>.
- BRODSCHNEIDER, R.; CRAILSHEIM, K. Nutrition and health in honey bees. **Apidologie**, v. 41, n. 3, p. 278–294, 2010.
- BUKOVINSZKY, T.; VERHEIJEN, J.; ZWERVER, S.; KLOP, E.; BIESMEIJER, J. C.; WÄCKERS, F. L.; PRINS, H. H. T; KLEIJN, D. Exploring the relationships between landscape complexity, wild bee species richness and reproduction, and pollination services along a complexity gradient in the netherlands. **Biological Conservation**, v. 214, p. 312–19, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.08.027>.

CAMPOS, F. S.; GOIS, G. C.; CARNEIRO, G. G. Termorregulação colonial em abelhas sem ferrão (hymenoptera, apidae, meliponini). **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 4, n. 24, 2010.

CARIVEAU, D. P., WINFREE, R. Causes of variation in wild bee responses to anthropogenic drivers. **Current Opinion in Insect Science**, v. 10, p. 104–109, 2015.

CARVALHO, A. F.; DEL LAMA, M. A. Predicting priority areas for conservation from historical climate modelling: stingless bees from Atlantic Forest hotspot as a case study. **Journal of Insect Conservation**, v. 19, p. 581–87, 2015. <https://doi.org/10.1007/s10841-015-9780-7>.

CARVALHO-ZILSE, G.; PORTO, E. L.; SILVA, C. G. N.; PINTO, F. C. Atividades de voo de operárias de *Melipona seminigra* (Hymenoptera: apidae) em um sistema agroflorestal da Amazônia. **Bioscience Journal**, v. 23, p. 94–99, nov-2007.

CASTRO, J. S.; CAVALCANTE, A. M. B.; CASTRO, V.J.; SILVA, E. M. Adaptive response of *Melipona subnitida* Ducke and colonial thermoregulation in different thermal conditions in the context to climate change. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 34, n. 3, p. 379–87, 2019. <https://doi.org/10.1590/0102-7786343050>.

CHOLE, H.; WOODARD, S. H.; BLOCH, G. Body size variation in bees: regulation, mechanisms, and relationship to social organization. **Current Opinion in Insect Science**, v. 35, p. 77–87, 2019.

CONTRERA, F. A. L.; NIEH, J. C. The effect of ambient temperature on forager sound production and thoracic temperature in the stingless bee, *Melipona panamica*. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 61, p. 887–97, 2007. <https://doi.org/10.1007/s00265-006-0317-7>.

DANTAS, M. R. T. Thermogenesis in stingless bees: an approach with emphasis on brood's thermal contribution. **Journal of Animal Behavior and Biometeorology**, v. 4, p. 101–8, 2016. <https://doi.org/10.14269/2318-1265/jabb.v4n4p101-108>.

ELIAS, G. A.; SANTOS, R.; CITADINI-ZANETTE, V. Biodiversidade vegetal em Santa Catarina. In: LADWIG, Nilzo Ivo; SCHWALM, Hugo (Org.). **Planejamento e gestão territorial: gestão integrada do território**. Criciúma: UNESC, 2017. p.298-309.

ELIAS, M. A. S.; BORGES, F. J. A.; BERGAMINI, L. L.; FRANCESCHINELLI, E. V.; SUJII, E. R. Climate change threatens pollination services in tomato crops in Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 239, p.257–64, 2017.

GONÇALVES, R. C.; MARQUES, M. D. Ritmos de populações: o caso das abelhas sem ferrão. **Revista da Biologia**, v. 9, n. 3, p. 53–57, 2012. <https://doi.org/10.7594/revbio.09.03.10>.

HEINRICH, B. **The Hot-Blooded Insects. Strategies and Mechanisms of Thermoregulation**. Berlim: Springer, 1993.

HILÁRIO, S. D.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; KLEINERT, A. M. P. Flight activity and colony strength in the stingless bee *Melipona bicolor* (Apidae, Meliponinae). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 60, n. 2, p. 299–306, 2000.

HILÁRIO, S. D.; RIBEIRO, M. F.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Efeito do vento sobre a atividade de voo de *Plebeia remota* (Holmberg, 1903) (Apidae, Meliponini). **Biota Neotropica**, v. 7, n. 3, p. 225-232, 2007. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032007000300024>

HRISTOV, P.; SHUMKOVA, R.; PALOVA, N.; NEOV, B. Factors Associated with Honey Bee Colony Losses: A Mini-Review. **Veterinary sciences**, v. 7, n. 166, p. 1-17.

JAFFÉ, R.; POPE, N.; ACOSTA, A. L.; ALVES, D. A.; ARIAS, M. C.; RÚA, P.; FRANCISCO, F. O.; GIANNINI, T. C.; GONZÁLEZ-CHAVES, A.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; TAVARES, M. G.; JHA, S.; CARVALHEIROS, L. G. Beekeeping practices and geographic distance, not land use, drive gene flow across tropical bees. **Molecular Ecology**, v. 25, n. 21, p. 5345–5358, 2016.

JAFFÉ, R.; VEIGA, J. C.; POPE, N. S.; LANES, É. C. M.; CARVALHO, C. S.; ALVES, R.; ANDRADE, S. C. S.; ARIAS, M. C.; BONATTI, V.; CARVALHO, A. T.; CASTRO, M. S.; CONTRERA, F. A. L.; FRANCOY, T. M.; FREITAS, B. M.; GIANNINI, T. C.; HRNCIR, M.; MARTINS, C. F.; OLIVEIRA, G.; SARAIVA, A. M.; SOUZA, B. A.; IMPERATRIZ-

FONSECA, V. L. Landscape genomics to the rescue of a tropical bee threatened by habitat loss and climate change. **Evolutionary Applications**, v. 12, p. 1-14, 2019.

GIANNINI, T. C.; ALVES, D. A.; ALVES, R.; CORDEIRO, G. D.; CAMPBELL, A. J.; AWADE, M.; BENTO, J. M. S.; SARAIVA, A. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Unveiling the contribution of bee pollinators to Brazilian crops with implications for bee management. **Apidologie**, v. 51, n. 3, p. 406–421, 2020.

KLEIN, S.; CABIROL, A.; DEVAUD, J-M.; BARRON, A. B.; LIHOREAU, M. Why Bees Are So Vulnerable to Environmental Stressors. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 32, n. 4, p. 268–278, abr. 2017.

LEÃO, K. L.; QUEIROZ, A. C. M.; VEIGA, J. C.; CONTRERA, F. A. L.; VENTURIERI, G. C. Colony development and management of the stingless bee *Scaptotrigona aff. postica* (Apidae: Meliponini) using different hive models. **Sociobiology**, v. 63, n. 4, p. 1038–45, 2016. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v63i4.1041>.

MAIA-SILVA, C.; PEREIRA, J. S.; FREITAS, B. M.; HRNCIR, M. Don't stay out too long! Thermal tolerance of the stingless bees *Melipona subnitida* decreases with increasing exposure time to elevated temperatures. **Apidologie**, n. 52, p. 218-229, 2020. <https://doi.org/10.1007/s13592-020-00811-z>

MICHENER, C. D. **The bees of the world**. 2^a ed. Baltimore: Johns Hopkins, p. 952, 2007.

MOURE J. S.; URBAN D.; MELO, G. A. R. **Catalogue of bees (Hymenoptera, Apoidea) in the neotropical region**. Curitiba: Sociedade Brasileira de Entomologia. (2007)

MUKAKA, M. M. Statistics corner: a guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. **Malawi Medical Journal**, v. 24, n. 3, p. 69–71, 2012.

NEOV, B.; GEORGIEVA, A.; SHUMKOVA, R.; RADOSLAVOV, G.; HRISTOV, P. Biotic and Abiotic Factors Associated with Colonies Mortalities of Managed Honey Bee (*Apis mellifera*). **Diversity**, v. 11, n. 237, p. 1-16, 2019.

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

OLIVEIRA, M. A. C. Um método para a avaliação das atividades de voo em *Plebeia saiqui* (Friese) (Hymenoptera, Meliponinae). **Boletim de Zoologia e Biologia Marítima**, v. 30, p. 625–31, 1973.

PEDRO, S. R. M. The stingless bee fauna in Brazil (Hymenoptera: Apidae). **Sociobiology**, v. 61, n. 4, p. 348–54, 2014. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v61i4.348-354>.

PELL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; McMAHAON, T. A. Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification. **Hidrology and Earth System Sciences**, v. 11, p. 1633-1644, 2007.

PRONI, E. A.; MACIEIRA, O. J. D. Ritmo circadiano da taxa respiratória de *Tetragonisca angustula fiebrigi* (Schwarz), *T. a. Angustula* (Latreille) e *Trigona Spinipes* (Fabricius) (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 21, p. 987–93, 2004. <https://doi.org/10.1590/s0101-81752004000400036>.

RADAESKI, J.N.; BAUERMANN, S.G. Contribuições para estudos Melissopalínologia no sul do Brasil: análise de pólen nos méis de *Apis mellifera*, *Tetragonisca angustula*, *Melipona quadrifasciata quadrifasciata*, *Scaptotrigona bipunctata*, *Plebeia remota* e *Plebeia droryana*, **Palinologia**, v. 45, n.3, p. 477 -486, 2021. DOI: 10,1080 / 01.916.122,2020 .1869113

ROCHA, G. S.; DUBREUIL, V.; MENDOÇA, F. A. A estabilidade atmosférica e a ilha de calor urbana na área cornubada de Florianópolis-SC. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 27, p. 900-918, 2020.

RODRIGUES, A. C.; VILLA, P. M.; NERI, A. V. Fine-scale topography shape richness, community composition, stem and biomass hyperdominant species in Brazilian Atlantic Forest. **Ecological Indicators**, v. 102, p. 208–217, 2019.

SAS INSTITUTE INC. SAS® University Edition: Installation Guide for Windows. Cary, NC. 2014.

TIETZ, A. L.; MOUGA, D. M. D. S. Fatores abióticos e atividade externa de *Melipona (Michmelia) mondury* Smith, 1863 (Hymenoptera, Apidae) em Santa Catarina. **Acta Biológica Catarinense**, v. 6, n. 4, p.119–47, 2019.

YOUNG, C. E. F. Desmatamento e desemprego rural na Mata Atlântica. **Floresta e Ambiente**, v. 13, n. 2, p. 75–88, 2006. <https://www.floram.org/article/588e2214e710ab87018b463f> (Data de acesso em 22/02/2021)

WOLOWSKI, M.; AGOSTINI, K.; RECH, A. R.; VARASSIN, I. G.; MAUÉS, M.; FREITAS, L.; CARNEIRO, L. T.; BUENO, R. O.; CONSOLARO, H.; CARVALHEIRO, L.; SARAIVA, A. M; SILVA, C. I. **Relatório temático sobre polinização, polinizadores e produção de alimentos no Brasil**. São Paulo: Editora Cubo, 2019.
<https://doi.org/10.4322/978-85-60064-83-0>.

7 Capítulo II- Avaliação da atividade de forrageio de abelhas-sem-ferrão de diferentes tamanhos em áreas com distintas características de uso e cobertura do solo

7.1 Resumo

O Brasil possui a maior diversidade de espécies de abelhas-sem-ferrão do mundo. A sobrevivência destas abelhas está relacionada com a capacidade de forrageio para coleta de recursos, tanto em ambientes naturais quanto antropizados. Neste estudo, examinamos como a composição biótica e abiótica de áreas com diferentes características de uso e cobertura do solo influenciam a atividade de forrageio de *Plebeia droryana*, *Scaptotrigona bipunctata* e *Melipona quadrifasciata*. As áreas foram selecionadas a partir do uso e cobertura do solo: área 1: predominante urbanizada; área 2: cultivo agrícola intensivo; área 3: alta densidade de cobertura vegetal natural com mosaico de cultivo agroecológico. As características morfométricas preditoras para classificação de tamanho das abelhas, estão correlacionadas com a carga polínica que transportam. Instalamos quatro colônias de cada espécie nas três áreas, que foram avaliadas quinzenalmente entre janeiro e maio de 2020. Para cada área, foram registrados os fatores abióticos e foi contabilizado o número de operárias retornando com néctar, pólen e resina. *P. droryana* e *S. bipunctata* apresentaram maior atividade de coleta de resina e néctar na área 3 quando comparada a área 2. Para coleta de pólen, *S. bipunctata* apresentou maior coleta na área 1 e 3 quando comparadas a área 2. *M. quadrifasciata* não apresentou diferenças significativas dentre as áreas. *P. droryana* e *M. quadrifasciata* apresentaram correlações moderadas e fortes entre a distância entre olhos, comprimento das corbículas e a carga polínica. Fatores abióticos diferiram significativamente entre as áreas. *P. droryana* e *M. quadrifasciata* apresentaram correlações moderadas e fortes entre a distância entre olhos, comprimento das corbículas e a carga polínica. Nossos resultados indicam que as espécies se comportaram de maneira diferente entre as áreas, podendo estar relacionado a características comportamentais das espécies e elementos presentes nos ambientes.

7.2 Introdução

As abelhas-sem-ferrão (Hymenoptera: Apidae) são insetos eussociais (GONÇALVES; MARQUES, 2012), concentrando-se na região neotropical (MICHENER, 2007). No Brasil existem 244 espécies distribuídas em todo o território nacional, com 25 ocorrendo no estado de

Santa de Catarina (PEDRO, 2014). As abelhas-sem-ferrão apresentam características distintas entre si, como tamanho corporal, organização das colônias e preferências por recursos florais (MOURE et al., 2007), que refletem adaptações às condições dos diferentes biomas brasileiros (LIMA; MARCHIORO, 2021). Algumas espécies se destacam como polinizadoras e produtoras de mel (GIANNINI et al., 2020, JAFFÉ et al 2019), como *Plebeia droryana*, *Scaptotrigona bipunctata* e *Melipona quadrifasciata*. Estas espécies são usadas na meliponicultura racional e diferem em comportamento e tamanho corporal (NIEH, et al., 2003; PENG, et al., 2021; ROLDÃO-SBORDONI; NASCIMENTO; MATEUS, 2018).

O tamanho do corpo de uma abelha pode ser determinado pela distância intertegular (DI), que é a extensão entre a base das asas, sendo considerada uma característica preditora da massa corporal destes insetos (CAMPBELL et al., 2019). A DI é uma característica morfométrica que influencia as interações ambientais das abelhas, como a capacidade de forrageamento, estoque de alimento (VEIGA et al., 2013) e distância de voo (ARAÚJO et al., 2004; AZEVEDO; GOMES; MORAES, 2016). Neste sentido, a distância pela busca de recursos aumenta com o tamanho corporal das abelhas (GREENLEAF et al., 2007), em conjunto, a quantidade de flores polinizadas (CHOLE et al., 2019). Adicionalmente, a distância de forrageamento pode variar de acordo com a distribuição dos recursos florais e a resistência física do ambiente (GREENLEAF et al., 2007). Deste modo, paisagens sem conectividade funcional (BOSCOLO et al., 2017) e com variações de temperatura (MAIA-SILVA et al., 2020) exigem alto custo energético para as abelhas se deslocarem em busca de recursos tróficos (BOSCOLO et al., 2017; HEINRICH, 1993; MAIA-SILVA et al., 2020).

O sucesso das abelhas na busca por recursos tróficos ou materiais para construção de ninhos (MELO, 2020), implica diretamente na sobrevivência e manutenção da colônia (ALEIXO et al., 2017). As abelhas dependem de recursos florais em todas as fases de vida (MICHENER, 2007), sendo o néctar a fonte de carboidratos e o pólen de proteína e vitaminas (BRODSCHNEIDER; CRAILSHEIM, 2010). A resina exerce função protetora no ninho, impedindo a entrada de predadores e a proliferação de microrganismos patogênicos (LEONHARDT; BLUTHGEN, 2009). Deste modo, as abelhas estabelecem relações diretas com o ambiente (COLE et al., 2017) que, por sua vez, é afetado pela expansão de atividades econômicas de interesse, como centros urbanos ou áreas agrícolas (CARIVEAU; WINFREE, 2015). Estas alterações nos habitats podem comprometer a disponibilidade de recursos para as abelhas, contribuindo para a diminuição de espécies em gradientes de paisagem (ANTONINI et al., 2013; GIANNINI et al., 2012; MAIA-SILVA et al., 2020; JAFFÉ et al., 2019).

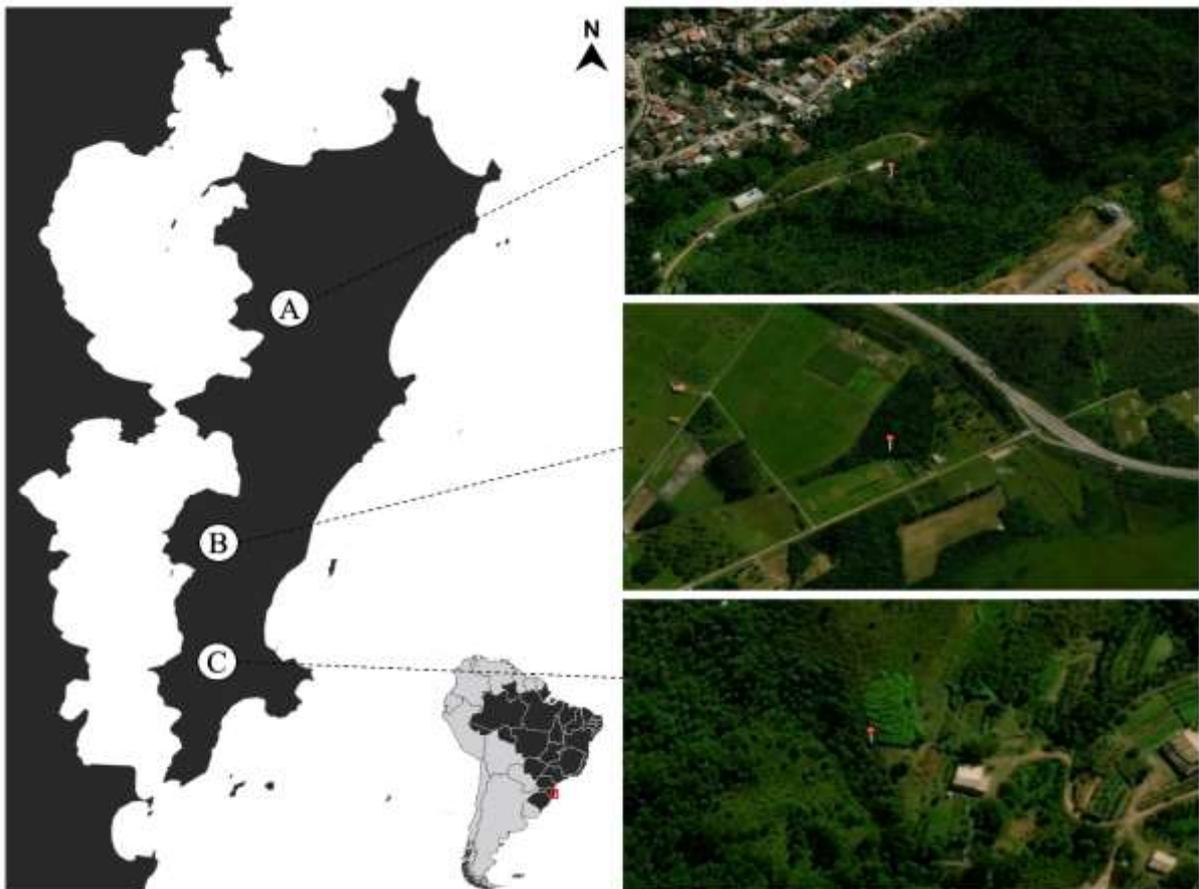
Além de reduzir as fontes de recursos tróficos, as alterações ambientais podem promover maior resistência ambiental para as abelhas-sem-ferrão (HRNCIR et al., 2019). Diante do exposto, é possível compreender a importância de estudos que demonstrem como as paisagens podem exercer influência sobre abelhas-sem-ferrão, evidenciando particularidades de diferentes espécies. Nesse sentido o objetivo do presente trabalho foi avaliar a atividade de forrageio de *P. droryana*, *S. bipunctata* e *M. quadrifasciata* em três áreas com distintas características de uso e cobertura da terra, relacionando o efeito da temperatura, velocidade do vento, luminosidade e umidade relativa do ar sobre essa atividade das abelhas, relacionando também o tamanho corporal com a carga polínica.

7.3 Material e Métodos

7.3.1 Áreas experimentais

O experimento foi realizado na Ilha de Santa Catarina, Brasil, com meliponários instalados em três áreas, distantes pelo menos 10 km entre si (Fig. 1). O clima é classificado como Cfa (Classificação climática de Köppen-Geiger), isto é, mesotérmico úmido, com verões quentes e chuvas distribuídas durante o ano e temperatura média anual 21,15 °C (PELL; FINLAYSON; McMAHAON, 2007). As áreas para instalação das colônias foram determinadas de acordo com o uso e cobertura do solo, sendo classificadas em: (A) áreas predominantemente urbanizadas (Parque Cidade das Abelhas - CDA - 27°32'13.2''S; 48°30'09.5''O); (B) área intermediária, com pastagens e cultivo agrícola (Fazenda Experimental da Ressacada - FER - 27°41'8.28''S; 48°32'32.40''O); (C) alta densidade de cobertura vegetal natural com pouca modificação da paisagem por ações antrópicas (Sitio FlorBela- SFB - 27°45'44.63''S e 48°32'33.99''O) (Fig.1). A distância entre as áreas impediu a sobreposição na atividade de voo das abelhas. De acordo com os dados disponíveis na Plataforma do Projeto MapBiomias (2020), os locais apresentam as seguintes características de uso e cobertura do solo: CDA – floresta 56,9 %, agricultura 36,8 %, área não florestada 2,2 %, água 2,2 %, formação natural não florestal 1,8 %; FER - floresta 32,1 %, agricultura 56,8 %, área não florestada 9 %, água 1 %, formação natural não florestal 1 %; SFB- floresta 8.3 %, agricultura 63.9 %, pastagem 15.3 %; silvicultura 12.5 %. Nos locais onde estavam localizados os meliponários, há predomínio de florestas nativas, refúgios e várzeas, com presença de vegetação secundária e áreas de intensa atividade humana.

Figura 3 - Composição da paisagem em três locais na Ilha de Santa Catarina, correspondentes às áreas de estudos. Sendo: (A) Parque Cidade das Abelhas, como área predominantemente urbanizada/antropizada; (B) Fazenda Experimental da Ressacada, como área intermediária, apresentando áreas de pastagens e de cultivo agrícola; (C) Sítio Flor Bela, com cobertura natural vegetal alta e pouca modificação da paisagem por ações antrópicas.



Fonte: Google Earth, acesso em agosto em 2021.

7.3.2 Formação do meliponário e preparo das colônias

Em cada área experimental foi implantado um meliponário formado por doze colônias, sendo quatro de cada espécie: *M. quadrifasciata*, *S. bipunctata* e *P. droryana*. Deste modo, as avaliações foram conduzidas em 12 colônias de cada espécie. A escolha das espécies foi baseada pelos tamanhos corporais distintos entre elas. O tamanho corporal das abelhas pode ser determinado pela distância intertegular (DI), que é considerada uma preditora da massa corporal do inseto (Campbell et al., 2019). Sendo assim, as abelhas podem ser classificadas como pequenas (DI = 0,700 mm – 1,300); médias (DI = 1,301 mm – 2,500mm); e grandes (DI ≤ 2,501

mm) (Araújo et al., 2004), sendo *P. droryana* classificada como pequena (DI - 1.091mm); *S. bipunctata* como média (DI - 2.042mm) e *M. quadrifasciata* como grande (DI -3.101mm).

A formação dos meliponários foi realizada pelo menos um mês antes do início das avaliações, para que as abelhas se ambientassem nas diferentes áreas. As colônias foram manejadas para estar com rainha, grande número de operárias, que cobrissem boa parte dos discos de cria, discos de cria que preenchessem a colônia, e potes de comida que ocupassem todo o espaço ao redor dos favos de cria. Esse método foi baseado em procedimentos de avaliação padronizados Leão et al. (2016).

7.3.3 Bioensaio

Atividade de forrageio - A atividade de forrageio foi monitorada entre 25 de janeiro e 28 de maio de 2020, período em ocorre uma maior floração da vegetação local, assim como é possível verificar como a diminuição das temperaturas próximas ao inverno podem influenciar a atividade de forrageio das colônias. Foram realizados 10 dias de observação em cada meliponário, totalizando 60 horas de observação por meliponário e 15 minutos de avaliação diária de cada colônia, resultando em 1 hora diária para cada espécie. Em cada avaliação foi mensurado o número de operárias retornando com néctar (foram consideradas operárias que estivessem entrando na colônia sem nenhum material), pólen e resina, durante cinco minutos (OLIVEIRA, 1973), em três faixas de horário (5:00 - 07:00; 07:00 - 09:00; 09:00 - 11:00). Para determinar a influência dos fatores abióticos sobre a atividade de forrageio, foram obtidos os dados de temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento e luminosidade em cada faixa de horário, utilizando-se um Termo-Higro-Anemômetro (Instrutherm THAR-300) e um Luxímetro digital (Instrutherm LDR-225). Os dados de pluviosidade mensal média foram obtidos a partir da Estação Florianópolis (A806) do INMET (2021).

Morfometria - Após o término da mensuração da atividade de forrageio, a colônia que estava sendo avaliada foi fechada por 5 min. e as operárias que estavam retornando com pólen, foram capturadas com auxílio de aspirador entomológico. Em cada dia foram coletadas até 15 operárias por colmeia/espécie para evitar enfraquecimento das colônias. As abelhas coletadas foram colocadas em microtubos de polipropileno (1,5 ml) previamente pesados e identificados, sendo armazenadas em caixa térmica de isopor a 4 °C, até o término da coleta diária no meliponário.

Pesagem e morfometria das abelhas: As abelhas coletadas foram levadas ao Laboratório e armazenadas à -20 C° até a sua pesagem. A cargas polínicas de ambas corbículas

foram pesadas em balança analítica de precisão (0,00001 g) (Mettler-Toledo ME54/A). Para remoção do pólen das corbículas foi utilizado pinça e alfinete. Os dados morfométricos para as três espécies foram obtidos a partir de pelo menos 10 operárias de cada colônia e de cada espécie. As abelhas foram analisadas em microscópio estereoscópico com câmera fotográfica acoplada (SONY dsc-w560) para registro de imagens e obtenção de dados morfométricos. As medidas da distância intertegular (D.I), distância entre olhos (D.O), largura máxima da cabeça (D.C), área das corbículas (A.C), largura (L.A) e comprimento da asa (C.A), foram obtidos a partir da análise das imagens com auxílio do software ImageJ (<http://rsbweb.nih.gov/ij/>).

Figura 2 – Representação de partes do corpo de operárias das quais foram tomadas as medidas para obtenção de dados morfométricos. A, B, C – *Scaptotrigona bipunctata*. D.O – distância entre os olhos; D.C. - distância total da cabeça; D.I. - distância intertegular; C.A. - comprimento da asa; L.C. - largura da asa; A.C. – área da corbículas.



Fonte: acervo pessoal do autor.

7.3.4 Análises estatísticas

O número médio de operárias retornando com néctar, pólen ou resina, de cada espécie e meliponário foram submetidos a análise de variância (ANOVA) seguida pelo teste de separação de médias Student-Newman-Keuls ($p < 0,05\%$). Posteriormente os resultados foram submetidos a análise de contraste, que tem por objetivo selecionar separadamente o que deseja comparar. Sendo assim, foram comparadas as médias dos recursos coletados pelas espécies em cada local, sendo: Contraste 1: Cidade das Abelhas \times Fazenda Experimental da Ressacada;

Contraste 2: Cidade das Abelhas × Sítio FlorBela; Contraste 3: Fazenda Experimental da Ressacada × Sítio FlorBela. A média dos fatores abióticos coletados nas faixas de horário nos dias de observação, caracterizaram as condições de temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento e luminosidade de cada local. Posteriormente, estes resultados foram submetidos ao teste de separação de médias Student-Newman-Keuls ($p < 0,05\%$) para verificar se havia diferença entre os fatores abióticos de cada meliponário. Esses dados foram analisados pelo software SAS UNIVERSITY EDITION (SAS Institute, 2014). A média das distâncias intertegulares, entre olhos, largura máxima da cabeça, tamanho das corbículas, largura e comprimento da asa, peso das abelhas e peso de pólen, foram submetidos a análise de Shapiro – Wilk para testar a normalidade dos dados. Os resultados dessa análise demonstraram que apenas a característica morfométrica “comprimento da asa” de *S. bipunctata* e sua respectiva carga polínica na FER apresentaram distribuição normal, portanto para esse resultado foi aplicado a correlação de Pearson ($p < 0,05\%$). As demais características, por não apresentarem distribuição normal, foram analisadas pela correlação de Spearman ($p < 0,05\%$). Essas correlações foram realizadas para verificar a relação das medidas morfométricas com a quantidade de pólen transportada. Os valores obtidos foram classificados segundo proposto por Mukaka (2012): correlações desprezíveis (0 – 0,3), correlações fracas (0,31 – 0,5), correlações moderadas (0,51– 0,7), correlações fortes 0,71 – 0,9), e correlações muito fortes ($> 0,9$). As análises dos resultados morfométricos foram realizadas no software R (R Core Team, 2020).

7.4 Resultados

A atividade de forrageio de *P. droryana* e *S. bipunctata* apresentaram diferenças significativas dentre as áreas, com maior coleta de resina e néctar na área com maior cobertura vegetal (Tabela 1). *M. quadrifasciata* não apresentou diferenças significativas dentre as áreas (Tabela 1).

Tabela 1 – Análise de contrastes das médias de atividade de forrageio de materiais *Plebeia droryana*, *Scaptotrigona bipunctata* e *Melipona quadrifasciata*, em três locais com diferentes uso e cobertura do solo na Ilha de Santa Catarina, Florianópolis.

Variáveis	Contraste 1			Contraste 2			Contraste 3			
	Locais		Pr<f	Locais		Pr<f	Locais		Pr<f	
	CDA	FER		CDA	SFB		FER	SFB		
<i>Plebeia droryana</i>	Pólen	6.775	3.250	0.342	6.775	8.200	0.672	3.250	8.200	0.182
	Resina	1.625	0.857	0.495	1.625	3.175	0.130	0.857	3.175	0.040*
	Néctar	22.025	9.928	0.090	22.025	27.225	0.421	9.928	27.225	0.015*

<i>Scaptotrigona bipunctata</i>	Pólen	23.550	14.750	0.009*	23.550	23.775	0.946	14.750	23.775	0.007*
	Resina	5.300	3.525	0.083	5.300	7.025	0.092	3.525	7.025	0.0007*
	Néctar	42.250	39.225	0.640	42.250	62.825	0.001*	39.225	62.825	0.0003*
<i>Melipona quadrifasciata</i>	Pólen	3.500	2.425	0.749	3.500	0.950	0.448	2.425	0.950	0.661
	Resina	1.025	0.850	0.864	1.025	0.475	0.590	0.850	0.475	0.590
	Néctar	13.925	7.875	0.350	13.925	3.675	0.113	7.875	3.675	0.516

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

(CDA-Cidade das Abelhas; FER-Fazenda da Ressacada; SFB -Sitio Flor Bela).

A coleta de pólen por *S. bipunctata* foi 64% menor na área com menor cobertura vegetal (FER) quando comparado com área urbana (CDA) e área com maior cobertura vegetal (SFB) (tabela 1). A coleta de resina foi 99% maior no SFB quando comparada com a FER, enquanto a coleta de néctar foi 47% maior no SFB em comparação a CDA e FER (Tabela 1).

Plebeia droryana, apresentou diferenças significativas apenas para as coletas de néctar e resina. A coleta de resina foi 270% maior na área com maior cobertura vegetal (SFB) quando comparado a área com menor cobertura vegetal (FER), e a coleta de néctar foi 174% maior no SFB quando comparado a FER (Tabela 1). A atividade de forrageio de pólen de *P. droryana* não apresentou diferenças significativas entre a CDA e FER, e CDA SFB

Os fatores abióticos diferiram significativamente entre as áreas onde os meliponários estavam instalados (Tabela 2). A área com maior cobertura vegetal (SFB) apresentou maior luminosidade, seguido da área urbana (CDA) e área com menor cobertura vegetal (FER). A CDA apresentou maior temperatura média, diferindo significativamente do SFB e FER, que não apresentaram diferenças significativas entre si. O SFB apresentou maior velocidade do vento, seguida da FER e CDA. FER apresentou maior umidade média, CDA e SFB não apresentaram diferenças significativas entre si.

Tabela 2 – Médias e amplitude dos dados abióticos luminosidade, temperatura, velocidade do vento e umidade, obtidos em três locais da Ilha de Santa Catarina Brasil, entre janeiro/ 2020 e maio/2020.

Local	Fatores abióticos							
	Luminosidade (lx)		Temperatura (C°)		Velocidade do Vento (m/s)		Umidade Relativa (%)	
	Média	Mínimo - Máximo	Média	Mínimo - Máximo	Média	Mínimo - Máximo	Média	Mínimo e Máximo
Cidade das Abelhas	74.794	32.64 – 145.05	23.488	20.618 - 26.200	0.126	0.015 - 0.230	71.981	63.067 - 80.336
Fazenda da Ressacada	42.431	7.649 - 110.866	22.515	20.527 - 24.781	0.879	0.430 - 1.356	77.024	70.030 - 81.173

Sítio Flor Bela	195.609	170.605 - 237.818	22.616	19.427 - 25.833	1.143	0.770 - 1.407	71.518	62.937 - 78.233
-----------------	---------	----------------------	--------	--------------------	-------	------------------	--------	--------------------

*Letras na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls ($p < 0.05$)

As relações entre as características morfométricas e a carga polínica, demonstraram que *P. droryana* e *M. quadrifasciata* apresentaram correlações moderadas e fortes (Tabela 3). A espécie *S. bipunctata* não apresentou nenhuma correlação expressiva (Tabela 3). *Plebeia droryana* apresentou correlações fortes (0,71 – 0,9) da distância entre olhos e comprimento da corbículas na FER. *Melipona quadrifasciata* apresentou correlação muito forte (<0,9) entre o tamanho da corbículas e a carga polínica no SFB.

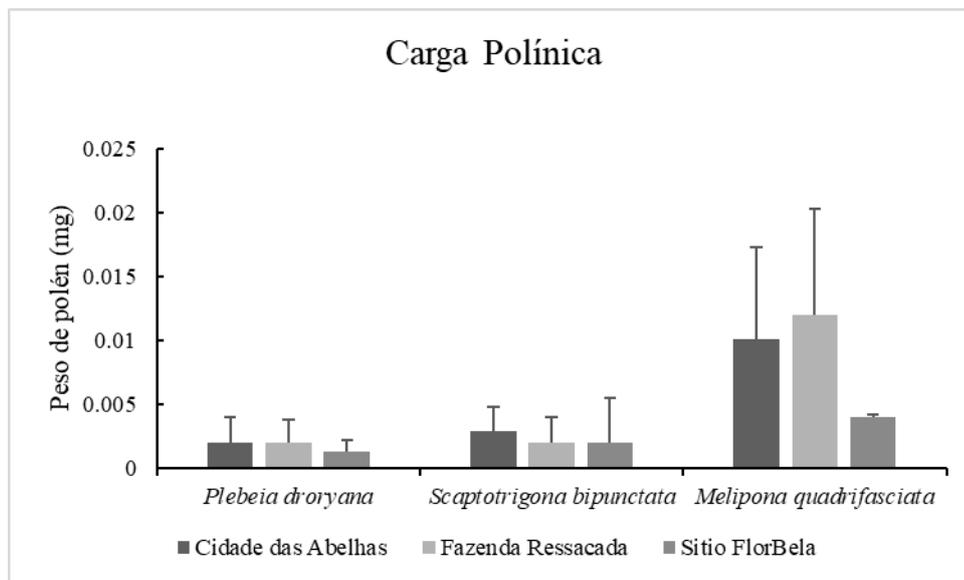
Tabela 3- Valores da correlação de Speaman e Pearson entre peso do pólen e características morfométricas de operárias de *P. droryana*, *S. bipunctata* e *M. quadrifasciata* em três meliponários localizados na Ilha de Santa Catarina, Florianópolis.

Características	<i>Plebeia droryana</i>			<i>Scaptotrigona bipunctata</i>			<i>Melipona quadrifasciata</i>		
	CDA	FER	SFB	CDA	FER	SFB	CDA	FER	SFB
D.I.	0.269	-0.300	-0.238	0.110	0.022	-0.121	-0.026	0.214	0.500
D.O.	0.345	-0.800	0.236	0.001	0.191	0.079	-0.429	0.063	0.500
L.C.	0.247	-0.300	0.090	0.166	0.277	-0.146	-0.114	-0.291	0.500
L.A.	-0.103	0.300	0.118	-0.184	0.205	0.311	0.058	-0.136	0.500
C.A.	-0.016	0.600	-0.043	-0.296	-0.009**	0.225	0.217	-0.432	-0.500
A.C.	-0.2028	0.900	0.415	0.0084	0.099	-0.0291	0.350	-0.1275	0.500
P.A.	0.0521	0	0.044	0.110	0.022	-0.121	0.020	-0.113	0.500

Unidades de medida: D.I. (Distância intertegular); D.O (Distância entre olhos); L.C (Largura da cabeça); L.A (Largura da Asa); C.A (Comprimento da Asa); C.C (Comprimento das Corbículas) – mm; P.A (Peso das Abelhas) – mg.

**Resultado obtido pela análise de Pearson, comprimento da asa e peso do pólen apresentaram distribuição normal. Os valores obtidos foram classificados segundo proposto por Mukaka (2012): correlações desprezíveis (0 – 0,3), correlações fracas (0,31 – 0,5), correlações moderadas (0,51– 0,7), correlações fortes 0,71 – 0,9), e correlações muito fortes (> 0,9)

Figura 3 – Atividade de forrageio de pólen de *Plebeia droryana*, *Scaptotrigona bipunctata* e *Melipona quadrifasciata*, no período de janeiro à maio de 2020, em três locais com diferentes características na paisagem em Florianópolis. Médias e desvio padrão correspondem a cinco minutos de observação.



Melipona quadrifasciata apresentou maiores variações na coleta de pólen dentre os três locais, sendo que apresentou maior coleta na Fazenda Ressacada e menor coleta no Sítio FlorBela. *Plebeia droryana* e *S. bipunctata* apresentaram comportamento similar dentre as áreas.

7.5 Discussão

A coleta de recursos tróficos por *P. droryana*, *S. bipunctata* e *M. quadrifasciata*, apresentaram variações entre as áreas experimentais. Essa atividade é regulada por características do tamanho corporal das abelhas, preferências florais das espécies, horário de forrageamento, quantidade de alimento estocado e pelas características dos locais que circundam as colônias (ANDRADE et al., 2019; KALUZA et al., 2016; MACHADO et al., 2020). A atividade de forrageio, é um importante comportamento das abelhas, pois a sobrevivência das colônias depende fundamentalmente da relação entre demanda de alimentos e o suprimento de recursos florais no ambiente externo a colônia (SILVA et al., 2021).

Scaptotrigona bipunctata apresentou diferenças significativas na coleta de néctar e resina entre as áreas experimentais. Isso pode ter ocorrido pelo fato de que o tipo de vegetação situada no raio de voo das abelhas, impacta na coleta de recursos, assim como, no desenvolvimento colonial. Os resultados demonstraram que a presença de maior densidade vegetal, neste estudo representada pelo SFB, favoreceu as coletas de pólen, néctar e resina para essa espécie. Apesar de ser considerada generalista na busca de recursos tróficos, *S. bipunctata* é influenciada por fatores como a morfologia floral das plantas visitadas, que desempenha um papel fundamental na atividade de forrageio (PUENTES et al., 2019).

A atividade de forrageio de *P. droryana* foi superior na área onde o uso e cobertura do solo apresentava maior densidade vegetal, como observado no SFB. Esse resultado pode ser explicado pelo fato de que *P. droryana* possui o menor tamanho corporal dentre as espécies avaliadas, refletindo diretamente no comportamento de forrageio (ARAÚJO et al., 2004; CHOLE et al., 2019). Adicionalmente, quanto maior a presença de plantas melitófilas no entorno da colônia, maiores serão as chances das operárias em encontrarem recursos tróficos (BOSCOLO et al., 2017). De acordo com Nunes-Silva et al., (2019), áreas com maior densidade de plantas podem possibilitar a atividade de voo em maiores distâncias, pois fornecem barreiras físicas contra rajadas de vento e oscilações de temperatura. Além disso, Peng et al., (2021) avaliando a atividade de forrageamento de *P. droryana*, demonstrou que o método de recrutamento dessa espécie não é tão preciso, pois não informa às companheiras de ninhos a distância da fonte de néctar ou pólen, somente a direção.

A atividade de forrageio de *M. quadrifasciata*, não apresentou diferença entre as áreas. É provável que este resultado esteja relacionado com seu comportamento generalista na busca de insumos energéticos, aliada ao tamanho corporal (ARAÚJO et al., 2004; NUNES-SILVA et al., 2019). Sendo classificada como uma abelha grande ($DI \leq 2,501$ mm), esta abelha é capaz de buscar recursos até 2 km distantes da colônia (ARAÚJO et al., 2004). Além disso, por ser generalista, *M. quadrifasciata* consegue otimizar sua atividade de forrageio, recrutando um maior número de operárias (ANTONINI et al., 2006).

As diferenças observadas entre os fatores abióticos das áreas avaliadas, provavelmente são provenientes das distintas características das paisagens. A CDA apresentou maior temperatura dentre as áreas, podendo ser reflexo da ausência de vegetação alta e próxima do meliponário, o suficiente para gerar sombra e promover redução na temperatura. O SFB apresentou maior luminosidade dentre as áreas, devido a posição do meliponário, que estava de frente para o nascer do sol, implicando em uma maior luminosidade no período das avaliações.

Esse aspecto é determinante para o início e término da atividade de forrageamento principalmente para espécies de tamanhos menores (STREINZER et al., 2016).

A CDA e SFB, apresentam distintos uso do solo, mas vegetações mais homogêneas, diferindo da FER, que possui vegetação em fragmentos. Esse cenário pode ter influenciado no forrageamento na FER, pois abelhas-sem-ferrão apresentam um forrageamento mais eficiente em áreas com paisagens mais homogêneas (LEONHARDT et al., 2016). Paisagens fragmentadas levam a uma falta generalizada de recursos tróficos e locais de nidificação, além de não oferecer barreiras físicas contra fatores ambientais como a velocidade do vento (BOSCOLO et al., 2017), afetando principalmente espécies menores de abelhas-sem-ferrão devido à dificuldade em controlar a atividade de voo em locais com velocidade do vento mais intensas (BARBOSA et al., 2020; HILÁRIO et al., 2007).

Scaptotrigona bipunctata foi a única espécie que não apresentou correlações entre características morfométricas e a carga de pólen. Evolutivamente as espécies de do gênero *Scaptotrigona* desenvolveram estratégias de forrageamento, que variam de trilhas de odores a recrutamento de mais operárias da mesma colônia em busca de um recurso específico (NIEH, 2004). *Plebeia droryana* e *M. quadrifasciata* apresentaram correlações fortes do tamanho das corbícula e a carga de pólen, o que pode ser um indicativo do vigor das colônias. As operárias forrageadoras de colônias fracas são frequentemente menores e tem corbículas de tamanhos maiores, para que possam otimizar a coleta de pólen (OLIVEIRA et al., 2019). Correlações positivas entre o tamanho de corbículas e estoques de pólen e néctar das colônias, demonstram que essa estrutura corporal cumpre um importante papel na manutenção das colônias (VEIGA et al., 2013).

As abelhas respondem de diferentes maneiras aos habitats onde estão inseridas. Essa resposta pode ser devido a características comportamentais de cada espécie, assim como elementos bióticos e abióticos presentes nos ambientes. Esse estudo foi desenvolvido no Bioma Mata Atlântica, que é o quinto *hotspot* de biodiversidade no mundo (CASTUERA-OLIVEIRA et al., 2020; MYERS et al., 2000). Devido a diversidade de plantas com flores, esse bioma é um ambiente evolucionário, ideal para desenvolver uma grande diversidade de interações entre plantas e animais (VARASSIN et al., 2021). Entretanto, o Bioma Mata Atlântica é afetado por mudanças antropogênicas proveniente da intensificação de práticas agrícolas e aumento de centros urbanos (GARIBALDI et al., 2017), reduzido a apenas 20% da sua composição original (RODRIGUES et al., 2019).

A redução do Bioma Mata Atlântica altera a complexidade estrutural da paisagem, limitando o acesso a recursos tróficos e locais de nidificação para abelhas, assim como a interação com o ambiente (JAFFÉ et al., 2019; MACHADO et al., 2020). Essas mudanças não afetam somente as abelhas-sem-ferrão, mas também a qualidade e sustentabilidade da alimentação humana (GLEADOW et al., 2019). As abelhas são importantes polinizadoras de cultivares agrícolas e plantas selvagens, possibilitando o aumento na qualidade das sementes e dos frutos produzidos, que compõe a alimentação humana, e o equilíbrio nos ecossistemas (GIANNINI et al., 2017; POTTS et al., 2016). Diante do exposto, estudos que busquem compreender como a mudança nos habitats afetam abelhas-sem-ferrão, tornam-se essenciais para compor medidas que visem proteger essas espécies.

Plebeia droryana e *Scaptotrigona bipunctata* apresentaram coleta de resina e néctar significativamente maior na área com maior cobertura vegetal quando comparada a área com atividade agrícola. Adicionalmente, *S. bipunctata* teve uma coleta de pólen significativamente maior nas áreas com maiores coberturas vegetais. Esses resultados, reforçam que a atividade de forrageio de espécies de tamanhos corporais menores é mais beneficiada em área com maiores coberturas vegetais. Entretanto, a espécie de tamanho corporal maior, *M. quadrifasciata*, consegue se adaptar em diferentes ambientes. Nossos resultados reforçam, que diferentes usos e coberturas do solo, afetam a atividade de forrageio de abelhas-sem-ferrão, principalmente espécies de tamanhos corporais menores.

7.6 Referências

- ALEIXO, K. P.; MENEZES, C.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; SILVA, C. I. Seasonal availability of floral resources and ambient temperature shape stingless bee foraging behavior (*Scaptotrigona* aff. *depilis*). **Apidologie**, v. 48, n. 1, p. 117–127, 2017.
- ANDRADE, W. C.; MEDEIROS, A. C. Aspectos da atividade de voo da abelha Jandaíra, *Melipona subnitida* Ducke no município de Sousa, Paraíba. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 13, n.1, p.01-06, jan-mar, 2019.
- ANTONINI, Y.; MARTINS, R. P.; AGUIAR, L. M.; LOYOLA, R. D. Richness, composition and trophic niche of stingless bee assemblages in urban forest remnants. **Urban Ecosystems**, v. 16, n. 3, p. 527–541, 2013.

ARAÚJO, E. D.; COSTA, M.; CHAUD-NETTO, J.; FOWLER, H. G. Body size and flight distance in stingless bees (Hymenoptera: Meliponini): inference of flight range and possible ecological implications. **Brazilian Journal of Biology**, v. 64, n. 3b, p. 563–568, 2004.

AZEVEDO, D. G.; GOMES, R. L.; MORAES, M. E. B. Estudos da fragmentação da paisagem na definição de áreas prioritárias para a recuperação ambiental da bacia hidrográfica do rio Buranhém. **Boletim de Geografia**, v. 34, n. 2, p. 127, 2016.

BARBOSA, A.B.S.; MENESES, H.M.; ROSA, F.L; FREITAS, B.M. Flight activity of the stingless bee *Plebeia aff. flavocincta* in tropical conditions as indicator of the general health of the colony. **Sociobiology**, v. 67, n. 4, p. 545-553, 2020.

BOSCOLO, D.; TOKUMOTO, P. M.; FERREIRA, P. A.; RIBEIRO, J. W.; SANTOS, J. S. Positive responses of flower visiting bees to landscape heterogeneity depend on functional connectivity levels. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 15, n. 1, p. 18–24, 2017.

BRODSCHNEIDER, R.; CRAILSHEIM, K. Nutrition and health in honey bees. **Apidologie**, v. 41, n. 3, p. 278–294, 2010.

CAMPBELL, A. J.; GOMES, R. L. C.; SILVA, K. C.; CONTRERA, F. A. L. Temporal variation in homing ability of the neotropical stingless bee *Scaptotrigona aff. postica* (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). **Apidologie**, v. 50, n. 5, p. 720–732, 2019.

CARIVEAU, D. P., WINFREE, R. Causes of variation in wild bee responses to anthropogenic drivers. **Current Opinion in Insect Science**, v. 10, p. 104–109, 2015.

CASTUERA-OLIVEIRA, L.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; EISENLOHR, P. V. Emerging hotspots of tree richness in Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 34, n. 1, p. 117–134, 2020.

CHOLE, H.; WOODARD, S. H.; BLOCH, G. Body size variation in bees: regulation, mechanisms, and relationship to social organization. **Current Opinion in Insect Science**, v. 35, p. 77–87, 2019.

COLE, L. J.; BROCKLEHURST, S.; ROBERTSON, D.; HARRISON, W.; MCCracken, D. I. Exploring the interactions between resource availability and the utilisation of semi-natural habitats by insect pollinators in an intensive agricultural landscape. **Agriculture**,

Ecosystems and Environment, v. 246, p. 157–167, 2017. DOI.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2017.05.007>

DINIZ, T. O.; PEREIRA, N. C.; SILVA, B. G.; PIZZAIA, W. C. S.; OLIVEIRA, F. G. M.; SINÓPOLIS-GIGLIOLLI, A. A.; TOLEDO, V. A. A.; RUVOLO-TAKASUSUKI, M. C. C. Effects of combined fungicide in stingless bees *Scaptotrigona bipunctata*. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, p. 1–16, 2021.

GARIBALDI, L. A.; REQUIER, F. ROLLIN, O.; ANDERSSON, G. K. S. Towards an integrated species and habitat management of crop pollination. **Current Opinion in Insect Science**, v. 21, n. 1, p. 105–114, 2017.

GIANNINI, T. C.; ACOSTA, A. L.; GARÓFALO, C. A.; SARAIVA, A. M.; ALVES-DOS-SANTOS, I.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Pollination services at risk: Bee habitats will decrease owing to climate change in Brazil. **Ecological Modelling**, v. 244, p. 127–131, 2012.

GIANNINI, T. C.; BOFF, S.; CORDEIRO, G. D.; CARTOLANO JR, E. A.; VEIGA, A. K.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; SARAIVA, A. M. Crop pollinators in Brazil: a review of reported interactions. **Apidologie**, v. 46, n. 2, p. 209–223, 2015.

GIANNINI, T. C.; COSTA, W. F.; CORDEIRO, G. D.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; SARAIVA, A. M.; BIESMEIJER, J.; GARIBALD, L. A. Projected climate change threatens pollinators and crop production in Brazil. **PLoS ONE**, v. 12, n. 8, p. 1–13, 2017.

GIANNINI, T. C.; ALVES, D. A.; ALVES, R.; CORDEIRO, G. D.; CAMPBELL, A. J.; AWADE, M.; BENTO, J. M. S.; SARAIVA, A. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Unveiling the contribution of bee pollinators to Brazilian crops with implications for bee management. **Apidologie**, v. 51, n. 3, p. 406–421, 2020.

GLEADOW, R.; HANAN, J.; DORIN, A. Averting robo-bees: Why free-flying robotic bees are a bad idea. **Emerging Topics in Life Sciences**, v. 3, n. 6, p. 723–729, 2019.

GONÇALVES, R. C.; MARQUES, M. D. Ritmos de populações: o caso das abelhas sem ferrão. **Revista da Biologia**, v. 9, n. 3, p. 53–57, 2012.

GREENLEAF, S. S.; WILLIAMS, N. M.; WINFREE, R.; KREMEN, C. Bee foraging ranges and their relationship to body size. **Oecologia**, v. 153, n. 3, p. 589–596, 2007.

HILÁRIO, S. D.; RIBEIRO, M. F.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Efeito do vento sobre a atividade de voo de *Plebeia remota* (holmberg, 1903) (Apidae, Meliponini). **Biota Neotropica**, v. 7, p. 8, 2007.

HRNCIR, M.; MAIA-SILVA, C. On the Diversity of Foraging-related Traits in Stingless Bees. In: VIT, P.; PEDRO, S.; ROUBIK, D. (eds) **Pot-Honey: A Legacy of Stingless Bees**. New York: Springer, 2013. p.201-215 https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4960-7_

JAFFÉ, R.; VEIGA, J. C.; POPE, N. S.; LANES, É. C. M.; CARVALHO, C. S.; ALVES, R.; ANDRADE, S. C. S.; ARIAS, M. C.; BONATTI, V.; CARVALHO, A. T.; CASTRO, M. S.; CONTRERA, F. A. L.; FRANCOY, T. M.; FREITAS, B.M.; GIANNINI, T. C.; HRNCIR, M.; MARTINS, C. F.; OLIVEIRA, G.; SARAIVA, A.M.; SOUZA, B.A.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. Landscape genomics to the rescue of a tropical bee threatened by habitat loss and climate change. **Evolutionary Applications**, v. 12, p. 1164–77, 2019. <https://doi.org/10.1111/eva.12794>,

KALUZA, B. F.; WALLACE, H.; HEARD, T. A.; KLEIN, A. M.; LEONHARDT, S. D. Urban gardens promote bee foraging over natural habitats and plantations. **Ecology and Evolution**, v. 6, n. 5, p. 1304–1316, 2016.

LEÃO, K. L.; QUEIROZ, A. C. M.; VEIGA, J. C.; CONTRERA, F. A. L.; VENTURIERI, G. C. Colony development and management of the stingless bee *Scaptotrigona* aff. *postica* (Apidae: Meliponini) using different hive models. **Sociobiology**, v. 63, n. 4, p. 1038–45, 2016. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v63i4.1041>.

LEONHARDT, S. D.; BLÜTHGEN, N. A Sticky Affair: Resin Collection by Bornean Stingless Bees. **Biotropica**, v. 41, n. 6, p. 730–736, 2009.

LEONHARDT, S. D.; KALUZA, B. F.; WALLACE, H.; HEARD, T. A. Resources or landmarks: which factors drive homing success in *Tetragonula carbonaria* foraging in natural and disturbed landscapes? **Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology**, v. 202, p. 701–708, 2016.

LIMA, V. P.; MARCHIORO, C. A.; Brazilian stingless bees are threatened by habitat conversion and climate change. **Regional Environmental Change**, v. 21, n. 14, p. 1-12, 2021.

MACHADO, T.; VIANA, B. F.; SILVA, C. I.; BOSCOLO, D. How landscape composition affects pollen collection by stingless bees? **Landscape Ecology**, v. 35, n. 3, p. 747–759, 2020.

MAIA-SILVA, C.; PEREIRA, J.S.; FREITAS, B. M.; HRNCIR, M. Don't stay out too long! Thermal tolerance of the stingless bees *Melipona subnitida* decreases with increasing exposure time to elevated temperatures. **Apidologie**, v.52, p.218-229, 2020.

<https://doi.org/10.1007/s13592-020-00811-z>

MELO, G. A. R. Stingless Bees (Meliponini). **Encyclopedia of Social Insects**, p. 1–18, 2020.

MICHENER, C. D. **Bees of the World**. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 2007 [https://doi.org/10.1016/0047-2484\(91\)90057-3](https://doi.org/10.1016/0047-2484(91)90057-3).

MOURE J. S.; URBAN D.; MELO, G. A. R. **Catalogue of bees (Hymenoptera, Apoidea) in the neotropical region**. Curitiba: Sociedade Brasileira de Entomologia, 2007.

MUKAKA, M. M. Statistics corner: A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. **Malawi Medical Journal**, v. 24, n. 3, p. 69-71, 2012.

MYERS, N; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853–858, fev. 2000.

NIEH, J. C.; CONTRERA, F. A. L.; RAMÍREZ, S.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Variation in the ability to communicate three-dimensional resource location by stingless bees from different habitats. **Animal Behaviour**, v. 66, n. 6, p. 1129–1139, 2003.

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

NUNES-SILVA, P.; COSTA, L.; CAMPBELL, A. J.; ARRUDA, H.; CONTRERA, F. A.L.; TEIXEIRA, J. S. G.; GOMES, R. L. C.; PESSIN, G., PEREIRA, D. S.; SOUZA, P.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Radiofrequency identification (RFID) reveals long-distance

flight and homing abilities of the stingless bee *Melipona fasciculata*. **Apidologie**, v. 51, n. 2, p. 240–253, 2019.

OLIVEIRA, M. A. C. Um método para a avaliação das atividades de voo em *Plebeia saiqui* (Friese) (Hymenoptera, Meliponinae). **Boletim de Zoologia e Biologia Marítima**, n. 30, p. 625–631, 1973.

OLIVEIRA, M. O.; BRITO, T. F.; CAMPBELL, A. J.; CONTRERA, F. A. L. Body size and corbiculae area variation of the stingless bee *Melipona fasciculata* Smith, 1854 (Apidae, Meliponini) under different levels of habitat quality in the eastern Amazon. **Entomologia Generalis**, v.39, n.1, p.45-52, 2019.

PEDRO, S. R. M. 2014. The stingless bee fauna in Brazil (Hymenoptera: Apidae). **Sociobiology**, v. 61, n. 4, p. 348–54. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v61i4.348-354>.

PELL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; McMAHAON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hidrology and Earth System Sciences**, v. 11, p. 1633-1644, 2007.

PENG, T.; PEDROSA, J.; BATISTA, J. E.; NASCIMENTO, F. S.; GRUTER, C. Foragers of the stingless bee *Plebeia droryana* inform nestmates about the direction, but not the distance to food sources. **Ecological Entomology**, v. 46, n. 1, p. 33–40, 2021.

POTTS, S. G.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; NGO, H. T.; AIZEN, M. A.; BIESMEIJER, J. C.; BREEZE, T. D.; DICKS, L. V., GARIBALDI, L. A.; HILL, R.; SETTELE, J.; VANBERGEN, A. J. Safeguarding pollinators and their values to human well-being. **Nature**, v. 540, n. 7632, p. 220–229, 2016.

PUENTES, M. D. S.; LOPEZ, C. C. J.; GALHARDO, D.; OLIVEIRA, J. W. S.; TOLEDO, A. A. V. Foraging Behaviour of *Apis mellifera* L. and *Scaptotrigona bipunctata* on *Dombeya wallichii* Flowers in Southern Brazil. **Agricultural Sciences**, v. 10, p. 1124-1134, 2019.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2020.URL: <https://www.R-project.org/>.

- RAMALHO, M. Foraging by Stingless Bees of the Genus, *Scaptotrigona* (Apidae, Meliponinae). **Journal of Apicultural Research**, v. 29, p. 61–67, 1990.
- RAMALHO, M. Stingless bees and mass flowering trees in the canopy of Atlantic Forest: a tight relationship. **Acta Botânica Brasilica**, v. 18, n. 1, p. 37–47, 2004.
- ROCHA, G. S.; DUBREUIL, V.; MENDOÇA, F. A. A estabilidade atmosférica e a ilha de calor urbana na área conurbada de Florianópolis-SC. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 27, p. 900-918, 2020.
- RODRIGUES, A. C.; VILLA, P. M.; NERI, A. V. Fine-scale topography shape richness, community composition, stem and biomass hyperdominant species in Brazilian Atlantic Forest. **Ecological Indicators**, v. 102, p. 208–217, 2019.
- ROULSTON, T. H.; GOODELL, K. The role of resources and risks in regulating wild bee populations. **Annual Review of Entomology**, v. 56, p. 293–312, 2011.
- SAS INSTITUTE INC. SAS® University Edition: Installation Guide for Windows. Cary, NC. 2014.
- SILVA, M. D. E.; RAMALHO, M.; ROSA, J. F. Annual survival rate of tropical stingless bee colonies (Meliponini): Variation among habitats at the landscape scale in the Brazilian Atlantic Forest. **Sociobiology**, v. 68, n. 1, p. 1–8, 2021.
- VEIGA, J. C.; MENEZES, C.; VENTURIERI, G. C.; CONTRERA, F. A. L. The bigger, the smaller: Relationship between body size and food stores in the stingless bee *Melipona flavolineata*. **Apidologie**, v. 44, n. 3, p. 324–333, 2013.

8 Capítulo III - Desenvolvimento colonial de Abelhas-sem-ferrão em áreas com diferentes condições ambientais

8.1 Resumo

Abelhas-sem-ferrão são responsáveis pela polinização de 36% das plantas usadas na alimentação humana no Brasil. O desenvolvimento colonial dessas abelhas está ligado ao sucesso da relação que possuem com o habitat que circunda a colônia, pois é ele que oferece recursos tróficos e de nidificação. Alterações antrópicas nesses ambientes alteram a disponibilidade de plantas que oferecem recursos e o microclima local. Aqui, examinamos como áreas com diferentes características podem influenciar no desenvolvimento colonial de *Plebeia droryana*, *Melipona quadrifasciata* e *Scaptotrigona bipunctata*. Adicionalmente, verificamos se a distância intertegular, comprimento das corbículas e peso do pólen coletado diferem entre as áreas. Instalamos quatro colônias de cada espécie em três áreas com diferentes usos e cobertura do solo. As avaliações foram realizadas quinzenalmente entre novembro de 2019 à abril de 2020. Em cada dia de observação, foram registrados os fatores abióticos e contabilizados os potes de alimento (mel e pólen) e área de cria. Todas as espécies apresentaram variações entre as áreas. *Plebeia droryana* apresentou mais diferenças significativas dentre os parâmetros avaliados. *Melipona quadrifasciata* e *S. bipunctata* apresentaram diferenças significativas na distância intertegular e comprimento das corbículas dentre as áreas. Nossos resultados demonstraram que as abelhas apresentam diferenças nas características morfométricas e diferentes comportamentos onde estão inseridas. Os parâmetros de desenvolvimento colonial avaliados demonstraram que as colônias apresentam comportamentos distintos em função da área em que estão inseridas. O provisionamento de mel e pólen está diretamente ligada a presença de vegetação que fornece recursos ambientais, e a capacidade de coleta das abelhas. Assim como, a área de cria está ligada a reserva alimentar na colônia, principalmente pólen. A partir disso, nossos resultados evidenciam que alterações nos habitats refletem na dinâmica do desenvolvimento colonial das abelhas.

8.2 Introdução

As abelhas são importantes polinizadoras de culturas agrícolas e plantas nativas, tendo importância econômica e ecológica (JAFFÉ et al., 2016). Aproximadamente 60% dos alimentos consumidos pelos brasileiros (gramas per capita), são provenientes de plantas dependentes de polinizadores (NOVAIS et al., 2016). Segundo Wolowski et al., 2019, a interação planta-polinizador foi estudada para 144 espécies vegetais, usadas direta ou indiretamente na alimentação humana, sendo 52 polinizadas por abelhas sem ferrão. No Brasil existem 244 abelhas-sem-ferrão catalogadas sendo que a estimativa é que ultrapasse 300 espécies (PEDRO, 2014).

Além de serem importantes polinizadoras, essas abelhas são utilizadas para atividade de desenvolvimento econômico sustentável (JAFFÉ et al., 2015). Algumas se destacam pela facilidade de manejo e pela ampla distribuição geográfica, como *Plebeia droryana*, *Scaptotrigona bipunctata* e *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae) (ANTONINI et al., 2006; DORNELES et al., 2021; ROLDÃO-SBORDONI et al., 2018). Os habitats onde abelhas-sem-ferrão ocorrem naturalmente, sofrem processos de antropização, como queimadas, desmatamentos, poluição e urbanização (CARIVEAU; WINFREE, 2015), intensificando a simplificação e fragmentação da paisagem (HRNCIR et al., 2016). Esses processos tornaram-se mais frequentes com a expansão da agricultura, baseada em princípios da revolução verde, no início da década de 1970 (FAITA; CHAVES; NODARI, 2021). Diante disso, abelhas-sem-ferrão são afetadas em diferentes níveis, limitando o acesso a locais de nidificação, reprodução e recursos alimentares (WILLIAM et al., 2010; JAFFÉ et al., 2019).

As abelhas-sem-ferrão são altamente dependentes do ambiente onde estão inseridas, pois é nele que encontram néctar, pólen, e materiais para nidificarem (JAFFÉ et al., 2016). O desenvolvimento das colônias está diretamente relacionado às reservas alimentares e oviposição da rainha (BORGES; BLOCHOTEIN, 2006), onde havendo a disponibilidade de alimento, haverá a possibilidade de aumento da prole (HRNCIR et al., 2019). Além disso, é importante compreender que a alimentação das abelhas em estágio larval é composta essencialmente por pólen que fornece as proteínas, e as abelhas adultas consomem mais mel (MAIA-SILVA et al., 2016). A partir disso alterações ambientais promovidas por ação antrópicas que possam limitar ou impedir o acesso à fonte de alimento, afetam a dinâmica populacional e organizacional das abelhas (KALUZA et al., 2018). A oviposição da rainha e,

consequente, o aumento da prole dependem diretamente da disponibilidade de alimento no ambiente (HARANO; MAIA-SILVA; HRNCIR, 2020).

Para melhor compreender como alterações nos habitats afetam abelhas-sem-ferrão, tem se utilizado a análise de parâmetros do desenvolvimento colonial, como a contabilização de potes abertos e fechados de mel e pólen; potes vazios e em construção; números de células de cria construídas e número de discos de cria (AIDAR; CAMPOS, 1998; BORGES; BLOCHTEIN, 2006; BRASIL et al., 2021). A avaliação destes parâmetros permite verificar como as colônias se desenvolvem em diferentes condições ambientais. Adicionalmente, a avaliação de distância intertegular e comprimentos das corbículas permitem verificar o efeito que o ambiente causa na formação morfológica de operárias. Diante do exposto, este trabalho avaliou o desenvolvimento colonial e alterações morfométricas e carga polínica de *P. droryana*, *M. quadrifasciata* e *S. bipunctata* em áreas com diferentes condições ambientais.

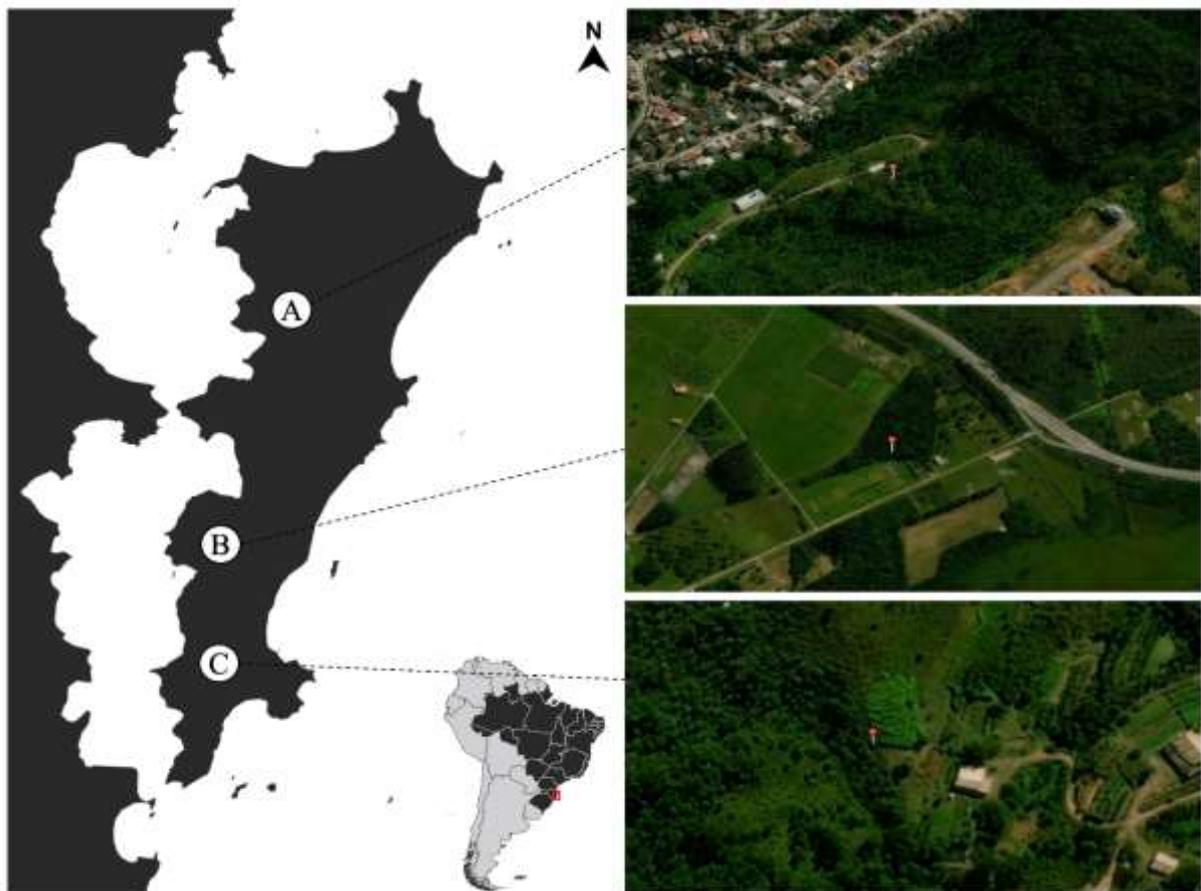
8.3 Materiais e Métodos

8.3.1 Áreas experimentais

O experimento foi realizado na Ilha de Santa Catarina, Brasil, com meliponários instalados em três áreas, distantes pelo menos 10 km entre si (Fig. 1). O clima é classificado como Cfa (Classificação climática de Köppen-Geiger), isto é, mesotérmico úmido, com verões quentes e chuvas distribuídas durante o ano e temperatura média anual 21,15 °C (PELL; FINLAYSON; McMAHAON, 2007). As áreas para instalação das colônias foram determinadas de acordo com o uso e cobertura do solo, sendo classificadas em: (A) áreas predominantemente urbanizadas (Parque Cidade das Abelhas - CDA - 27°32'13.2''S; 48°30'09.5''O); (B) área intermediária, com pastagens e cultivo agrícola (Fazenda Experimental da Ressacada - FER - 27°41'8.28''S; 48°32'32.40''O); (C) alta densidade de cobertura vegetal natural com pouca modificação da paisagem por ações antrópicas (Sitio FlorBela- SFB - 27°45'44.63''S e 48°32'33.99''O) (Fig.1). A distância entre as áreas impediu a sobreposição na atividade de voo das abelhas. De acordo com os dados disponíveis na Plataforma do Projeto MapBiomias (2020), os locais apresentam as seguintes características de uso e cobertura do solo: CDA – floresta 56,9 %, agricultura 36,8 %, área não florestada 2,2 %, água 2,2 %, formação natural não florestal 1,8 %; FER - floresta 32,1 %, agricultura 56,8 %, área não florestada 9 %, água 1 %, formação natural não florestal 1 %; SFB- floresta 8.3 %, agricultura 63.9 %, pastagem 15.3 %; silvicultura 12.5 %. Nos locais onde estavam localizados os meliponários, há predomínio de

florestas nativas, refúgios e várzeas, com presença de vegetação secundária e áreas de intensa atividade humana.

Figura 4 - Composição da paisagem em três locais na Ilha de Santa Catarina, correspondente as áreas de estudos. Sendo: (A) Parque Cidade das Abelhas, como área predominantemente urbanizada/antropizada; (B) Fazenda Experimental da Ressacada, como área intermediária, apresentando áreas de pastagens e de cultivo agrícola; (C) Sítio Flor Bela, com cobertura natural vegetal alta e pouca modificação da paisagem por ações antrópicas.



Fonte: o autor.

8.3.2 Formação do meliponário e preparo das colônias

Em cada área experimental foi implantado um meliponário formado por doze colônias, sendo quatro de cada espécie: *P. droryana*, *S. bipunctata* e *M. quadrifasciata*. Deste modo, as avaliações foram conduzidas em 12 colônias de cada espécie. A formação dos meliponários foi realizada pelo menos um mês antes do início das avaliações, para que as abelhas se ambientassem nas diferentes áreas. As colônias foram manejadas para estar com rainha, grande

número de operárias que cobrissem boa parte dos discos de cria, número discos de cria que preenchessem a colônia, e potes de comida que ocupassem todo o espaço ao redor dos favos de cria. Esse método foi baseado em procedimentos de avaliação padronizados por Leão et al., (2016).

8.3.3 Bioensaio

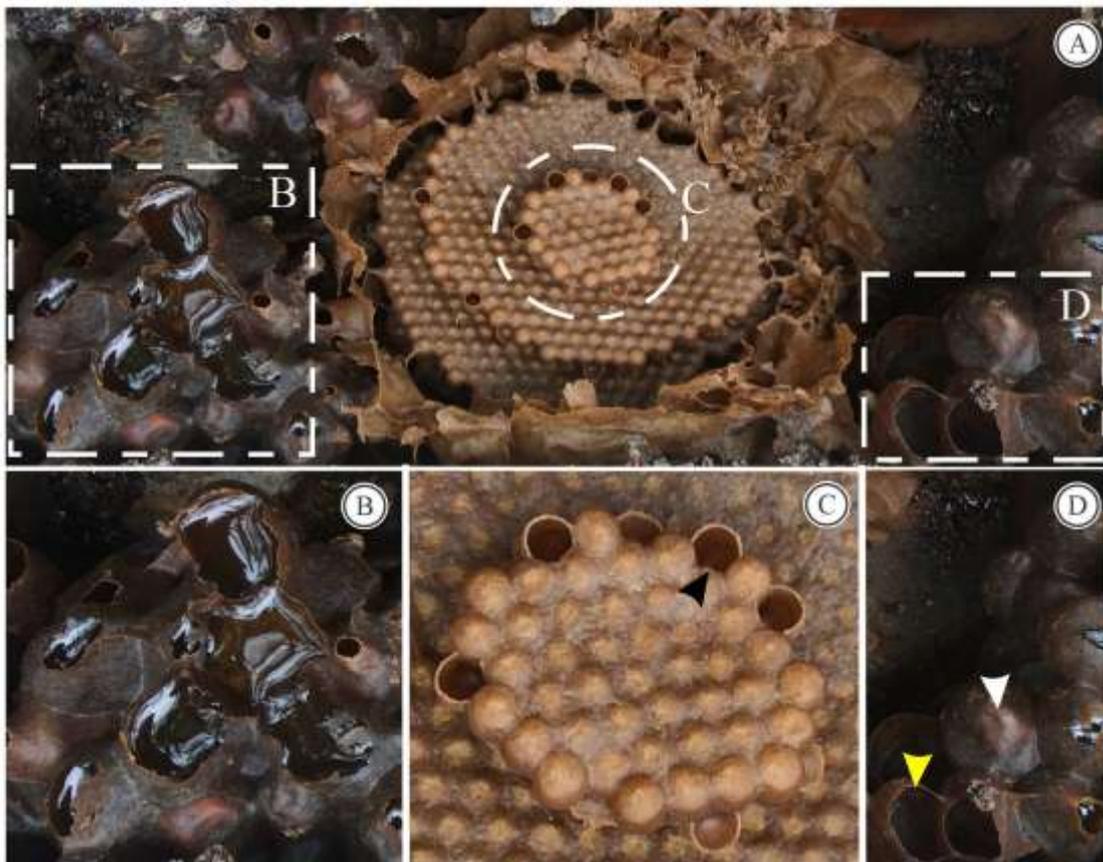
A avaliações foram realizados quinzenalmente entre novembro de 2019 à abril de 2020, totalizando nove observações por colônia de cada espécie. Para determinar a influência dos fatores abióticos sobre o desenvolvimento colonial, foram obtidos os dados de temperatura e umidade, utilizando-se um Termo-Higro-Anemômetro (Instrutherm THAR-300) e um Luxímetro digital (Instrutherm LDR-225).

As colônias foram avaliadas seguindo a ordem das espécies: *P. droryana*, *M. quadrifasciata* e *S. bipunctata*. *Plebeia droryana* é a espécie com menor comportamento defensivo dentre as espécies estudadas, para evitar ataques das outras espécies durante as avaliações, *P. droryana* foi avaliada primeiro. Para evitar resfriamento das colônias as avaliações foram realizadas no período de maior temperatura do dia, entre 10:00 horas da manhã e 15 horas da tarde. Assim como, em dias com rajadas de vento, temperaturas abaixo de 15° ou presença de chuvas, as colônias não eram abertas. A avaliação era iniciada pelos potes de alimento e posteriormente a área de cria. Fotografias foram registradas com o auxílio da câmera fotográfica Kodak EasyShare Z981 para auxiliar na contagem dos parâmetros avaliados:

Potes de alimento - Foram contabilizados potes abertos e fechados. Os potes de alimento que estivesse fechado tiveram seu conteúdo definido (mel ou pólen) com o auxílio de um alfinete entomológico, que foi introduzido cuidadosamente para evitar vazamentos. Também foram contabilizados potes abertos construídos ou em construção (Figura 2, B, D).

Taxa de postura - Foram contabilizadas as células em construção, como indicado na figura 2 C. Os discos de cria foram contabilizados também e, se houvesse a necessidade, eram removidos para registrar o número de discos inferiores. Quando essa interferência nas colônias era necessária, os discos eram sempre mantidos na horizontal, para evitar afogamento de crias com o alimento nas células.

Figura 2 – Descrição de parâmetros avaliados do desenvolvimento, exemplo registrado para colônia de *Melipona quadrifasciata*.



A – Colônia de *M. quadrifasciata*; B – Potes de mel abertos e vazios; C – células em construção (cabeça de seta preta); D – Potes de alimentos fechado (cabeça de seta branca); D – Potes em construção (cabeça de seta amarela).

Fonte: o autor.

Coleta de operárias – Nas semanas em que não ocorriam as análises de desenvolvimento colonial foi realizado a coleta de operárias para análise de morfometria e peso do pólen. Foram realizados 10 dias de coleta em cada meliponário, realizado no período da manhã, dividido nas faixas de horário: 05:00 às 07:00; 07:00 às 09:00, 09:00 às 11:00. Em cada faixa de horário, cada colônia/espécie foi fechada durante cinco minutos, e as operárias que retornavam com pólen, foram capturadas com aspirador entomológico. Em cada dia foram

coletadas até 15 operárias por colmeia/espécie para evitar enfraquecimento das colônias. As abelhas coletadas foram colocadas em microtubos de polipropileno (1,5 ml) previamente pesados e identificados, sendo armazenadas em caixa térmica de isopor a 4 °C, até o término da coleta diária no meliponário.

Pesagem e morfometria das abelhas - As abelhas coletadas foram levadas ao laboratório e armazenadas à -20 C° até a sua pesagem. As cargas polínicas de ambas corbículas foram pesadas em balança analítica de precisão (0,00001 g) (Mettler-Toledo ME54/A). Para remoção do pólen das corbículas foi utilizado pinça e alfinete. Os dados morfométricos para as três espécies foram obtidos a partir da média de 10 operárias de cada colônia e de cada espécie. As abelhas foram analisadas em microscópio estereoscópico com câmera fotográfica acoplada (SONY dsc-w560) para registro de imagens e obtenção de dados morfométricos. As medidas da distância intertegular (D.I) e área das corbículas (C.C), foram obtidos a partir da análise das imagens com auxílio do software ImageJ (<http://rsbweb.nih.gov/ij/>).

8.3.4 Análises estatísticas

Filtragem de dados – os dados foram filtrados por áreas e espécies. Além disso, foram excluídos os dados posteriores das colônias de *P. droryana*, que morreram antes e durante o experimento, para evitar dados inconsistentes. Durante o experimento foi realizado manejo emergencial em uma colônia de *P. droryana* na CDA, onde foi trocado a sua caixa e, portanto, neste dia a colônia não foi avaliada, sendo excluído o dado deste para a colônia.

Comparamos diferentes modelos para avaliar qual seria o mais adequado aos dados coletados: o efeito cruzado da amostragem semanal e o efeito de medidas repetidas da reamostragem das mesmas colônias. Foram comparados visualmente os resíduos de três estruturas de modelos: modelos lineares generalizados mistos (GLMMs), com distribuição poisson, usando a função “glmer” do pacote de R *lme4* (BATES et al., 2015); modelos lineares generalizados mistos usando quase-verossimilhança penalizada (GLMMs-PQL), com distribuição poisson, aplicado pela função “glmmPQL” do pacote de R *MASS* (VENABLES; RIPLEY, 2002); e modelos lineares mistos (LMMs) com estrutura de correlação, usando a função “lme” do pacote de R *nlme* (PINHEIRO et al., 2021). A comparação mostrou que a estrutura dos LMMs foi mais adequada a variabilidade do desenho amostral.

Para testar como as colônias de *M. quadrifasciata*, *S. bipunctata* e *P. droryana* responderam às diferentes condições ambientais, nós ajustamos o LMMs, com estrutura de correlação, para cada uma das variáveis resposta: número de células construídas, número de

discos de cria, número de potes de mel e de pólen fechados. A abordagem de LMMs permitiu levar em consideração o efeito cruzado da amostragem semanal e o efeito de medidas repetidas da reamostragem das mesmas colônias a cada semana. Para tanto, construímos modelos univariados com a seguinte estrutura: a variável “Área” foi estabelecida como fator fixo, a variável “Semana” foi incluída nos modelos como fator randômico e, a variável “id da colônia” foi informada dentro de uma estrutura de correlação do tipo *modelo autorregressivo*, utilizado em séries temporais (BOX et al., 1994; PINHEIRO et al., 2021). Cada modelo univariado construído foi comparado com um modelo nulo - *i.e.* um modelo com a mesma estrutura, porém sem fator fixo - através da abordagem de seleção de modelos. Nessa abordagem, a comparação entre modelos foi feita com base no Critério de Informação de Akaike (AIC), sendo selecionado como melhor modelo aquele que apresentou um valor de ΔAIC menor ou igual a 2 (ZUUR et al., 2009). Ao final, todos os modelos foram verificados quanto à homogeneidade de variâncias e normalidade dos resíduos. Após a seleção dos melhores modelos para cada variável resposta, procedemos aos testes *post-hoc* para testar as diferenças par a par entre as diferentes áreas. Aplicamos o teste de comparações múltiplas de Tukey, através da função “glht” do pacote de R *multcomp* (TORSTEN et al., 2008), o qual permitiu calcular intervalos de confiança ao redor dos “estimates” de cada nível da variável categórica “Área” e, assim, testar as suas diferenças estatísticas.

Os resultados da análise morfométrica e peso de pólen das operárias foram submetidos ao teste *post-hoc* de comparação múltipla Nemenyi, para verificar se havia diferença entre o tamanho das operárias no meliponários, e diferença na carga polínica.

Correlações simples - Para avaliar a correlação entre as variáveis ambientais e os parâmetros de desenvolvimento das colônias, os dados foram analisados pela correlação de Spearman ($p < 0,05\%$).

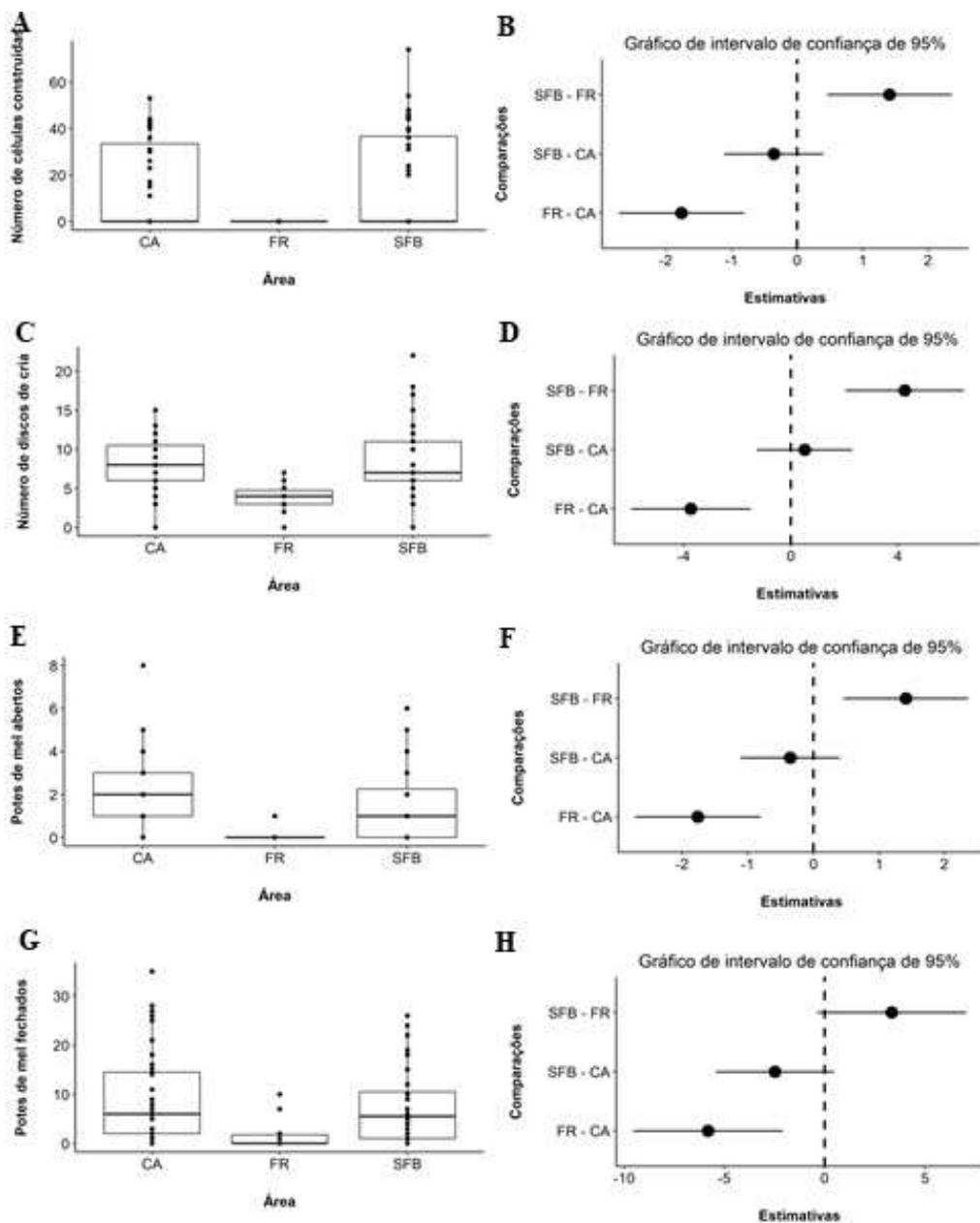
8.4 Resultados

O desenvolvimento colonial de *P. droryana*, *S. bipunctata* e *M. quadrifasciata* apresentou variações entre as áreas experimentais, com diferenças significativas entre número de células de cria, discos de cria, potes de mel e pólen abertos e fechados, potes vazios e em construção. Dentre as espécies, *P. droryana* apresentou mais diferenças dentre as áreas, sendo que na FER apresentou o menor número de parâmetros de reserva alimentar e área de cria.

Plebeia droryana apresentou maior número de células construídas, discos de cria e potes de mel abertos e fechados e potes em construção, no SFB e CDA quando comparada a

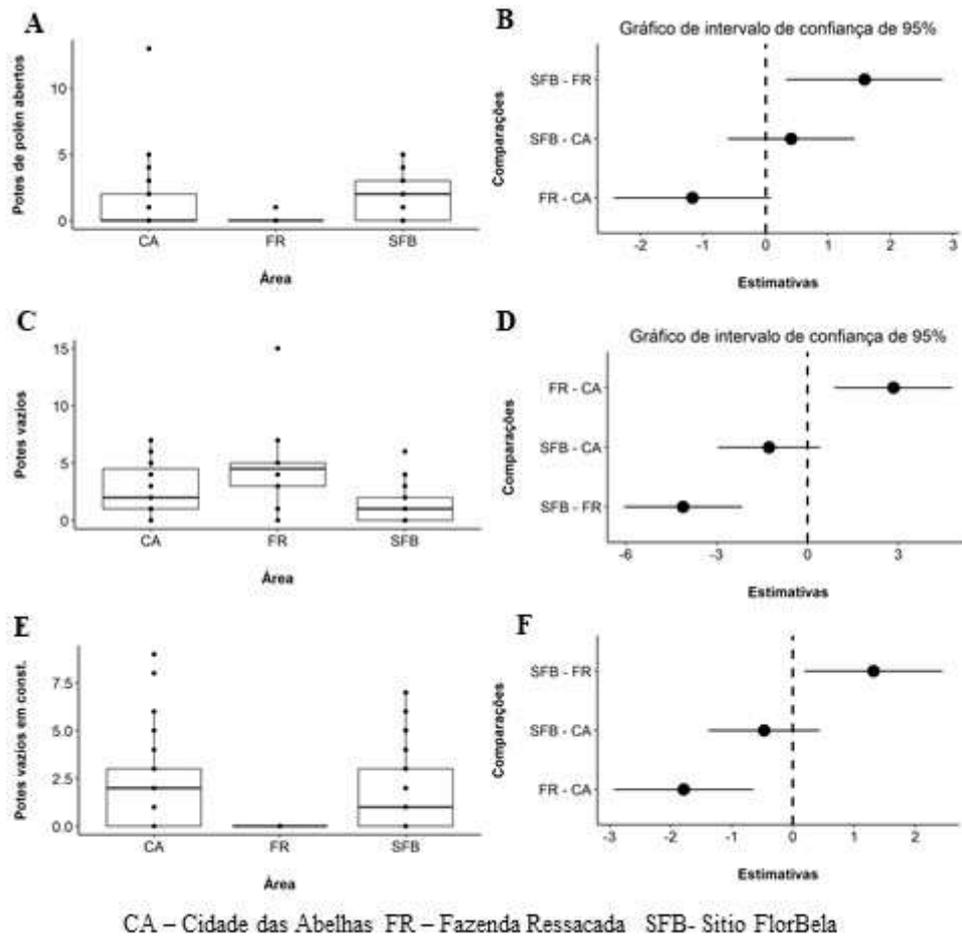
FER (Figura 3 e 4). Para o parâmetro potes de pólen abertos, foi observado maior número no SFB quando comparado a FER (Figura 3 e 4). Potes vazios construídos apresentou maior número na FER quando comparada as outras áreas. Potes vazios apresentou maior número no SFB e CDA quando comparada a FER, SFB e CDA.

Figura 3 – Parâmetros de desenvolvimento colonial (área de cria e reservar alimentar) de *Plebeia droryana*, avaliados em três áreas com características distintas na Ilha de Santa Catarina.



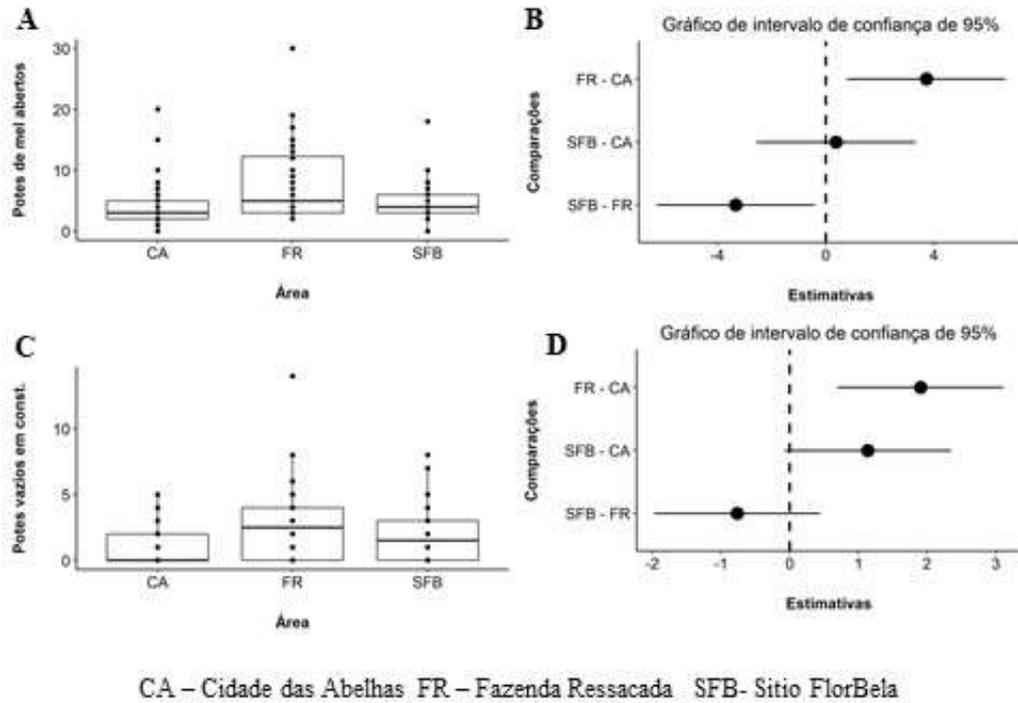
CA – Cidade das Abelhas FR – Fazenda Ressacada SFB- Sítio FlorBela

Figura 4 - Parâmetros de desenvolvimento colonial (reservar alimentar) de *Plebeia droryana*, avaliados em três áreas com características distintas na Ilha de Santa Catarina



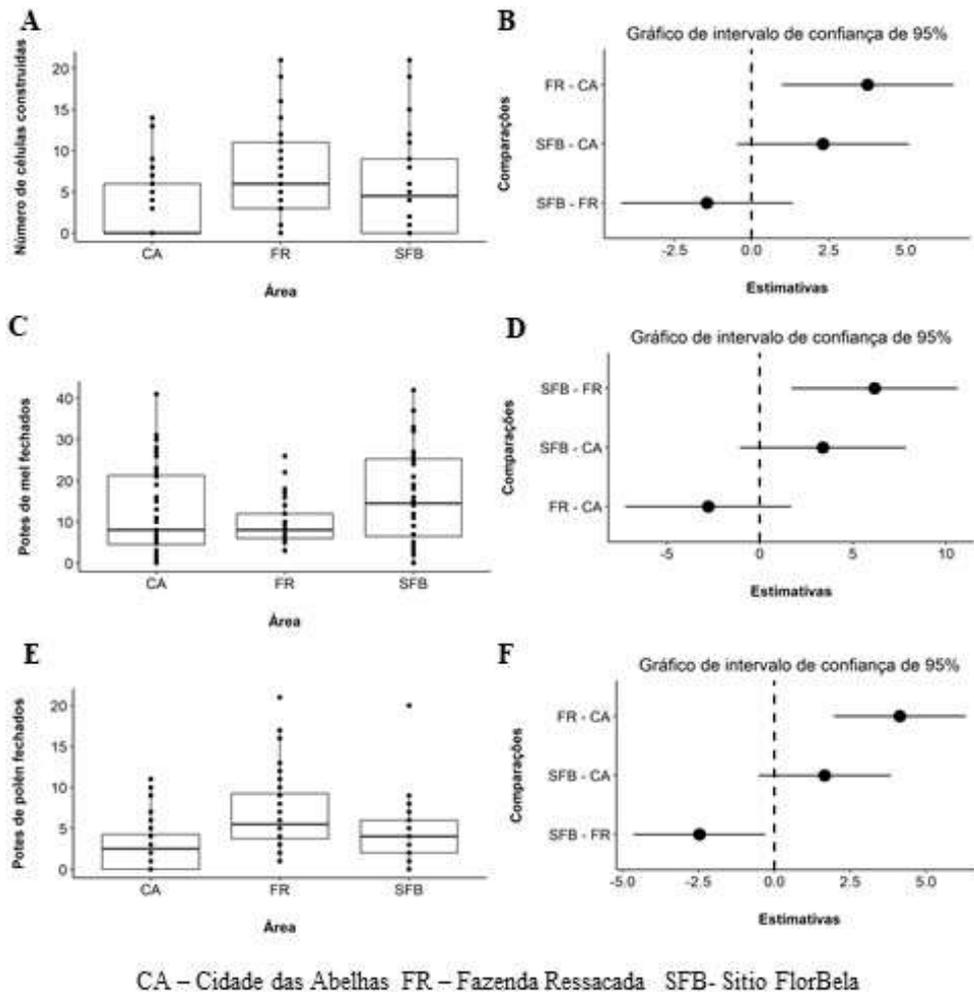
Scaptotrigona bipunctata apresentou maior número de potes de mel abertos na FER, quando comparado a CDA e SFB, entretanto, essas duas áreas não diferiram entre si (Figura 5). O maior número de potes vazios construídos foi registrado na FER, quando comparada a CDA, CDA e SFB, FER e SFB, não diferiram entre si. Os demais parâmetros não apresentaram diferenças significativas.

Figura 5 - Parâmetros de desenvolvimento colonial (reservar alimentar) de *Scaptotrigona bipunctata*, avaliados em três áreas com características distintas na Ilha de Santa Catarina



Melipona quadrifasciata, apresentou maior número de células construídas na FER quando comparada as demais áreas (Figura 6). No SFB, apresentou maior número de potes de mel fechados quando comparado a FER. Os potes de pólen foram maiores na FER quando comparadas ao SFB e CDA.

Figura 6 - Parâmetros de desenvolvimento colonial (reservar alimentar) de *Melipona quadrifasciata*, avaliados em três áreas com características distintas na Ilha de Santa Catarina



Para os resultados das análises morfométricas e peso do pólen, *M. quadrifasciata* e *S. bipunctata* apresentaram diferenças significativas dentre os parâmetros avaliados. A distância intertegular de *S. bipunctata* foi 9% maior na FER em comparação a CDA, e 4% maior no SFB em comparação a CDA. FER E SFB não diferiram significativamente. O comprimento das corbículas foi 11% maior no SFB em comparação a CDA, e 8% maior no SFB em comparação a FER. FER e CDA não diferiram significativamente. A distância intertegular de *M. quadrifasciata* foi 22% maior no SFB em comparação a CDA e 20% no SFB em comparação a FER.

Tabela 4 - Valores médios de características morfométricas de operárias e peso de pólen transportados por *Plebeia droryana*, *Scaptotrigona bipunctata* e *Melipona quadrifasciata*, em três locais com diferentes uso e cobertura da terra na Ilha de Santa Catarina, Florianópolis.

	Variáveis	Contraste 1			Contraste 2			Contraste 3		
		Locais		<i>p</i>	Locais		<i>p</i>	Locais		<i>p</i>
		FER	CDA		CDA	SFB		FER	SFB	
<i>Plebeia droryana</i>	Distância intertetegular (cm)	1.182	1.051	0.057	1.051	1.158	2.9	1.182	1.158	0.915
	Área das corbículas (cm)	0.422	0.411	0.994	0.411	0.432	0.019	0.422	0.432	0.216
	Peso do pólen (mg)	0.002	0.002	0.79	0.002	0.001	0.83	0.002	0.001	0.6
<i>Scaptotrigona bipunctata</i>	Distância intertetegular (mm)	1.954	1.780	0.0038*	1.780	1.860	0.009*	1.954	1.860	0.17452
	Área das corbículas (cm)	1.462	1.385	0.751	1.385	1.482	1.00	1.462	1.482	0.691
	Peso do pólen (mg)	0.003	0.002	0.61	0.002	0.003	0.96	0.002	0.003	0.7
<i>Melipona quadrifasciata</i>	Distância intertetegular (mm)	2.970	2.918	0.876	2.918	3.579	0.013*	2.970	3.579	0.039*
	Área das corbículas (cm)	2.841	2.626	0.421	2.626	2.400	0.731	2.841	2.400	1.000
	Peso do pólen (mg)	0.010	0.010	0.99	0.010	0.004	0.2	0.010	0.004	0.26

Número de amostras: *M. quadrifasciata* = FER (n=11); CDA (n=16); SFB (n= 3). *P. droryana* = FER (n=5); CDA (n=32); SFB (n= 18). *S. bipunctata* = FER (n=14); CDA (n=28); SFB (n= 45).

Unidades de medida: D.I., C.C. – mm; P.P.– mg.

*Diferem estatisticamente pelo teste post-hoc de comparação múltipla Nemenyi ($p \leq 0.05$).

8.5 Discussão

A avaliação de potes de alimentos e área de cria de *P. droryana*, *S. bipunctata* e *M. quadrifasciata* apresentaram diferenças significativas entre as áreas. Essas diferenças ocorreram por aspectos relacionados as características fisiológicas e organizacionais das espécies, assim como pelos elementos presentes no habitat que circundam às colônias. Todos os parâmetros avaliados representam um comportamento diferente em relação ao ambiente, dessa forma podem ser interpretados como uma ferramenta de mensuração do desenvolvimento colonial (SILVA; RAMALHO; ROSA, 2021).

As colônias de abelhas são compostas por uma rede complexa de interações internas e externas, e, portanto, o desenvolvimento colonial está diretamente baseado no sucesso dessas interações, principalmente com o habitat (SELEY, 1989). As células construídas e discos de

cria dependem da quantidade de alimento estocado, principalmente pólen, e do vigor da rainha (HARANO; MAIA-SILVA; HRNCIR, 2020). A área de cria pode ser interpretada como perspectivas futuras das colônias, porque as abelhas só geram nova prole se encontrarem e armazenarem recursos suficientes (MAIA-SILVA et al., 2016).

Entre as espécies estudadas, *P. droryana* foi a que apresentou mais diferenças significativas nos parâmetros de desenvolvimento colonial. A FER foi o local onde *P. droryana* apresentou menor desenvolvimento colonial dentre as áreas, como visto no parâmetro potes de mel. A ausência de potes contendo mel e pólen na colônia indicam que as operárias de *P. droryana* não conseguiram realizar atividade de forrageio adequadamente nesta área, refletindo em menor discos de cria e número de células construídas. Por apresentar paisagem fragmentada a FER não possui barreiras físicas contra rajadas de vento e aumentos de temperatura, que são fatores que afetam negativamente e a atividade de voo de espécies de tamanhos menores, como *P. droryana*.

O menor número de discos de cria e células construídas de *P. droryana* na FER pode representar o comportamento diapausa dessa espécie. É uma estratégia biológica rítmica, caracterizada pelo cessamento da oviposição da rainha e atividade metabólica reduzida (PICK; BLOCHTEIN, 2003; SANTOS et al., 2014). Ele acontece em resposta à sinais ambientais, como a quantidade e qualidade de recursos tróficos no ambiente e condições climáticas desfavoráveis (RIBEIRO; IMPERATRIZ FONSECA; FILHO, 2003). O gênero *Plebeia* é conhecido por realizar a diapausa em condições ambientais desfavoráveis, como períodos chuvosos ou em períodos em que a temperatura externa não exceda os 15°, sendo caracterizado como um comportamento intrínseco e genético do gênero (SANTOS et al., 2014). A falta ou a proximidade de vegetação com recursos tróficos na FER provavelmente desencadeou esse comportamento observado em *P. droryana*.

Scaptotrigona bipunctata é considerada generalista na busca de recursos tróficos e apresenta colônias populosas variando de 2000 a 50000 operárias (NOGUEIRA-NETO, 1996). Tais aspectos podem influenciar no desenvolvimento colonial, fazendo com que seja uma espécie que consiga melhor se adaptar em ambientes com menos recursos tróficos. Na FER e SFB, *S. bipunctata* apresentou número de potes vazios semelhantes, entretanto SFB apresentou maior número de potes de mel abertos. Diante disso, na FER os potes vazios indicavam um déficit na coleta de recursos. E no SFB, as colônias estavam consumindo muito mais alimento devido ao constante aumento da prole, e encontrando no ambiente recursos para o desenvolvimento da colônia. Além disso, as operárias se abastecem de mel para realizar a

atividade de forrageio e terem reserva alimentar durante o voo (HARANO et al., 2020). Inclusive, Harano e Nakamura (2016), constataram que operárias forrageadoras aumentavam a quantidade de mel para viagem, conforme aumentava a distância de voo entre o ninho e a fonte de alimento.

Espécies do gênero *Melipona* tendem a aumentar a área de cria, conforme aumenta a disponibilidade de pólen no ambiente (MAIA-SILVA et al., 2016). Os resultados de número de células de cria de *M. quadrifasciata* reforçam o que foi descrito nos parágrafos anteriores, no que se relaciona com a disponibilidade de pólen e área de cria. Sendo assim, *M. quadrifasciata* encontrou mais fontes de pólen na FER em relação as demais áreas. Isso, provavelmente está relacionado ao seu tamanho corporal, que é o maior dentre as espécies avaliadas, o que reflete diretamente no maior raio de voo (ARAUJO et al., 2004). Adicionalmente, o número de potes de mel fechado foi maior no SFB, do que nas outras áreas, podendo estar relacionado com o tipo de vegetação existente no local. O tipo de vegetação pode mudar em conformidade ao uso do solo, refletindo diretamente na presença de plantas melitófilas.

As áreas possuíam diferentes usos e cobertura de solo, o que pode ter influenciado o desenvolvimento colonial das espécies de abelhas-sem-ferrão. CDA e SFB apresentaram vegetação mais homogênea que a FER, caracterizada por possuir vegetação fragmentada. Essa fragmentação pode ter prejudicado o desenvolvimento das colônias, com destaque para *P. droryana*, que por possuir o menor tamanho corporal, teve dificuldades na coleta de recursos. A fragmentação da paisagem, reduz o número de espécies vegetais que fornecem alimento para as abelhas (BOSCOLO et al., 2017). Além disso, áreas fragmentadas não oferecem barreiras naturais contra o vento e oscilações de temperatura, fazendo com que espécies menores de abelhas, tenham dificuldade em realizar o voo (BARBOSA et al., 2020; HILÁRIO; RIBIERO; IMPERATRIZ-FONSECA, 2007). Diante disso, *P. droryana* foi mais beneficiada nas áreas com vegetação mais homogênea.

Nossos resultados demonstraram que os diferentes usos do solo em cada área afetaram as espécies no armazenamento e consumo de mel e pólen, assim como afetou o desenvolvimento da área de cria. Este trabalho foi conduzido no Bioma Mata Atlântica, considerado o quinto *hotspot* de biodiversidade no mundo (MYERS et al., 2000; CASTUERA-OLIVEIRA, et al., 2020). Esse bioma apresenta redes de interações entre plantas e animais, além de oferecer recursos alimentares e de nidificação para inúmeras espécies (VARASSIN et al., 2021). Apesar da sua grande biodiversidade e importância ecológica, ele tem sido afetado

por ações antrópicas, originadas a partir da expansão de centros urbanos e áreas agrícolas (GARIBALDI et al., 2017).

A atividade humana sobre o bioma Mata Atlântica altera a estrutura de interações existentes, reduzindo o número de espécies vegetais que fornecem recursos tróficos e de nidificação para abelhas, incluindo espécies sociais e solitárias (JAFFÉ et al., 2019; MACHADO et al., 2020). Essas alterações afetam a qualidade e sustentabilidade da alimentação humana (GLEADOW et al., 2019). Isso acontece, pela importância que as abelhas-sem-ferrão, que são responsáveis pela polinização de culturas agrícolas, possibilitando incremento na produção e na qualidade nos frutos e sementes (GIANNINI et al., 2020; POTTS et al., 2016).

Nossos resultados demonstraram que área com menor cobertura vegetal e presença de atividade agropecuária intensiva não apresentou características favoráveis para o desenvolvimento de *Plebeia droryana*. Adicionalmente, podemos concluir, que espécies de tamanho corporal, neste trabalho representada pela *M. quadrifasciata* conseguem desenvolver suas colônias em diferentes ambientes. As características morfológicas das abelhas-sem-ferrão podem ser alteradas em função do local e da necessidade de otimização do forrageamento de determinado recurso.

8.6 Referências

ANTONINI, Y.; MARTINS, R. P.; AGUIAR, L. M.; LOYOLA, R. D. Richness, composition and trophic niche of stingless bee assemblages in urban forest remnants. **Urban Ecosystems**, v. 16, n. 3, p. 527–541, 2013.

BATES, D.; MAECHLER, M.; BOLKER, B.; WALKER, S. Fitting Linear Mixed Effects Models Using lme4. **Journal of Statistical Software**, v. 67, n. 1, p. 1-48.
doi:10.18637/jss.v067.i01.

BORGES, B. F. V.; BLOCHTEIN, B. Atividades externas de *Melipona marginata obscurior* Moure (Hymenoptera, Apidae), em distintas épocas do ano, em São Francisco de Paula, Rio Grande Do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 22, p. 680–86, 2005.
<https://doi.org/10.1590/s0101-81752005000300025>.

BOSCOLO, D.; TOKUMOTO, P. M.; FERREIRA, P. A.; RIBEIRO, J. W.; SANTOS, J. S. Positive responses of flower visiting bees to landscape heterogeneity depend on functional connectivity levels. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 15, n. 1, p. 18–24, 2017.

BOX, G.E.P.; JENKINS, G.M.; REINSEL G.C. "**Time Series Analysis: Forecasting and Control**", 3rd Edition, Holden-Day 1994.

BRASIL, D.; REGIS, I. C. A.; FREITAS, L. M. C.; GUIMARÃES-BRASIL, M. O. Colonial development of the stingless bee Jandaíra (*Melipona subnitida* Ducke) in the Brazilian Semiarid region). **Archives of Veterinary Science**, v. 26, n. 1, p. 25–38, 2021.

CAMPBELL, A. J., GOMES, R. L. C., SILVA, K. C., CONTRERA, F. A. L. Temporal variation in homing ability of the neotropical stingless bee *Scaptotrigona* aff. *postica* (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). **Apidologie**, v. 50, n. 5, p. 720–732, 2019.

CARIVEAU, D. P.; WINFREE, R. Causes of variation in wild bee responses to anthropogenic drivers. **Current Opinion in Insect Science**, v. 10, p. 104–109, 2015.

CASTUERA-OLIVEIRA, L.; DE OLIVEIRA-FILHO, A. T.; EISENLOHR, P. V. Emerging hotspots of tree richness in Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 34, n. 1, p. 117–134, 2020.

DORNELES, A. L.; ROSA-FONTANA, A. S.; SANTOS, C. F.; BLOCHTEIN, B. Larvae of stingless bee *Scaptotrigona bipunctata* exposed to organophosphorus pesticide develop into lighter, smaller and deformed adult workers. **Environmental Pollution**, v. 272, p. 116414, 2021.

FAITA, M. R.; CHAVES, A.; NODARI, R. O. A expansão do agronegócio: impactos nefastos do desmatamento, agrotóxicos e transgênicos nas abelhas. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 57, p. 79–105, 2021.

GARIBALDI, L. A.; REQUIER, F.; ROLLIN, O.; ANDERSSON, G. K. S. Towards an integrated species and habitat management of crop pollination. **Current Opinion in Insect Science**, v. 21, n. 1, p. 105–114, 2017.

GIANNINI, T. C.; ALVES, D. A.; ALVES, R.; CORDEIRO, G. D.; CAMPBELL, A. J.; AWADE, M.; BENTO, J. M. S.; SARAIVA, A. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.

Unveiling the contribution of bee pollinators to Brazilian crops with implications for bee management. **Apidologie**, v. 51, n. 3, p. 406–421, 2020.

GLEADOW, R.; HANAN, J.; DORIN, A. Averting robo-bees: Why free-flying robotic bees are a bad idea. **Emerging Topics in Life Sciences**, v. 3, n. 6, p. 723–729, 2019.

HARANO, K. ICHI; MAIA-SILVA, C.; HRNCIR, M. Adjustment of fuel loads in stingless bees (*Melipona subnitida*). **Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology**, v. 206, n. 1, p. 85–94, 2020.

HARANO, K. ICHI; NAKAMURA, J. Nectar loads as fuel for collecting nectar and pollen in honeybees: adjustment by sugar concentration. **Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology**, v. 202, n. 6, p. 435–443, 2016.

HILÁRIO, S. D.; RIBEIRO, M. DE F.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Efeito do vento sobre a atividade de voo de *Plebeia remota* (Holmberg, 1903) (Apidae, Meliponini). **Biota Neotropica**, v. 7, n. 3, p. 226-232, 2007.

HOTHORN, T.; BRETZ, F.; WESTFALL, P. Simultaneous Inference in General Parametric Models. **Biometrical Journal**, v. 50, n. 3, 346-363. (2008)

HRNCIR, M.; JARAU, S.; BARTH, F. G. Stingless bees (Meliponini): senses and behavior. **Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology**, v. 202, n. 9–10, p. 597–601, 2016.

HRNCIR, M.; MAIA-SILVA, C.; TEIXEIRA-SOUZA, V. H. S.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Stingless bees and their adaptations to extreme environments. **Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology**, v. 205, p. 415–426, 2019.

JAFFÉ, R.; POPE, N.; ACOSTA, A. L.; ALVES, D. A.; ARIAS, M. C.; RÚA, P.; FRANCISCO, F. O.; GIANNINI, T. C.; GONZÁLEZ-CHAVES, A.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; TAVARES, M. G.; JHA, S.; CARVALHEIROS, L. G. Beekeeping practices and geographic distance, not land use, drive gene flow across tropical bees. **Molecular Ecology**, v. 25, n. 21, p. 5345–5358, 2016.

JAFFÉ, R.; VEIGA, J. C.; POPE, N. S.; LANES, É. C. M.; CARVALHO, C. S.; ALVES, R.; ANDRADE, S. C. S.; ARIAS, M. C.; BONATTI, V.; CARVALHO, A. T.; CASTRO, M. S.; CONTRERA, F. A. L.; FRANCOY, T. M.; FREITAS, B. M.; GIANNINI, T. C.; HRNCIR, M.; MARTINS, C. F.; OLIVEIRA, G.; SARAIVA, A. M.; SOUZA, B. A.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Landscape genomics to the rescue of a tropical bee threatened by habitat loss and climate change. **Evolutionary Applications**, v. 12, p. 1-14, 2019.

KALUZA, B. F.; WALLACE, H.; HEARD, T. A.; KLEIN, A. M.; LEONHARDT, S. D. Urban gardens promote bee foraging over natural habitats and plantations. **Ecology and Evolution**, v. 6, n. 5, p. 1304–1316, 2016.

LEÃO, K. L.; QUEIROZ, A. C. M.; VEIGA, J. C.; CONTRERA, F. A. L.; VENTURIERI, G. C. Colony development and management of the stingless bee *Scaptotrigona aff. postica* (Apidae: Meliponini) using different hive models. **Sociobiology**, v. 63, n. 4, p. 1038–45, 2016. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v63i4.1041>.

MACHADO, T.; VIANA, B. F.; SILVA, C. I.; BOSCOLO, D. How landscape composition affects pollen collection by stingless bees? **Landscape Ecology**, v. 35, n. 3, p. 747–759, 2020.

MAIA-SILVA, C.; HRNCIR, M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; SCHORKOPF, D. L. P. Stingless bees (*Melipona subnitida*) adjust brood production rather than foraging activity in response to changes in pollen stores. **Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology**, v. 202, n. 9–10, p. 723–732, 2016.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853–858, fev. 2000.

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

NOVAIS, S. M. A.; NUNES, C. A.; SANTOS, N. B.; D'AMICO, A. R.; FERNANDES, G. W.; QUESADA, M.; BRAGA, R. F.; NEVES, A. C. O. Effects of a possible pollinator crisis on food crop production in Brazil. **PLoS ONE**, v. 11, n. 11, p. 1–12, 2016.

- PEDRO, S.R.M. The stingless bee fauna in Brazil (Hymenoptera: Apidae). **Sociobiology**, v. 61, p. 348–54, 2014. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v61i4.348-354>.
- PELL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; McMAHAON, T. A. Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification. **Hidrology and Earth System Sciences**, v. 11, p. 1633-1644, 2007.
- PICK, R. A.; BLOCHTEIN, B. Atividades de voo de *Plebeia saiqui* (Holmberg) (Hymenoptera, Apidae, Meliponini) durante o período de postura da rainha e em diapausa. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 19, n. 3, p. 827–839, 2002.
- PINHEIRO, J.; BATES, D.; DEBROY, S.; SARKAR, D. R. Core Team. `_nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models_`. Pacote R package versão 3.1-152, 2021, <URL: <https://CRAN.R-project.org/package=nlme>>.
- POTTS, S. G.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; NGO, H. T.; AIZEN, M. A.; BIESMEIJER, J. C.; BREEZE, T. D.; DICKS, L. V., GARIBALDI, L. A.; HILL, R.; SETTELE, J.; VANBERGEN, A. J. Safeguarding pollinators and their values to human well-being. **Nature**, v. 540, n. 7632, p. 220–229, 2016.
- R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2020.URL: <https://www.R-project.org/>.
- RIBEIRO, M. F.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; SANTOS-FILHO, P. S. A interrupção da construção de células de cria e postura em *Plebeia remota* (Holmberg) (Hymenoptera, Apidae, Meliponini). **Apoidea Neotropica: Homenagem aos 90 Anos de Jesus Santiago Moure**, p. 177–188, 2003.
- RODRIGUES, A. C.; VILLA, P. M.; NERI, A. V. Fine-scale topography shape richness, community composition, stem and biomass hyperdominant species in Brazilian Atlantic Forest. **Ecological Indicators**, v. 102, p. 208–217, 2019.
- ROLDÃO-SBORDONI, Y. S.; NASCIMENTO, F. S.; MATEUS, S. Estimating colonies of *Plebeia droryana* (Friese, 1900) (Hymenoptera: Apidae: Meliponini): Adults, brood and nest structure. **Sociobiology**, v. 65, n. 2, p. 280–284, 2018.

ROUBIK, D. W. Review article stingless bee nesting biology. **Apidologie**, v. 37, p. 124–143, 2006.

SEELEY, T. D. The honey bee colony as a superorganism. **American Scientist**, v. 77, n. 6, p. 546–553, 1989.

SILVA, M. D. E.; RAMALHO, M.; ROSA, J. F. Annual survival rate of tropical stingless bee colonies (Meliponini): Variation among habitats at the landscape scale in the Brazilian Atlantic Forest. **Sociobiology**, v. 68, n. 1, p. 1–8, 2021.

VARASSIN I. G.; AGOSTINI K.; WOLOWSKI M.; FREITAS L. Sistemas de polinização na Mata Atlântica: caracterização, ameaças e oportunidades. In: Marques M. C. M.; Grelle C. E. V. (eds) **The Atlantic Forest**. Springer, Cham, 2021. https://doi.org/10.1007/978-3-030-55322-7_1.5

VENABLES, W. N.; RIPLEY, B. D. **Modern Applied Statistics with S**. Fourth Edition. Springer, New York, 2002. ISBN 0-387-95457-0

WILLIAMS, N. M.; CRONE, E. E.; ROULSTON, T.; MINCKLEY, R. L.; PACKER, L.; POTTS, S. Ecological and life-history traits predict bee species responses to environmental disturbances. **Biological Conservation**, v. 143, n. 10, p. 2280–2291, 2010.

WOLOWSKI, M.; AGOSTINI, K.; RECH, A. R.; VARASSIN, I. G.; MAUÉS, M.; FREITAS, L.; CARNEIRO, L. T.; BUENO, R. O.; CONSOLARO, H.; CARVALHEIRO, L.; SARAIVA, A. M.; SILVA, C. I. **Relatório temático sobre polinização, polinizadores e produção de alimentos no Brasil**. São Paulo: Editora Cubo, 2019. <https://doi.org/10.4322/978-85-60064-83-0>.

ZUUR, A.; IENO, E. N.; WALKER, N.; SVELIEV, A. A.; SMITH, G. M. **Mixed effects models and extensions in ecology with R**. Springer Science & Business Media. (2009)